

PROSIDING

SEMINAR NASIONAL SAINS & TEKNOLOGI LINGKUNGAN (SNSTL) III

"Sains dan Teknologi Lingkungan Menuju Kota Tangguh Bencana"

Dan Musyawarah Wilayah Sumatera Badan Kerjasama Teknik Lingkungan (MUSWILSUM BAKERMA TL)

PADANG, 20 SEPTEMBER 2018

CONVENTION HALL, UNIVERSITAS ANDALAS

ISSN 2356-4938



9 772356 493003

Bekerjasama dengan:



DEWAN REDAKSI

Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Lingkungan

Sekretariat: Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik

Universitas Andalas, Padang

Kampus Unand Limau Manis Padang 25163

Email: snstl@eng.unand.ac.id

Pelindung:

Ir. Insannul Kamil, M.Eng, Ph.D

Penanggung jawab:

Dr.Eng Slamet Raharjo

Ketua Panitia:

Tivany Edwin, M.Eng

Reviewer

Dr. Puti Sri Komala

Vera Surtia Bachtiar, Ph.D

Dr.Eng Shinta Indah

Rizki Aziz, Ph.D

Dr.Eng Zulkarnaini

Penyunting Pelaksana:

Taufiq Ihsan, MT (Koordinator)

Budhi Primasari, M.Sc

Geri Antonio

Khalila Khairani

Nadya Rahayu Valdira

Nanda Mutia Fadilla

Putri Ferencia Laurentza

Syahridini Rasyada

KATA PENGANTAR

Puji syukur dipanjatkan kepada Allah SWT bahwa Seminar Nasional Sains dan Teknologi Lingkungan (SNSTL) dapat diselenggarakan untuk ketiga kalinya di Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Andalas pada tahun 2018 ini.

Dalam rangka mendukung visi dan misi Universitas Andalas yaitu sebagai universitas yang terkemuka dan bermartabat, maka Jurusan Teknik Lingkungan melakukan kegiatan Seminar Nasional Sains dan Teknologi Lingkungan untuk menyebarkan penelitian-penelitian yang berkualitas dan bermanfaat di bidang sains dan teknologi lingkungan sebagai upaya dalam pemecahan permasalahan lingkungan. Seminar Nasional Sains dan Teknologi Lingkungan (SNSTL) III 2018 kali ini mengambil tema “Sains dan Teknologi Lingkungan Menuju Kota Tangguh Bencana”.

SNSTL III 2018 hadir sebagai kelanjutan kegiatan sebelumnya yang dilaksanakan setiap dua tahun sekali. SNSTL diadakan sebagai forum diskusi ilmiah yang efektif antar akademisi dan profesional dari institusi pendidikan, riset, industri, pemegang kebijakan maupun institusi lain yang terkait dalam membahas permasalahan lingkungan khusus perkotaan. Dalam seminar nasional ini diseminasikan hasil-hasil penelitian maupun terapan secara langsung ataupun tak langsung berkaitan dengan “Kota Tangguh Bencana” dan melalui seminar ini diharapkan dapat dihasilkan konsep-konsep teoritis maupun aplikasi terbaru di bidang sains dan teknologi lingkungan yang bermanfaat untuk memecahkan permasalahan perkotaan dalam menunjang pembangunan berkelanjutan.

Penghargaan dan ucapan terima kasih sebesar-besarnya disampaikan kepada semua pihak yang telah berpartisipasi menyumbangkan pikiran, tenaga dan waktunya dalam persiapan, penyelenggaraan seminar maupun dalam penyelesaian prosiding ini.

Padang, 20 September 2018

**Ketua Jurusan Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik, Universitas Andalas**

**Ir. Slamet Raharjo, Dr.Eng
NIP.197509112005011003**

Alhamdulillahirabbil'alamiin.

Puji syukur kepada Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunianya kepada kita semua, sehingga Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Lingkungan (SNSTL) III 2018 Universitas Andalas dapat diselesaikan dengan baik. SNSTL III 2018 ini mengambil tema "Sains dan Teknologi Lingkungan Menuju Kota Tangguh Bencana" bertempat di Convention Hall, Kampus Universitas Andalas Limau Manis, Padang pada tanggal 20 September 2018.

Kegiatan SNSTL III ini diikuti oleh peserta yang terdiri dari pakar, peneliti dan mahasiswa dari perguruan tinggi dari berbagai bidang yang berkaitan dengan tema "Kota Tangguh Bencana". Kegiatan ini diharapkan dapat menjadi sarana untuk mempresentasikan hasil penelitian sekaligus pertukaran informasi, pendalaman masalah, di bidang sains dan teknologi lingkungan, serta mempererat dan mengembangkan kerjasama yang saling menguntungkan. Selain itu kegiatan ini juga dapat menjadi sumbang saran bagi pemerintah berupa hasil-hasil penelitian dan penerapan sains dan teknologi lingkungan untuk menuju kota tangguh bencana.

Buku prosiding ini dibuat dengan tujuan memberikan pengetahuan bagi khalayak luas terkait penelitian dan perkembangan sains dan teknologi yang berkaitan dengan tema kota tangguh bencana. Buku ini berisi kumpulan artikel dari berbagai peneliti dari berbagai daerah yang dipresentasikan secara oral. Adanya sesi diskusi pada sesi presentasi diharapkan menjadi motivasi bagi pemakalah untuk terus berinovasi sekaligus menjadi koreksi diri untuk perbaikan di kemudian hari.

Kami menyadari bahwa buku ini tentu saja tidak luput dari kekurangan, untuk itu segala saran dan kritik diharapkan demi perbaikan buku pada terbitan tahun yang akan datang. Akhirnya kami berharap buku ini dapat bermanfaat bagi yang memerlukan.

Padang, 20 September 2018

Ketua Panitia

**Tivany Edwin, M.Eng
NIP.198704092008122001**

DAFTAR ISI

DEWAN REDAKSI	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iv
Tivany Edwin, Taufiq Ihsan, Rislah Laila Amas Perubahan Jaringan Pada Insang Ikan Nila Akibat Paparan Limbah Cair Penyamakan Kulit	1-4
Vera Surtia Bachtiar, Yogi Saputra, Adinda, Siti Hariani Ritonga dan M Zaki Madani Analisis Beban Emisi Pencemar Gas (CO, NO ₂ , SO ₂) dan Partikulat (PM ₁₀) dari Emisi Kendaraan Bermotor di Ruas Jalan Kota Padang	5-9
Hiskia J. J. Pasaribu, Sri Puji Saraswati, Budi Kamulyan Kajian Teknis Sistem Koagulasi dan Flokulasi IPA Sermo Kulon Progo	10-16
Taufiq Ihsan dan Liza Fidelia Analisis Risiko K3 dengan Metode HIRARC pada Area Produksi PT. Famili Raya	17-21
Isra' Suryati, Ria Yulia, Wietia Musari Potensi Pemanfaatan Abu Vulkanik Gunung Sinabung sebagai Campuran Briket	22-29
Rati Yuliarningsih, Fadjar Goembira, Puti Sri Komala Review: Pemanfaatan Oil Sludge dan Limbah Biomassa Sebagai Bahan Baku <i>Densified Refused Derived Fuels</i> (RDF-5) untuk Bahan Bakar Alternatif di Industri Semen	30-37
Masrilayanti Human Activities as The Cause of Scouring of Bridges in Padang	38-42
Tomi Wirawan, Puti Sri Komala, Haris Suryamen Penentuan Lokasi Prioritas Penurunan Tingkat NRW dengan Indeks Spasial menggunakan GIS	43-47
Edward HS, Shinta Elystia, Syarfi, Davin Zamora Putra Penyisihan Logam Besi (Fe) Dalam Air Tanah Dengan Proses Aerasi menggunakan Kombinasi Cascade Aerator dan Arang Aktif	48-51
Puti Sri Komala, Ningsih Ika Pratiwi, Annisa Huwaida Kajian Ekonomis Penggunaan Koagulan Untuk Mengatasi Fluktuasi Kekeruhan Air Baku	52-57
Suci Wulandari, Slamet Raharjo Analisis Komparatif Pengelolaan Sampah Domestik Kota Kitakyushu dan Kota Padang untuk Meningkatkan Kualitas Pengelolaan Sampah Kota Padang	58-68
Shinta Silvia Total Carbon dan Total Nitrogen di Tanah pada Sistem Olah Tanah dengan Pemanfaatan Ampas Tebu (<i>Saccharum officinarum</i>) sebagai Mulsa Organik	69-71
Aryo Sasmita, Jecky Asmura Pengolahan Lumpur Tinja Dari Pemukiman Penduduk di Kota Taluk Kuantan	72-78

Shinta Elystia, Sri Rezeki Muria, Diana Aprila, Sandy Juliana Sari Potensi Mikroalga <i>Chlorella pyrenoidosa</i> dari Limbah Cair Kelapa Sawit Menjadi Bioetanol Sebagai Sumber Energi Alternatif	79-83
Elvi Yenie, Syelvia Putri, Azzah Fidza Degradasi Lignin Cacahan Tandan Kosong Sawit Menggunakan Jamur <i>Coprinus comatus</i> Sebagai Bahan Baku Pembuatan Kompos	84-89
Ivnaini Andesgur, Aryo Sasmita, Muhammad Reza Analisis Kecukupan Ruang Terbuka Hijau Publik Untuk Menangkap Emisi Karbondioksida Dari Sektor Transportasi di Kota Taluk Kuantan	90-95
Budhi Primasari dan Athirah Roslan Pengaruh Perlakuan Awal Lumpur terhadap Pengolahan Anaerobik Air Buangan Industri Gula	96-99



Seminar Nasional Sains dan Teknologi Lingkungan III

| ISSN (Print) 2356-4938 | ISSN (Online) 2541-3880 |



Perubahan Jaringan Pada Insang Ikan Nila Akibat Paparan Limbah Cair Penyamakan Kulit

Tivany Edwin, Taufiq Ihsan, Rislah Laila Amas

Jurusan Teknik Lingkungan, Universitas Andalas

KATA KUNCI

Tannery wastewater
Nile Tilapia
Gill tissue

KORESPONDENSI

E-mail: tivany@eng.unand.ac.id

A B S T R A C T

This study aims to analyze the effects of tannery wastewater to the changes of gill tissue of Nile tilapia. The wastewater concentration used were 1.85% and 3.69% of LC50 96 hours which was 25,85% of wastewater. Observation of gill tissue of Nile tilapia fish was conducted on day 0, 10, 20 and 30. The results obtained from this study were edema in control experiment, at concentrations of 1.85% of wastewater damage in the form of hyperplasia in the proximal basal, fusion, hyperplasia of all secondary lamellae and necrosis, whereas at concentration 3.69% of wastewater had hyperplasia in all secondary lamellae and necrosis. The significance test showed difference between concentration variation and exposure time to the changes of gill tissue of Nile tilapia ($p < 0,05$). The results of this study showed the higher concentration and length of exposure to tannery wastewater then the greater damage to the gill tissue of tilapia occurred.

1. PENDAHULUAN

Industri penyamakan kulit merupakan industri yang mengolah kulit mentah menjadi kulit siap olah atau kulit tersamak (*leather*) melalui proses-proses penyamakan menggunakan beberapa bahan kimia. Industri penyamakan kulit dapat dimasukkan dalam industri kimia, karena 90% dari proses penyamakan menyangkut dan/atau mempergunakan bahan-bahan kimia sehingga usaha ini akan menghasilkan limbah cair yang mengandung berbagai polutan organik dari bahan baku dan polutan kimia dari bahan pembantu proses. Pengolahan limbah penyamakan kulit terkadang masih menghasilkan karakteristik efluen di atas bakumutu, sehingga efluen yang di buang ke badan perairan secara tidak langsung dapat mempengaruhi ekosistem di dalamnya.

Ikan nila merupakan ikan yang cepat berkembang biak, mudah dibudidayakan (Fujaya, 2004) dan mempunyai tingkat sensitivitas yang tinggi terhadap material beracun dan perubahan lingkungan (Soemirat, 2009). Ikan nila juga banyak hidup bebas di sungai tempat dibuangnya efluen limbah cair penyamakan kulit di salah satu daerah Sumatera Barat.

Insang adalah organ respirasi ikan yang merupakan tempat terjadinya proses pertukaran oksigen dan

karbondioksida antara darah dan air. Insang secara langsung berkontak dengan air saat melakukan proses pernapasan, sehingga apapun perubahan-perubahan yang terjadi di lingkungan perairan akan secara langsung dan tidak langsung berdampak kepada struktur dan fungsi insang serta hemoglobinnya (Saputra dkk, 2013).

Oleh karena itu, salah satu cara mengetahui dampak toksik yang ditimbulkan oleh pencemaran di suatu perairan pada organisme air seperti ikan dapat diketahui dari kerusakan yang terjadi pada jaringan insang. Kerusakan yang dapat terjadi pada insang adalah edema, hiperplasia pada basal proksimal, fusi, hiperplasia pada seluruh lamela sekunder dan nekrosis (Tanjung, 1982). Untuk itu perlu dianalisis kerusakan jaringan insang ikan nila yang terpapar limbah cair industri penyamakan kulit secara mikroskopis.

2. METODOLOGI

Persiapan alat dan bahan dalam penelitian ini meliputi tiga tahapan yaitu, aklimatisasi hewan uji, uji toksisitas subletal dan pengamatan jaringan insang ikan nila secara mikroskopis. Peralatan yang digunakan untuk aklimatisasi berupakan akuarium dengan bahan kaca ukuran 45x 40x 40 cm dan pada uji toksisitas subletal adalah akuarium dengan bahan kaca ukuran 35x 30x 30 cm sebanyak 9 buah dan dilengkapi aerator (setiap akuarium selalu diberi

aerasi yang cukup. Pengukuran faktor fisika dan kimia air dalam akuarium dibutuhkan peralatan seperti termometer, pH meter dan DO meter.

Larutan uji yang digunakan dalam penelitian adalah air limbah dari salah satu industri pengolahan kulit di Sumatera Barat. Hewan uji yang digunakan adalah ikan nila (*Oreochromis niloticus*) dengan panjang sekitar 4-5 cm dan bobot badan 2-2,5 gram berumur \pm 1 bulan.

Proses aklimatisasi dilakukan selama 7 hari (APHA, 2014) dengan tujuan agar ikan dapat beradaptasi dengan lingkungan percobaan (laboratorium), dan selama percobaan dilakukan pengukuran suhu, pH dan *Dissolved Oxygen* (DO). Penggantian air uji dilakukan empat hari sekali, atau ketika kondisi air sudah keruh. Penggantian air uji dilakukan sebanyak 60%. Akuarium diberi aerasi secara terus menerus untuk menjaga kualitas air (Vinodhini dan Narayan, 2009). Pengamatan mikroskopis dilakukan pada ikan pada pemaparan limbah cair industri penyamakan kulit dengan variasi 0% (kontrol); 1,85% dan 3,65%.

Pembuatan preparat insang ikan nila dilakukan setelah uji toksisitas subletal yang bertujuan untuk melihat kondisi jaringan insang ikan nila setelah terpapar limbah cair penyamakan kulit. Pengamatan ini bersifat mikroskopis sehingga diperlukan pembuatan preparat. Preparat histologis dari insang yang telah difiksasi akan dibuat dengan menggunakan metode parafin dan pewarnaan *Hematoxylin Eosin* yang dilakukan di Laboratorium Patologi Balai Veteriner Bukittinggi.

Pengamatan secara mikroskopis preparat irisan histologi insang ikan nila dilakukan dengan menggunakan mikroskop binokuler merek Olympus CX22 dengan perbesaran 40-1000 kali. Presentase kerusakan jaringan insang dianalisis berdasarkan terjadinya perubahan struktur insang. Kerusakan tersebut terjadi pada bagian lamela primer dan lamela sekunder insang. Kerusakan pada lamela yang biasa terjadi berupa edema, hiperplasia pada basal proksimal, fusi, hiperplasia pada seluruh lamela sekunder dan nekrosis. Kerusakan edema ditandai oleh pembengkakan pada suatu bagian lamela dan kerusakan hiperplasia pada basal proksimal ditandai dengan penebalan pada bagian pertemuan antara lamela primer dan lamela sekunder (Windarti dkk, 2010).

Kerusakan fusi ditandai oleh sel-sel epidermis akan memperbanyak diri sehingga epidermis menebal dan lamela sekunder yang satu akan bergabung dengan beberapa lamela sekunder lain. Kerusakan hiperplasia pada seluruh lamela sekunder ditandai dengan perubahan bentuk jaringannya yang meluas sehingga terjadi penebalan dan pelebaran pada seluruh lamela sekunder. Kerusakan nekrosis atau kematian sel ditandai oleh bentuk intinya yang mengecil, membesar, kabur atau hilang, atau dikenali dari sitoplasmanya yang hilang sehingga tidak menyerap zat warna yang diberikan dalam proses pembuatan preparat histologi (Windarti dkk, 2010).

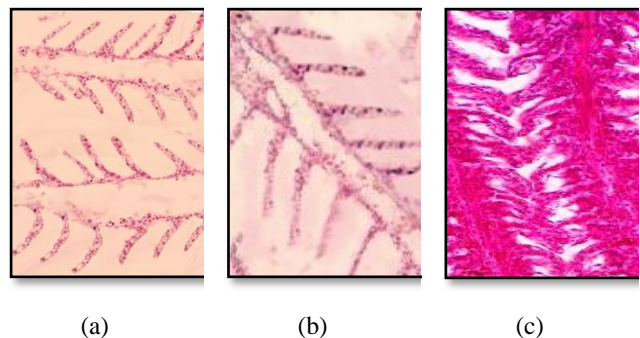
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran parameter kualitas air selama uji toksisitas subletal telah memenuhi persyaratan kualitas air hidup

ikan nila, yang diawali dengan pengukuran pH didapatkan rentang pH sebesar 7-8,2 dimana syarat hidup ikan nila untuk parameter pH berada pada rentang 6-9 (USEPA, 2002). Pengukuran kualitas air selanjutnya yaitu DO, kadar DO yang didapatkan berkisar antara 6,3-7,6 mg/L, dimana syarat hidup ikan nila untuk parameter DO $>$ 4 mg/L (USEPA, 2002). Pengukuran kualitas air yang terakhir yaitu suhu dengan rentang suhu yang didapatkan berkisar 26,6-27,4°C, dimana syarat kualitas hidup ikan nila berada pada rentang 25-30°C (USEPA, 2002).

Kerusakan Jaringan Insang Ikan Nila pada Percobaan Kontrol

Insang ikan kontrol sebagian besar tidak menunjukkan kerusakan hanya satu insang pada hari ke 20 dan insang pada hari ke-30 yang mengalami kerusakan edema. Hal ini dapat disebabkan oleh beberapa alasan seperti akuarium yang diletakkan dekat jendela kaca yang besar sehingga penetrasi sinar matahari menjadi cukup besar, hal ini dapat mempercepat pertumbuhan alga mempercepat keruhnya air dan munculnya mikroorganisme seperti parasit (Warisno dan Dahana, 2010). Selain itu luka dan yang terdapat pada tubuh ikan juga membuat ikan rentan terkena penyakit serangan jamur atau virus. Ikan mengalami memar atau luka dapat disebabkan oleh saling menggigit ataupun penanganan yang kurang baik. Penanganan yang kurang baik dapat menimbulkan stres pada ikan (Kordi, 2010). Penanganan yang kurang baik ini mungkin dialami ikan saat proses pergantian air dimana ikan harus dipindahkan beberapa saat. Penyebab lain yang mungkin terjadi adalah adanya logam berat dan nilai TSS yang tinggi dalam air pada percobaan kontrol yang menyebabkan kontaminasi pada insang.



Gambar 1. Kerusakan Jaringan Insang Ikan Nila Pada Percobaan Kontrol

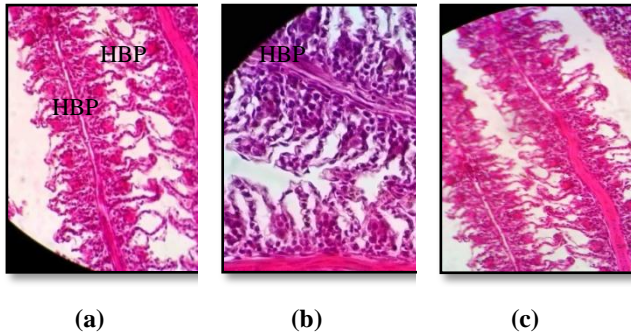
Keterangan: a) hari ke-10 b) hari ke-20 (c) hari ke-30.

Hasil yang didapatkan mengenai ikan pada percobaan kontrol ini serupa dengan penelitian yang dilakukan Rahmatika (2017) yaitu paparan insektisida klorpirifos terhadap kerusakan jaringan insang ikan nila. Kerusakan pada insang ikan kontrol yang ditemukan adalah edema dan hiperplasia pada basal proksimal.

Kerusakan Jaringan Insang Ikan Nila yang terpapar limbah cair penyamakan kulit dengan konsentrasi 1,85%

Kerusakan jaringan insang ikan nila yang terpapar konsentrasi 1,85% selama 30 hari sudah tergolong pada kerusakan yang cukup parah, karena pada hasil

pengamatan secara mikroskopis kerusakan jaringan insang pada konsentrasi ini ditemukan hiperplasia pada seluruh lamela sekunder, fusi lamela hingga nekrosis.



Gambar 2. Kerusakan Jaringan Insang Ikan Nila Paparan Konsentrasi 1,85%

Keterangan: a) hari ke-10 b) hari ke-20 (c) hari ke-30.

Pada hari ke 10, penebalan atau hiperplasia pada basal proksimal dan lamela sekunder mulai saling menyatu satu sama lain atau disebut fusi lamela. Pada hari ke 20 ditemukan hiperplasia pada basal proksimal, fusi lamela dan seluruh lamela sekunder bergabung menjadi satu hingga menyerupai daun atau hiperplasia pada hampir seluruh lamela sekunder. Kerusakan tersebut merupakan tingkat lanjut dari fusi lamela, semakin meningkatnya jumlah sel mukus didasar lamela menyebabkan semakin banyak terjadinya penggabungan lamela sekunder (Ersa, 2008). Pada hari ke 30 muncul kerusakan struktur lamela dimana ditandai dengan adanya bagian dari lamela sekunder yang tidak bisa menyerap zat warna dan rusaknya struktur filamen.

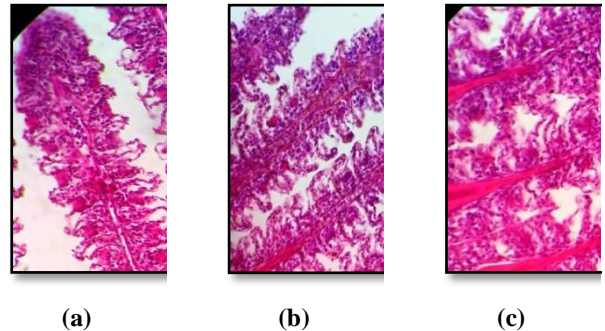
Hiperplasia pada basal proksimal merupakan tahap lanjut dari edema yang berlebihan. Edema menandakan telah terjadi kontaminasi tetapi belum ada pencemaran (Wikiandy dkk, 2013). Lamela sekunder insang mengalami hiperplasia ditandai dengan banyaknya proliferasi pada sel epitel akibatnya lamela sekunder mengalami penebalan. Hiperplasia mungkin disebabkan karena adanya zat toksik berupa logam Cr pada larutan uji. Selain itu TSS yang tinggi juga menyebabkan insang ikan mengalami edema yang berlanjut menjadi hiperplasia pada basal proksimal. Semakin lama paparan zat pencemar seperti Cr pada insang, hiperplasia yang semakin parah akan menyebabkan pecahnya pembuluh darah insang dan terjadi nekrosis.

Kerusakan jaringan Insang Ikan Nila yang terpapar konsentrasi limbah penyamakan kulit 3,69%

Pada hari ke 10 kerusakan jaringan berupa hiperplasia pada seluruh lamela sekunder dan nekrosis ditemukan, beberapa lamela sekunder yang bergabung menjadi satu. Hiperplasia pada hampir seluruh lamela sekunder ini merupakan tingkat lanjut dari fusi lamela yang semakin parah. Fusi terjadi akibat peningkatan jumlah sel-sel mukus yang merupakan suatu reaksi pertahanan akibat gangguan zat toksik atau parasit. Bentuk tidak normal dari sel-sel pada lamela sekunder ini juga dapat disebabkan oleh reaksi terhadap gangguan kimia misalnya perubahan pH yang asam di perairan sehingga terjadi

penumpukan gas karbondioksida (CO_2), amonia (NH_3) dan zat-zat atau gas lain sisa metabolisme atau karena adanya cemaran pada air yang berasal dari lingkungan perairan seperti sampah atau buangan industri (Wikiandy dkk, 2013).

Nekrosis secara histopatologis ditandai dengan terlihatnya batas-batas sel dan inti sel yang tidak jelas dan bahkan menghilang. Nekrosis dapat disebabkan oleh trauma, agen-agen biologis (virus, bakteri, jamur dan parasit), agen-agen kimia pada penelitian ini adalah logam krom atau terjadinya gangguan terhadap penyediaan darah pada suatu daerah khusus.



Gambar 3. Kerusakan Jaringan Insang Ikan Nila terpapar konsentrasi 3,69%

Keterangan: a) hari ke-10 b) hari ke-20 (c) hari ke-30.

Uji *Mann Whitney* menjelaskan terdapat perbedaan nyata antara kerusakan jaringan ikan nila kontrol dengan ikan nila setelah diberikan paparan konsentrasi 1,85% ataupun 3,69%. Adanya perbedaan nyata memiliki arti bahwa jika dibandingkan antara kerusakan jaringan insang ikan nila pada setiap konsentrasi memiliki perbedaan yang cukup jauh, sehingga jika di analisis dengan menggunakan uji *Mann Whitney* nilai probabilitas di antara dua konsentrasi tersebut bernilai $<0,05$ dengan keputusan yang diambil adalah H_0 ditolak dan H_1 diterima.

Hasil uji *Mann Whitney* juga diperkuat oleh hasil pengamatan yang ada, dimana setelah pengamatan didapatkan hasil jika antara dua konsentrasi limbah cair menunjukkan skor kerusakan yang berbeda. Semakin lama waktu paparan dan semakin tinggi konsentrasi limbah cair maka kerusakan jaringan insang ikan nila akan semakin parah. Paparan limbah cair penyamakan kulit memberikan pengaruh kepada kerusakan jaringan insang ikan nila. Kerusakan jaringan insang akan berpengaruh kepada proses metabolisme dan pertumbuhan ikan. Terganggunya pertumbuhan ikan akan mempengaruhi kegiatan budidaya ikan dan ketersediaan pangan serta mengganggu ekosistem lingkungan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai pengaruh konsentrasi dan lama paparan limbah cair penyamakan kulit terhadap jaringan insang ikan nila dapat diambil kesimpulan yakni terjadinya kerusakan jaringan

insang ikan nila pada semua variasi konsentrasi limbah cair penyamakan kulit, diantaranya kontrol mengalami edema, konsentrasi 1,85% mengalami kerusakan hiperlasia basal proximal fusi, hiperplasia pada seluruh lamela sekunder dan nekrosis, konsentrasi 3,69% mengalami kerusakan hiperplasia pada seluruh lamela sekunder dan nekrosis.

Semakin tinggi variasi konsentrasi paparan dan lama paparan limbah cair penyamakan kulit maka semakin tinggi pula kerusakan jaringan insang ikan nila yang terjadi. Pernyataan didukung oleh analisis uji beda nyata *Kruskal Wallis* dan *Mann Whitney* dengan nilai $p < 0,05$ yang memiliki arti adanya perbedaan nyata bahwa antara masing-masing konsentrasi paparan mempunyai kerusakan yang berbeda seiring lama paparan yang terjadi.

DAFTAR PUSTAKA

- APHA (American Public Health Association), AWWA (American Water Works Association), WEF (Water Environment Federation). (2014). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22nd. Washington DC. American Public Health Association.
- Fujaya, Y. (2004). Fisiologi Ikan Dasar Pengembangan Teknik Perikanan. Rineka Cipta. Jakarta.
- Kordi, M. (2004). Penanggulangan Hama Dan Penyakit Ikan. Rineka Cipta Dan Bina Adiaksara : Jakarta.
- Rahmatika, A. (2017). Uji Toksisitas Paparan Insektisida Klorpirifos Terhadap Kerusakan Jaringan Insang Ikan Nila (*Oreochromis niloticus* L). Skripsi Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Andalas.
- Saputra, HM., Narusin, M., dan Santoso, P. (2013). Struktur Histologis Insang dan Kadar Hemoglobin Ikan Asang (*Osteochilus hasseltii* C.V) di Danau Singkarak dan Maninjau, Sumatera Barat. Jurnal Biologi Universitas Andalas (J. Bio. UA.) Vol. 2 No. 21 hal, 138-144.
- Soemirat. (2009). Toksikologi Lingkungan. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Tanjung, S. 1982. The Toxicity of Aluminium for Organs of *Salvinia Fontinalis* Mitchell in Acid Water. Jakarta. Journal Environmental Pollution Vol 1 Issue 21 pp. 307–320.
- USEPA (United States Environmental Protection Agency). 2002. Method for Measuring the Acute Toxicity of Effluents and Receiving Waters to Freshwater and Marine Organism. Fifth Edition. EPA-821-R-02-012. Office of Water (43035). Washington, DC.
- Vijayalakshmi, M and Begum, Ts. (2017). Effect of Untreated Effluent On Histopathological Constituents Of Fresh Water Fish, *Tilapia Oreochromis Mossambicus*. International Journal Pharmacy Bio Science Vol. 2 Issue 20 Pp 250-257.
- Vinodhini, R and Narayan, M. (2009). Heavy Metal Induced Histopathological Alterations in Selected Organs of the *Cyprinus carpio* L (Common Carp). Journal International J. Environ. Res., Vol 3 Issue 1 pp. 95-100.
- Widayati. (2010). Studi Histologi Insang Ikan Mujair (*Oreochromis mossambicus*) Pada Konsentrasi Sub Lethal Air Lumpur Sidoarjo. Jurnal Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya.
- Warisno dan Dahana. (2010) Buku Pintar Akuarium Air Tawar. Andi Publisher : Jakarta.
- Wikiandy, N.; Rosida dan Herawati, T. (2013). Dampak Pencemaran Limbah Industri Tekstil Terhadap Kerusakan Struktur Organ Ikan Yang Hidup Di Daerah Aliran Sungai (Das) Citarum Bagian Hulu. Jurnal Perikanan Dan Kelautan Vol. 4. No. 3, Pp 215 – 225.



Seminar Nasional Sains dan Teknologi Lingkungan III

| ISSN (Print) 2356-4938 | ISSN (Online) 2541-3880 |



Analisis Beban Emisi Pencemar Gas (CO, NO₂, SO₂) dan Partikulat (PM₁₀) dari Emisi Kendaraan Bermotor di Ruas Jalan Kota Padang

Vera Surtia Bachtiar, Yogi Saputra, Adinda, Siti Hariani Ritonga dan M Zaki Madani

Jurusan Teknik Lingkungan, Universitas Andalas, Kampus Unand Limau Manis Padang, 25163, Indonesia

KATA KUNCI

Beban emisi,
CO,
NO₂,
SO₂,
PM₁₀

KORESPONDENSI

E-mail: verasurtia@eng.unand.ac.id

A B S T R A C T

This study aims to analyze the difference between the emission load estimation and the pollutant concentrations measurement that are generally produced by motor vehicles. Sampling for Carbon Monoxide (CO), Nitrogen Dioxide (NO₂), Sulfur Dioxide (SO₂) and Particulate Matter (PM₁₀) were carried out for 1 hour measurement at 25 sampling points. The measurement of CO using impinger and spectrophotometer equipment, NO₂ concentration by Griess Saltzman method using a spectrophotometer, SO₂ with parosanolin method using a spectrophotometer, and PM₁₀ were carried out using the gravimeter method using Low Volume Sampler (LVS). The results show that CO, NO₂ and PM₁₀ have strong relationships between their concentrations and their emissions, with R² values are 0.6221, 0.5468, 0.6803 and r values are 0.789, 0.739, 0.824 respectively. Meanwhile SO₂ concentration has a strong enough relationship with CO emissions with R² value is 0.2761 and r value is 0.5254.

1. PENDAHULUAN

Pencemaran udara di Indonesia umumnya terjadi di kota-kota besar. Kota besar mempunyai lalu lintas yang sangat padat sehingga emisi gas buang yang dikeluarkan oleh kendaraan bermotor pun lebih banyak. Hal ini mempengaruhi tingkat pencemaran udara yang tinggi pada sejumlah kota di Indonesia. Penyebab utama dari pencemaran udara adalah tingginya pertumbuhan jumlah kendaraan bermotor yang beroperasi di jalan raya (Wardhana, 2004).

Berdasarkan data Badan Pusat Statistik Padang tahun 2015 terjadi peningkatan jumlah kendaraan bermotor yang cukup pesat dari 2 tahun sebelumnya yaitu dari 392.967 unit pada tahun 2013 menjadi 427.235 unit tahun 2014. Meningkatnya jumlah kendaraan di Kota Padang berdampak pada peningkatan konsentrasi polutan di udara ambien. Polutan yang umumnya sering ditemui di wilayah perkotaan yaitu gas Nitrogen dioksida (NO₂), gas Karbon monoksida (CO), gas Sulfur dioksida (SO₂) dan partikulat (PM₁₀).

2. METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis perbedaan nilai estimasi emisi yang didapat dan hasil pengukuran konsentrasi dari kegiatan *sampling*. Penelitian dilakukan pada 11 jalan di Kota Padang. Dimana dari 11 jalan tersebut ditetapkan 25 titik pemantauan untuk mewakili titik penelitian. 25 titik pemantauan dapat dilihat pada Tabel 1.

Pengukuran gas CO menggunakan peralatan impinger dan spektrofotometer. Pengukuran konsentrasi NO₂ dengan metode *Griess Saltzman* menggunakan alat spektrofotometer disesuaikan dengan SNI 19-7119.2-2005. Pengukuran SO₂ dengan metode parosanolin menggunakan spektrofotometer disesuaikan dengan SNI 19-7119.7-2005. Pengukuran PM₁₀ dilakukan dengan mengukur perbedaan berat filter sebelum dan sesudah pelaksanaan *sampling* menggunakan *Low Volume Sampler* (LVS).

Tabel 1. Lokasi Sampling

Titik Sampling	Nama Jalan
1	Jl. M. Yunus
2	Jl. Sutomo
3	Jl. Lubuk Begalung
4	Jl. Wahidin
5	Jl. Sutan Syahrir
6	Jl. Perintis Kemerdekaan
7	Jl. Adinegoro (I)
8	Jl. Adinegoro (II)
9	Jl. Adinegoro (III)
10	Jl. Adinegoro (IV)
11	Jl. Adinegoro (V)
12	Jl. Hamka (I)
13	Jl. Hamka (II)
14	Jl. Hamka (III)
15	Jl. Hamka (IV)
16	Jl. Hamka (V)
17	Jl. Khatib Sulaiman (I)
18	Jl. Khatib Sulaiman (II)
19	Jl. Khatib Sulaiman (III)
20	Jl. Bagindo Aziz Chan (I)
21	Jl. Bagindo Aziz Chan (II)
22	Jl. Bagindo Aziz Chan (III)
23	Jl. Bagindo Aziz Chan (IV)
24	Jl. Sudirman (I)
25	Jl. Sudirman (II)

Penentuan nilai beban emisi setiap polutan dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut (Nasamani, *et al*, 2006):

$$E_p = \sum_{i=1}^n L \times N_i \times F_{pi}$$

Keterangan:

- L = Panjang jalan yang diteliti
- N_i = Jumlah kendaraan bermotor tipe i yang melintas ruas jalan (kendaraan/jam)
- F_{pi} = Faktor emisi kendaraan bermotor tipe i (g/Km)
- E_p = Intensitas emisi dari suatu ruas (g/jam/km)
- P = Jenis polutan yang diestimasi

Nilai faktor emisi setiap jenis kendaraan dan jenis polutan berbeda, besarnya nilai faktor emisi gas CO, NO₂, SO₂, PM₁₀ dapat dilihat pada Tabel 2.

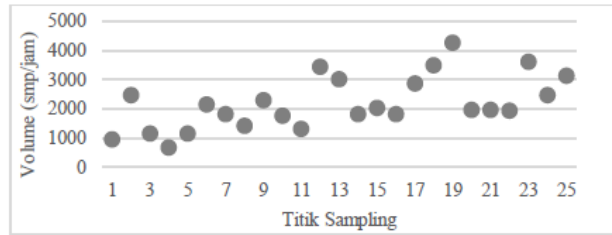
Tabel 2 Faktor Emisi Gas Buang Kendaraan di Kota Besar Indonesia

Tipe Kendaraan	CO (g/km)	NO ₂ (g/km)	PM ₁₀ (g/km)	SO ₂ (g/km)
Sepeda motor	14	0,29	0,24	0,008
Mobil (bensin)	40	2	0,01	0,026
Mobil (solar)	2,8	3,5	0,53	0,44
Mobil	32,4	2,3	0,12	0,11
Bis	11	11,9	1,4	0,93
Truk	8,4	17,7	1,4	0,82

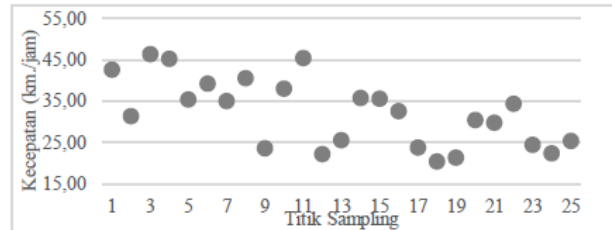
Sumber: PERMEN LH No. 12 Tahun 2012

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

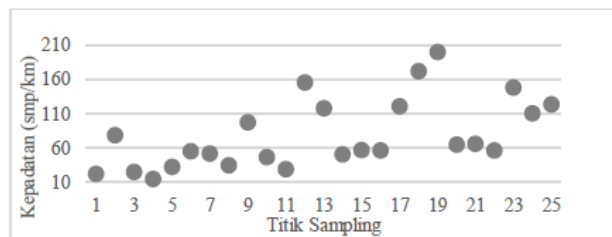
3.1. Karakteristik Lalu Lintas



Gambar 1. Volume Lalu Lintas (smp/km)



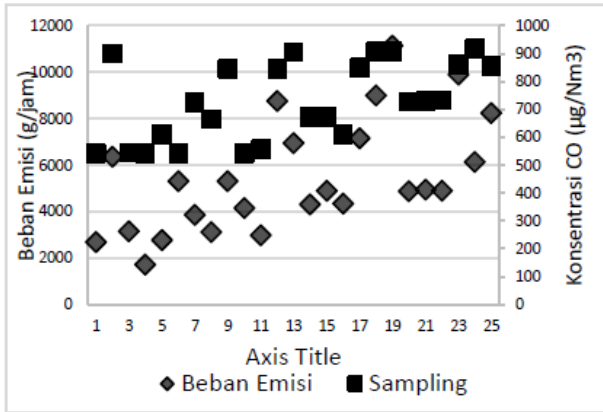
Gambar 2. Kecepatan Kendaraan (km/jam)



Gambar 3. Kepadatan Lalu Lintas (smp/km)

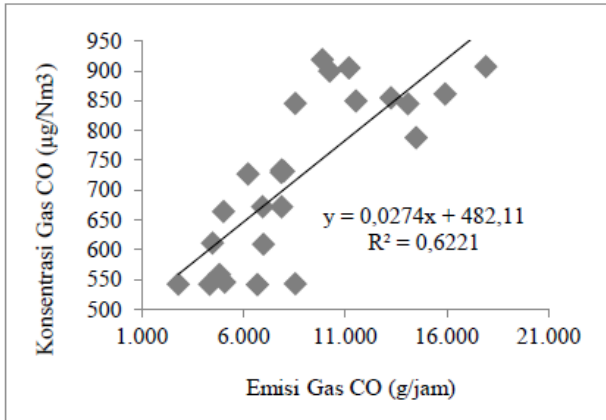
Berdasarkan Gambar 1, Gambar 2 dan Gambar 3 dapat dilihat volume dan kepadatan lalu lintas tertinggi terdapat di Titik 19, yaitu Jl. Khatib Sulaiman III. Adapun nilai volume dan kepadatan lalu lintas di Jl. Khatib Sulaiman III yaitu 4.265,15 smp/jam dan 199,31 smp/km. Volume dan kepadatan lalu lintas terendah terdapat di Titik 4, yaitu Jl. Wahidin. Adapun nilai volume dan kepadatan lalu lintas di Jl. Wahidin yaitu 673,80 smp/jam dan 14,91 smp/km. Kecepatan kendaraan tertinggi diperoleh sebesar 46,40 km/jam terdapat di Titik 3, Jl. Lubuk Begalung dan kecepatan terendah sebesar 20,40 km/jam di Titik 18, Jl. Khatib Sulaiman II. Bervariasinya angka volume, kepadatan, dan kecepatan lalu lintas tersebut dipengaruhi oleh jumlah kendaraan yang berbeda-beda dan waktu pengukuran yang berbeda di lokasi sampling.

3.2. **Konsentrasi Gas CO**



Gambar 4. Konsentrasi CO dan Beban Emisi

Berdasarkan Gambar 4, dapat dilihat emisi gas CO tertinggi berada pada Titik Sampling 19 yaitu Jl. Khatib Sulaiman III. Lokasi Jl. Khatib Sulaiman III memiliki volume kendaraan bahan bakar bensin paling tinggi. Faktor emisi untuk bahan bakar bensin sangat tinggi dibandingkan bahan bakar solar. Hal ini dikarenakan gas CO banyak diemisikan oleh kendaraan dengan bahan bakar bensin. Besarnya emisi gas CO di Jl. Khatib Sulaiman III juga sebanding dengan konsentrasi CO tinggi yang diperoleh saat pengukuran. Hubungan korelasi antara konsentrasi gas CO pada saat penelitian dengan beban emisi dapat dilihat pada Gambar 5.

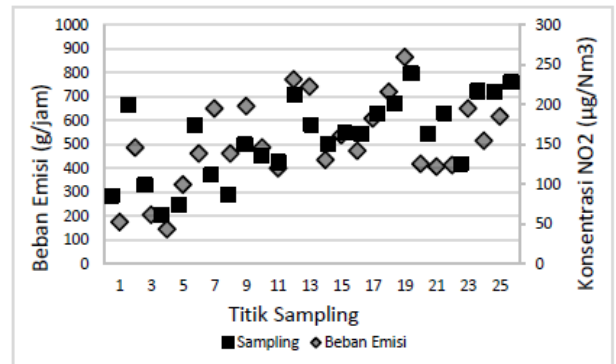


Gambar 5. Korelasi Konsentrasi Gas CO dengan Beban Emisi

Berdasarkan Gambar 5, hasil korelasi konsentrasi gas CO dengan emisi gas CO diperoleh nilai $R^2 = 0,6221$ dan nilai r sebesar 0,789. Terdapat korelasi positif yang kuat antara konsentrasi gas CO dengan emisi gas CO. Emisi gas CO berbanding lurus dengan konsentrasi gas CO, artinya semakin besar emisi gas CO maka semakin besar konsentrasi gas CO. Demikian sebaliknya, semakin kecil emisi gas CO maka konsentrasi gas CO semakin kecil. Nilai R^2 yang diperoleh yaitu sebesar 0,6221. Hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi gas CO yang terukur di lapangan 62,21% dipengaruhi oleh emisi yang dikeluarkan oleh kendaraan yang melintasi lokasi sampling. Penelitian yang dilakukan Hodijah (2014) di Kota Pekanbaru juga

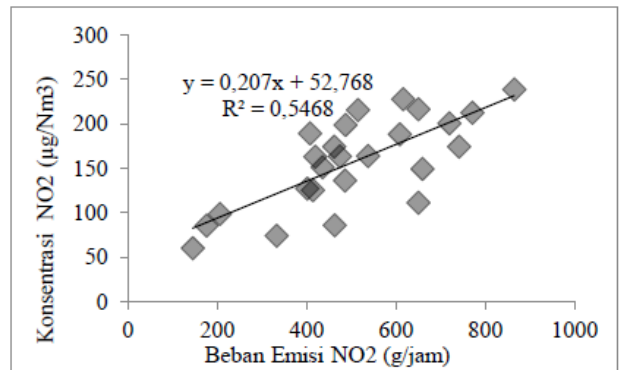
mendapatkan korelasi positif yang kuat antara konsentrasi gas CO ambien dengan emisi gas CO dari kendaraan.

3.3. **Konsentrasi Gas NO2**



Gambar 6. Konsentrasi NO2 dan Beban Emisi

Berdasarkan Gambar 6 beban emisi gas NO2 terbesar terdapat pada jalan Khatib Sulaiman III yaitu 864,92 g/jam. Nilai beban emisi terendah terdapat pada jalan Wahidin sebesar 145,22 g/jam. Hal ini sesuai dengan nilai konsentrasi gas NO2 yang telah diukur, bahwa di jalan Khatib Sulaiman III adalah konsentrasi tertinggi yaitu 238,64 µg/Nm3 dan konsentrasi terendah di Jalan Wahidin 60,52 µg/Nm3. Hubungan korelasi antara konsentrasi gas NO2 pada saat penelitian dengan beban emisi dapat dilihat pada Gambar 7.



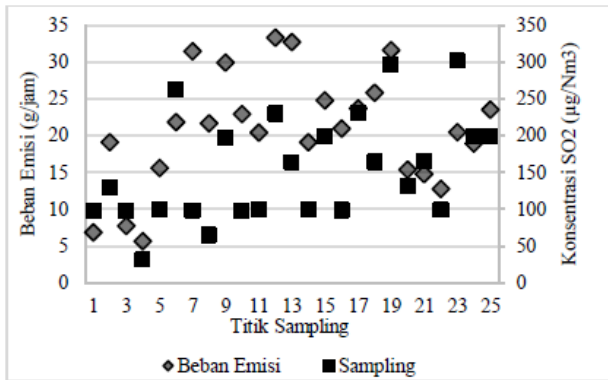
Gambar 7. Korelasi Konsentrasi Gas NO2 dengan Faktor Emisi

Berdasarkan Gambar 7 di atas didapatkan nilai determinasi (R^2) antara konsentrasi gas NO2 dengan beban emisi adalah sebesar 0,5468, sehingga korelasi (r) di titik A sebesar 0,739 dengan nilai interpretasi korelasi kuat. Hal ini memperlihatkan bahwa hubungan konsentrasi gas NO2 dengan beban emisi berbanding lurus. Semakin tinggi beban emisi maka konsentrasi gas NO2 juga semakin meningkat.

Berbeda dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Hodijah, dkk (2014) beban pencemar gas NO2 dengan nilai koefisien determinasinya $R^2 = 0,0155$ artinya bahwa pengaruh beban pencemar gas NO2 dari emisi kendaraan

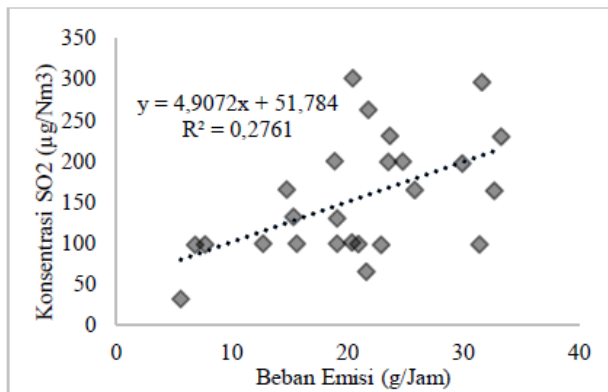
bermotor di tiga ruas jalan sebesar 1,55 % sedangkan 98,45 % ditentukan oleh faktor-faktor lain. Faktor-faktor lain tersebut seperti sinar matahari yang memancarkan sinar ultraviolet, konsentrasi gas NO₂ meningkat karena perubahan NO primer menjadi gas NO₂ sekunder. Nilai koefisien korelasi r yang diperoleh sebesar = 0,1245 yang menunjukkan bahwa hubungan kedua variabel sangat lemah.

3.4. Konsentrasi Gas SO₂



Gambar 8. Konsentrasi SO₂ dan Beban Emisi

Berdasarkan Gambar 8 beban emisi gas NO₂ terbesar terdapat pada Jl. Hamka I yaitu 33,29 g/jam. Nilai beban emisi terendah terdapat pada jalan Wahidin sebesar 5,61 g/jam. Hal ini tidak sesuai dengan nilai konsentrasi gas SO₂ yang telah diukur. Konsentrasi SO₂ tertinggi terdapat di Jl. Bagindo Aziz Chan IV, yaitu 301,17 µg/Nm³. Konsentrasi SO₂ terendah berada di Jl. Wahidin 31,42 µg/Nm³. Hubungan korelasi antara konsentrasi gas SO₂ pada saat penelitian dengan beban emisi dapat dilihat pada Gambar 9.

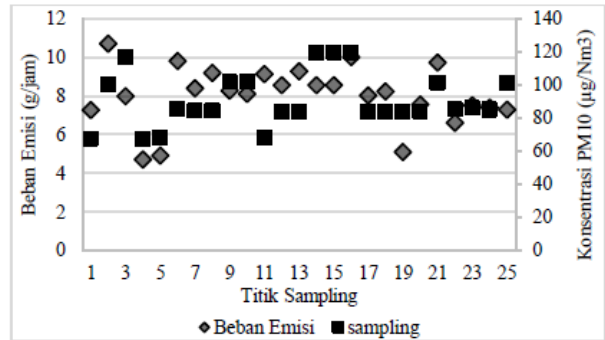


Gambar 9. Korelasi Konsentrasi Gas SO₂ dengan Faktor Emisi

Hasil analisis regresi linier antara konsentrasi pengukuran dan estimasi beban emisi dapat dilihat pada Gambar 9. Pada Gambar 9 grafik regresi linier menunjukkan nilai x positif. Nilai positif tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi beban pencemar dari emisi kendaraan bermotor semakin tinggi konsentrasi gas pencemar udara ambien.

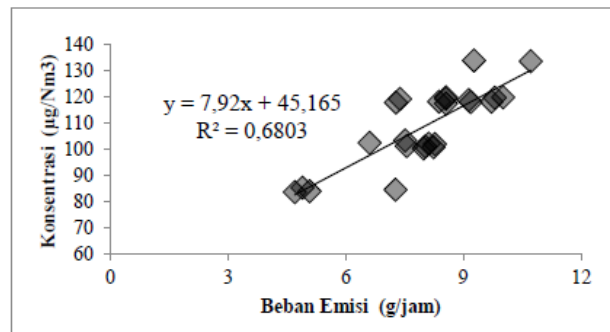
Nilai koefisien determinasi (R²) dari persamaan linier pada Gambar 9 yaitu sebesar 0,2761. Nilai koefisien korelasi (r) korelasi antara konsentrasi Gas SO₂ dan beban pencemar SO₂ menunjukkan korelasi yang cukup kuat dengan nilai koefisien korelasi 0,5254. Hubungan korelasi yang cukup kuat antara estimasi beban emisi dan konsentrasi SO₂ menunjukkan bahwa konsentrasi SO₂ yang didapat pada saat pengambilan sampel dipengaruhi oleh faktor lain.

3.5. Konsentrasi Gas PM₁₀



Gambar 10. Konsentrasi PM₁₀ dan Beban Emisi

Berdasarkan Gambar 10 dapat dilihat bahwa beban emisi yang tertinggi terdapat di Titik 2, Jl. Sutomo dengan konsentrasi sebesar 10,716 g/jam. Sedangkan beban emisi terendah terdapat pada Jl. Sutan Syahrir dengan konsentrasi sebesar 4,699 g/jam. Beban emisi di Jl. Sutomo lebih tinggi daripada di Jl. Adinegoro V yang memiliki konsentrasi PM₁₀ yang tertinggi. Hal ini dapat disebabkan oleh jumlah kendaraan yang melintasi Jl. Sutomo lebih banyak daripada Jl. Adinegoro, dimana pada Jl. Hubungan korelasi antara konsentrasi gas PM₁₀ pada saat penelitian dengan beban emisi dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Korelasi Konsentrasi Gas PM₁₀ dengan Beban Emisi

Berdasarkan Gambar 11 diketahui bahwa determinasi (R²) antara konsentrasi PM₁₀ dengan beban emisi sebesar 0,6803, artinya 68% beban emisi dipengaruhi oleh konsentrasi PM₁₀. Sedangkan nilai korelasi (r) sebesar 0,824 dengan nilai interpretasi korelasi yang sangat kuat. Korelasi yang sangat kuat tersebut menunjukkan bahwa konsentrasi PM₁₀ memiliki pengaruh yang sangat kuat terhadap beban emisi yang dihasilkan oleh kendaraan.

4. KESIMPULAN

Hasil korelasi konsentrasi gas CO dengan emisi gas CO diperoleh hubungan yang kuat dengan nilai $R^2 = 0,6221$ dan nilai r sebesar 0,789. Hasil korelasi konsentrasi gas NO₂ dengan emisi gas NO₂ diperoleh hubungan yang kuat dengan nilai $R^2 = 0,5468$ dan nilai r sebesar 0,739. Hasil korelasi konsentrasi gas SO₂ dengan emisi gas SO₂ diperoleh hubungan yang cukup kuat dengan nilai $R^2 = 0,2761$ dan nilai r sebesar 0,5254. Hasil korelasi konsentrasi gas PM₁₀ dengan emisi gas PM₁₀ diperoleh hubungan yang kuat dengan nilai $R^2 = 0,6803$ dan nilai r sebesar 0,824.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai oleh Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi (Kemristek Dikti), melalui skim penelitian PTUPT tahun pendanaan 2018. Terima kasih kepada semua mahasiswa Teknik Lingkungan Unand yang ikut terlibat dalam pengumpulan data dan semua pihak yang membantu jalannya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- BPS Kota Padang. 2015. Padang dalam Angka. www.padangkota.bps.go.id. Diakses pada 11 April 2016.
- Hodijah, N., Amin, B., Mubarak. 2014. Estimasi Pencemar dari Emisi kendaraan Bermotor di Ruas Jalan Kota Pekanbaru. *Dinamika Lingkungan Indonesia*, Vol.1 No.2, pp. 71-79.
- Nasamani, K.S., Chu, L., McNally, M.G., Jayakrishnan, R., 2006, Estimation of Vehicular Emissions by Capturing Traffic Variations, TRB Annual Meeting, Paper No.06-1629
- Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 12 Tahun 2012 Tentang Pelaksanaan Pengendalian Pencemaran Udara di Daerah
- SNI 19-7119.2-2005. 2005. Udara Ambien – Bagian 2: Cara Uji Kadar Nitrogen Dioksida (NO₂) dengan Metoda Griess Saltzman menggunakan Spektrofotometer
- SNI 19-7119.7-2005. 2005. Udara Ambien – Bagian 7: Cara Uji Kadar Sulfur Dioksida (SO₂) dengan Metoda Pararosanilin Menggunakan Spektrofotometer
- Wardhana, 2004. Dampak Pencemaran Lingkungan. Yogyakarta: Penerbit Andi.



Seminar Nasional Sains dan Teknologi Lingkungan III

|ISSN (Print) 2356-4938 | ISSN (Online) 2541-3880|



Kajian Teknis Sistem Koagulasi dan Flokulasi IPA Sermo Kulon Progo

Hiskia J. J. Pasaribu, Sri Puji Saraswati, Budi Kamulyan

Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia

KATA KUNCI

Instalasi Pengolahan Air,
Koagulan,
Koagulasi flokulasi

KORESPONDENSI

E-mail: hiskiaps@gmail.com

A B S T R A C T

Raw water of Sermo reservoir contains a lot of algae caused by the element Nitrogen and Posphat in water. Algae caused flocs formed in the coagulation process flocculation becomes light and float. The floating flocks in the sedimentation basin are carried over directly to the filtration basin, causing the filtration load to rise. The purposes of research were to identified problems in the coagulation and flocculation process in Water Treatment Plant (WTP) according to design criteria and operations maintenance of WTP. This study also offer an alternative of flocculant aid to solve the problem of algae and floating flock in Sermo's WTP. The method used is to evaluate the design criteria of coagulation and flocculation unit based on SNI 6774: 2008 Procedures for planning of Water Treatment Plant. Further evaluated the operation and maintenance of the unit based on with SNI 6775: 2008 Procedures for Operation and Maintenance of Water Treatment Plant. In this reserch also provided flocculant aid alternative to eliminate algae. Alternatives flocculant aids that be used are Polydadmac and clay. Flocculant aids were tested with jar test used variation dose of PAC added Polydadmac and PAC added clay. The results of Jar test measured by parameters of pH, turbidity, conductivity, TDS, phosphate, nitrate and nitrite. And then the measurement results are compared and determined the most optimum dose. The results of the evaluation of WTP design criteria based on SNI 6774: 2008 indicate that the gradient velocity of the coagulation basin was less then requirement and the detention time of the flocculation basin was less then requirement. Operation and Maintenance in the coagulation unit of IPA flocculation has not been fully comply with SNI 6775: 2008. The result of jastest testing flocculant aid Polydadmac and Clay found that the best combination was PAC with Polydadmac which the optimum dose of PAC 30 ppm and Polydadmac 0,2 ppm.

1. PENDAHULUAN

Air Waduk Sermo banyak mengandung alga. Meningkatnya jumlah alga diakibatkan banyaknya unsur nitrogen dan posphat dalam air (Rustadi, 2009). Berdasarkan penelitian sebelumnya air Waduk Sermo memiliki kadar Nitrat berkisar 0,3 mg/l sampai 1,5 mg/l, kadar Nitrit berkisar 0,60 mg/L sampai 1,47 mg/L, kadar posphat berkisar 0,257 mg/l sampai 0,529 mg/l (Wulandari, 2014). Jika dibandingkan dengan Peraturan Gubernur D. I. Yogyakarta No. 20 Tahun 2008 mengenai Kriteria Mutu Air Berdasarkan Kelas, dapat

disimpulkan bahwa kualitas air Waduk Sermo tidak memenuhi syarat sebagai air kelas I.

PDAM Tirta Binangun mengolah air Waduk Sermo dengan Instalasi Pengolahan Air (IPA) konvensional. IPA Sermo merupakan IPA baja dengan pengolahan lengkap terdiri dari unit koagulasi, flokulasi, sedimentasi, filtrasi dan desinfeksi. PDAM Tirta Binangun menggunakan Koagulan PAC (*Poly Aluminium Chloride*). PAC digunakan di beberapa IPA milik PDAM. Tetapi penggunaan bahan koagulan PAC pada IPA Unit Sermo sangat boros jika dibandingkan dengan IPA lain.

Air Waduk Sermo seharusnya mudah untuk diolah karena memiliki Kekeruhan yang rendah, tetapi karena banyaknya kandungan alga mengganggu proses pengolahan air dan mempengaruhi kinerja (IPA). Pada proses koagulasi dan flokulasi, banyaknya jumlah alga mengakibatkan flok yang terbentuk cenderung ringan ditambah lagi karena Kekeruhan air yang rendah mengakibatkan partikel pembentuk flok jumlahnya sedikit. Flok yang ringan akan melayang dan sulit untuk mengendap di bak sedimentasi. Flok yang melayang akan terbawa ke bak filtrasi. Banyaknya flok yang terbawa ke bak filtrasi mengakibatkan saringan cepat jenuh, dan sering dilakukan *backwash*. PDAM Tirta Binangun melakukan *backwash* IPA sebanyak 2 kali dalam 1 hari, hal ini mengakibatkan banyak air yang terbuang.

Flok melayang dapat diatasi dengan menambahkan senyawa pemberat kedalam air. Flok melayang terjadi karena lamanya waktu pengendapan dan flok yang terbentuk lunak sehingga akan mempersulit proses pengendapan. Untuk membantu proses koagulasi diberikan flokulan *Aid*. Flokulan *aids* adalah flokulan yang ditambahkan pada koagulan bertujuan untuk mempercepat pengendapan, pembentukan dan pengerasan flok (Masduqi, 2012). Jenis flokulan *aid* diantaranya: lempung dan *Polydadmac*. Lempung merupakan senyawa pemberat yang bila ditambahkan ke air akan menambah partikel koloid sebagai bahan pembentuk flok (Aziz, 2015). Lempung biasanya digunakan untuk mengolah air yang berwarna, turbiditas yang rendah, dan mineral yang rendah. *Polydadmac* berfungsi memperkuat inti flok sehingga pada proses koagulasi-flokulasi flok yang terbentuk lebih padat dan mudah mengendap (Sang-kyu dan John dalam Mwangi, 2013). Selain itu *Polydadmac* merupakan koagulan untuk bahan organik sehingga sangat efektif membunuh alga. Selain itu pemilihan *Polydadmac* dan lempung didasarkan kemampuan dalam menurunkan kadar Fosfat dalam air. Menurut penelitian Chen (2010) diperoleh bahwa *Polydadmac* akan menambah kemampuan PAC dalam menurunkan kadar Fosfat jika ditambahkan pada dosis 2 mg /l.

Penelitian ini bertujuan mencari solusi alternatif bahan flokulan untuk mencegah flok melayang sehingga mengendap di bak sedimentasi. Dengan berkurangnya flok yang terbawa ke bak sedimentasi maka beban filter semakin berkurang sehingga intensitas *backwash* bisa dikurangi. Dengan berkurangnya intensitas *backwash* diharapkan kehilangan air akibat pencucian filter semakin kecil.

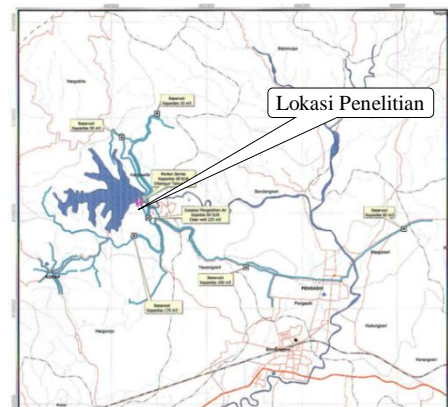
2. METODOLOGI

Pengumpulan data

Data yang digunakan adalah data primer dan sekunder. Data primer diperoleh melalui pengukuran dimensi IPA, wawancara dan pengujian di laboratorium. Wawancara dilakukan dengan PDAM Tirta Binangun untuk mengetahui permasalahan dan operasional pemeliharaan IPA Unit Sermo. Data pengujian berupa data hasil uji dan pengukuran beberapa parameter yaitu pH, Kekeruhan, *Conductivity*, kadar Fosfat, Nitrat dan Nitrit. Data Sekunder terdiri dari dokumen operasional di PDAM, data hasil pemantauan kualitas air Waduk Sermo serta data pendukung lainnya yang bisa digunakan untuk mendukung penelitian.

a. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian adalah IPA PDAM Tirta Binangun unit Sermo Kabupaten Kulon Progo. Pada penelitian ini yang ditinjau adalah unit koagulasi dan flokulasi IPA 30 l/s Unit Sermo.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Metode Analisis dan Alur Penelitian

Penelitian ini dimulai dengan mengevaluasi kriteria desain unit koagulasi dan flokulasi IPA 30 l/s. Evaluasi dilakukan dengan pengukuran dimensi IPA kemudian dihitung Gradien Kecepatan dan Waktu Detensinya, hasilnya dibandingkan dengan kriteria desain berdasarkan SNI 6774:2008 tentang Tata cara perencanaan Unit Paket Instalasi Pengolahan Air. Selanjutnya dievaluasi Operasional dan Pemeliharaan yang didasarkan SNI 6775:2008 tentang Tata Cara Pengoperasian dan Pemeliharaan Unit Paket Instalasi Pengolahan Air. Selain itu dilakukan uji *Jartest* menggunakan alternatif flokulan tambahan yaitu *Polydadmac* dan Lempung. Pada penelitian ini digunakan kombinasi dosis PAC dengan *Polydadmac* 0,2 ppm dan kombinasi dosis PAC dengan Lempung 0,1 gram. Air hasil *Jartest* kemudian diukur parameter Kekeruhan pH, TDS, *Conductivity*, Fosfat,

Nitrat dan Nitrit di laboratorium. Hasilnya dibandingkan dan ditentukan mana dosis yang paling optimum yang menghasilkan kualitas air yang paling baik.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis dan Evaluasi Unit IPA Unit Sermo berdasarkan kriteria desain

Permasalahan di IPA Sermo perlu ditinjau dari aspek Desain IPA untuk mengetahui apakah kriteria desain IPA sudah sesuai dengan standar yang berlaku. Analisis dan evaluasi desain IPA Sermo didasarkan SNI 6774:2008 Tata cara perencanaan unit paket instalasi pengolahan air minum.

Unit Koagulasi

Sistem pengadukan cepat atau flokulasi pada IPA 30 l/d menggunakan tipe hidrolis dimana pencampuran bahan kimia dengan memanfaatkan gerakan air sebagai tenaga pengadukan. Koagulasi adalah penambahan ion – ion dengan muatan yang berlawanan dengan muatan koloid dimasukkan ke dalam air sehingga mengakibatkan destabilisasi ion koloid sehingga ada daya tarik menarik antar koloid (Reynolds, dalam Masduqi 2012). Pengadukan hidrolis memanfaatkan beda tinggi antara bak koagulasi dengan bak flokulasi.

Pada saat penelitian bak koagulasi tidak difungsikan karena menurut PDAM bak ini mengalami kebocoran. Untuk mengatasi hal tersebut PDAM mengalirkan air dari pipa intake langsung masuk ke bak flokulasi. Tinggi terjunan yang semula 1,4 m berkurang menjadi 0,3 m. Jika dihitung gradien kecepatan semula $856,15 \text{ det}^{-1}$ berubah menjadi $730,46 \text{ det}^{-1}$. Jika dibandingkan dengan kriteria desain nilainya tidak memenuhi dimana menurut SNI 6774:2008 Tata cara perencanaan unit paket instalasi pengolahan air minum gradien kecepatan pada bak koagulasi $< 750 \text{ det}^{-1}$

Kurangnya gradien kecepatan menyebabkan bahan koagulan tidak tercampur dengan sempurna dengan air baku. Hal ini menyebabkan proses destabilisasi partikel koloid dalam air tidak berjalan dengan baik sehingga pembentukan inti flok tidak sempurna. Mengatasi hal tersebut PDAM diharapkan segera memperbaiki kebocoran bak koagulasi agar diperoleh gradien kecepatan sesuai kriteria desain.

Sistem koagulasi pada IPA 30 l/d menggunakan sistem hidrolis *buffel chanel* dengan aliran vertikal. Flokulasi adalah pengadukan lambat dari air yang telah ditambahkan koagulan untuk mengumpulkan partikel yang sudah di destabilisasi sehingga dapat membentuk flok (Reynolds dalam Masduqi 2012).

Jika dihitung gradien kecepatan tiap kompartemen diperoleh $G 6,7791 \text{ det}^{-1}$ dan waktu tinggalnya 16,3 menit. Jika dilihat kriteria desain masih memenuhi kriteria desain sesuai SNI 6774:2008 Tata cara perencanaan unit paket instalasi pengolahan air minum dimana gradien kecepatan pada bak flokular 5-60 det^{-1} . Tetapi jika dilihat dari waktu tinggalnya belum memenuhi syarat yaitu 30 – 45 menit. Kurangnya waktu tinggal pada bak flokulasi menyebabkan waktu untuk pembentukan flok sedikit sehingga flok yang terbentuk tidak mampat. Untuk membantu proses koagulasi diberikan flokulan *Aid*.

3.2 Analisis dan Evaluasi Operasional IPA Unit Sermo

Evaluasi Operasional dan Pemeliharaan IPA didasarkan SNI 6775:2008 mengenai Tata Cara Pengoperasian dan Pemeliharaan Unit Paket Instalasi Pengolahan Air. Evaluasi ini bertujuan melihat apakah Operasional dan Pemeliharaan yang dilakukan PDAM Tirta Binangun di IPA Unit Sermo sudah sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Dari hasil evaluasi diperoleh ada beberapa hal yang tidak sesuai dengan Operasional dan Pemeliharaan di PDAM diantaranya peralatan laboratorium tidak lengkap dan sebagian rusak, penentuan dosis bahan koagulan dengan Jarrest tidak dilakukan rutin. Ketidaksiesuaian tersebut akan mempengaruhi kualitas hasil olahan.

3.3 Kualitas Air Waduk Sermo

Pada penelitian ini untuk mengatasi permasalahan alga pada air baku dipilih solusi dengan menggunakan bahan koagulan tambahan. Pemilihan bahan koagulan tambahan didasarkan karakteristik air Waduk Sermo Pada saat penelitian air baku diuji beberapa parameter dan diperoleh data seperti Tabel 1.

Tabel 1 Hasil Pengujian Air Baku Waduk Sermo

No	Parameter	Nilai	Satuan
1	Conductivity	197.3	$\mu\text{cos/cm}$
2	TDS	94.4	mg/L
3	pH	7.61	
4	Turbidity	4.04	NTU
5	Posphat	0,4627	mg/l
6	Nitrat (NO_3^-)	2,442	mg/l
7	Nitrit (NO_2)	9,88	mg/l

Berdasarkan Tabel 1 dapat dilihat bahwa Kekerusuhan air baku sangat rendah yaitu 4 NTU. Hasil pengujian kadar fosfat dalam air baku adalah 0,46 mg/l, jika dibandingkan dengan Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air Dan Pengendalian Pencemaran Air, Kekerusuhan masih memenuhi standar tetapi kadar Fosfat nilainya diatas

baku mutu air kelas I yaitu 0,2 mg/l. Tingginya kadar Fosfat dalam air akan meningkatkan pertumbuhan alga. Bahan inorganic seperti Phospor yang terkandung dalam Fosfat menyebabkan pertumbuhan alga menjadi cepat dan alga tersebut larut dalam air (Spellman, dalam Arinaldi, 2013). Hasil pengujian kadar Nitrat dan Nitrat pada air baku diperoleh 2,4 mg/l dan 9,88. Jika dibandingkan dengan Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air Dan Pengendalian Pencemaran Air, nilainya memenuhi baku mutu air kelas I yaitu dibawah 10 mg/l.

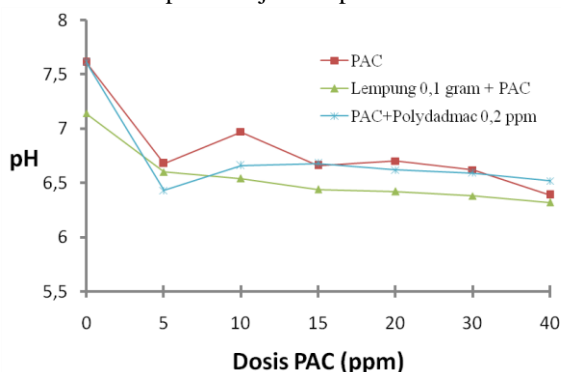
Berdasarkan karakteristik air Waduk Sermo dipilih bahan flokulan tambahan yang mampu mengikat alga dan bekerja di Kekeruhan yang rendah. Flokulan tambahan yang dipilih adalah lempung dan *Polydadmec*. Lempung merupakan senyawa pembersih yang bila ditambahkan ke air akan menambah partikel koloid sebagai bahan pembentuk flok. Lempung biasanya digunakan untuk mengolah air yang berwarna, turbiditas yang rendah, dan mineral yang rendah. *Polydadmec* berfungsi memperkuat inti flok sehingga pada proses koagulasi-flokulasi flok yang terbentuk lebih padat dan mudah mengendap. Selain itu *Polydadmec* merupakan koagulan untuk bahan organik sehingga sangat efektif membunuh alga (Sangkyu dan John dalam Mwangi, 2013). Selain itu pemilihan *Polydadmec* dan lempung didasarkan kemampuan dalam menurunkan kadar Fosfat dalam air.

3.4 Perbandingan Hasil Percobaan Pemakaian PAC, Kombinasi PAC dengan *Polydadmec* dan Kombinasi PAC dengan Lempung

Hasil uji laboratorium percobaan pemakaian bahan koagulan tambahan diperoleh hasil sebagai berikut:

1) pH

Berdasarkan hasil percobaan diperoleh pH air hasil percobaan disajikan kedalam grafik hubungan antara dosis PAC dan pH ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2 Grafik Hubungan Dosis PAC, PAC + *Polydadmec* 0,2 ppm dan Lempung 0,1 gram +PAC dan pH

Berdasarkan Gambar 2 menunjukkan bahwa penambahan koagulan ke air akan menurunkan pH air. Semakin banyak dosis koagulan yang ditambahkan akan mengakibatkan pH cenderung semakin turun. Hal ini terjadi karena semakin besar konsentrasi koagulan yang ditambahkan semakin banyak proses hidrolisa dalam air sehingga ion-ion H^+ yang terionisasi dalam air tersebut akan semakin besar sehingga nilai pH akan semakin rendah (asam) (Rusdi, dkk., 2014). Jika dibandingkan dengan Persyaratan Kualitas Air Minum Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 492/Menkes/Per/IV/2010 pH air yang dihasilkan hasil percobaan dengan PAC dan Kombinasi PAC dan *Polydadmec* masih sesuai standar yaitu 6,5 -8,5.

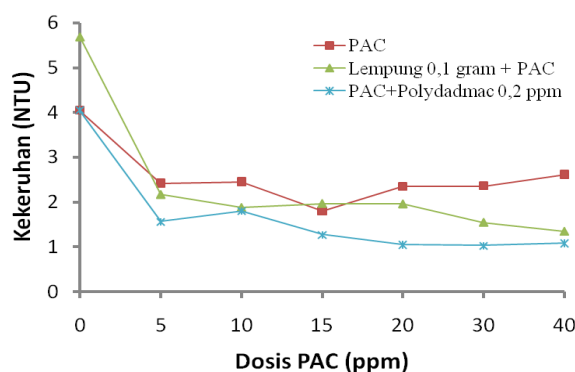
2) Kekeruhan

Pengukuran Kekeruhan air hasil percobaan disajikan kedalam grafik hubungan antara dosis PAC dengan Kekeruhan yang ditunjukkan pada Gambar 3.

Hasil penelitian menunjukkan Kekeruhan air dapat diturunkan dengan penambahan koagulan. Dari Gambar 5.2 dapat dilihat pada kombinasi PAC dengan *Polydadmec* 0,2 ppm dapat menurunkan Kekeruhan air meskipun Kekeruhan air kecil. Hal ini disebabkan *Polydadmec* sebagai penguat PAC yang menyebabkan daya tarik menarik antar flok semakin besar dan inti flok semakin kuat sehingga flok yang terbentuk lebih berat dan mudah mengendap. Koloid yang terbentuk akan mudah mengendap.

Tabel 2 Tabel Efektivitas Penurunan Kekeruhan

Dosis (ppm)	PAC		Penambahan Lempung 0,1 gram		Penambahan <i>Polydadmec</i> 0,2 ppm	
	Kekeruhan (NTU)	Efektivitas	Kekeruhan (NTU)	Efektivitas	Kekeruhan (NTU)	Efektivitas
0	4,04		5,68	40,59%	4,04	
5	2,42	40,1%	2,17	46,29%	1,56	61,39%
10	2,45	39,4%	1,88	53,47%	1,8	55,45%
15	1,8	55,4%	1,97	51,24%	1,27	68,56%
20	2,35	41,8%	1,96	51,49%	1,05	74,01%
30	2,36	41,6%	1,55	61,63%	1,03	74,50%
40	2,61	35,4%	1,35	66,58%	1,08	73,27%

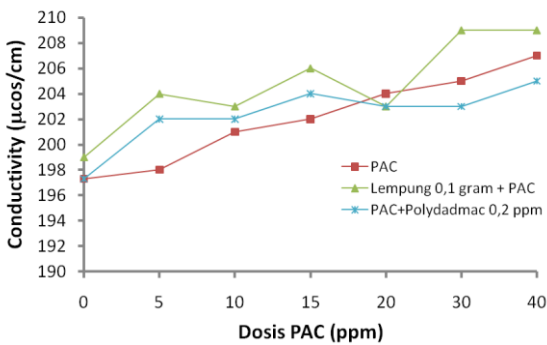


Gambar 3 Grafik Hubungan Dosis PAC, PAC + *Polydadmec* dan PAC +Lempung dengan Kekeruhan

Kekeruhan air hasil percobaan rendah, jika dibandingkan dengan Persyaratan Kualitas Air Minum Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 492/Menkes/Per/IV /2010 Kekeruhan air yang dihasilkan masih sesuai standar yaitu dibawah 5 NTU sehingga masih layak untuk dikonsumsi. Selain itu Kekeruhan yang rendah akan mengurangi beban filtrasi sehingga diharapkan intensitas *backwash* semakin kecil.

3) *Conductivity*

Percobaan penambahan dosis koagulan akan meningkatkan *Conductivity*. Data dari tiga percobaan *Jartest* disajikan kedalam grafik hubungan antara dosis PAC dengan *Conductivity* yang ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4 Grafik Hubungan Dosis PAC, PAC + *Polydadmac* dan PAC +Lempung dengan TDS

Gambar 4 menunjukkan bahwa penambahan dosis koagulan akan meningkatkan *Conductivity*. *Conductivity* akan bertambah seiring dengan bertambahnya kadar garam dalam air karena semakin banyak kadar garam di dalam air akan mempermudah air menghantar listrik. Koagulan PAC mempunyai unsur garam khusus dari senyawa aluminium klorida.

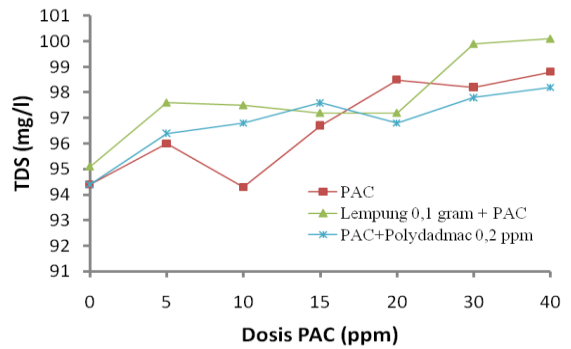
Gambar 4 menunjukkan bahwa penambahan lempung memberikan pengaruh penambahan *Conductivity* yang lebih besar dibandingkan dengan percobaan lain. Hal ini disebabkan karena lempung kaya akan kandungan mineral dan garam, sehingga ketika dicampur dalam air akan meningkat lebih besar sehingga daya hantar listriknya semakin besar.

4) TDS (*Total Dissolved Solid*)

Dari hasil percobaan diperoleh bahwa penambahan koagulan mempengaruhi TDS dalam air. Pengukuran TDS air hasil percobaan disajikan kedalam grafik hubungan antara dosis PAC dengan TDS Gambar 5.

Gambar 5 menunjukkan bahwa penambahan koagulan dalam air akan meningkatkan kadar zat terlarut dalam air. Pada proses koagulasi terjadi pencampuran bahan kimia koagulan dalam air sehingga meningkatkan nilai TDS

dalam air. Dari Gambar 5.4 diketahui bahwa penambahan lempung + PAC akan meningkatkan TDS yang paling tinggi . Hal ini disebabkan partikel lempung larut dalam air sehingga nilai meningkatkan TDS.



Gambar 5 Grafik Hubungan Dosis PAC, PAC + *Polydadmac* dan PAC +Lempung dengan TDS

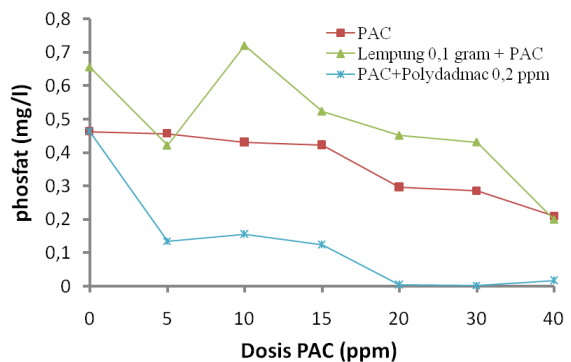
TDS yang dihasilkan sangat rendah, jika dibandingkan dengan Persyaratan Kualitas Air Minum Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 492/Menkes/Per/IV/2010 Kekeruhan air yang dihasilkan masih sesuai standar yaitu dibawah 500 mg/l sehingga masih layak untuk dikonsumsi.

5) Kadar Fosfat

Hasil pengujian kadar Fosfat data dari percobaan *Jartest* dapat dilihat pada Tabel 3 dari data tersebut kemudian digambarkan kedalam grafik hubungan antara dosis PAC dengan kadar Fosfat seperti Gambar 6 berikut.

Tabel 3 Tabel Efektivitas Penurunan Kadar Fosfat

Dosis PAC	PAC		Penambahan Lempung 0,1 gram		Penambahan <i>Polydadmac</i> 0,2 ppm	
	Fosfat (mg/L)	Efektifitas	Fosfat (mg/L)	Efektifitas	Fosfat (mg/L)	Efektifitas
Air Baku	0,4627		0,6567		0,4627	
5	0,4567	1,3%	0,4222	35,7%	0,1343	71,0%
10	0,4307	6,9%	0,7207	-9,7%	0,1557	66,3%
15	0,4227	8,6%	0,5245	20,1%	0,1243	73,1%
20	0,2964	35,9%	0,452	31,2%	0,0043	99,1%
30	0,2857	38,3%	0,4322	34,2%	0,002	99,6%
40	0,2104	54,5%	0,2004	69,5%	0,0171	96,3%



Gambar 6.5 Grafik Hubungan Dosis PAC, PAC + *Polydadmac* dan PAC +Lempung dengan Kadar Fosfat

Gambar 6 menunjukkan bahwa PAC, *Polydadmec* dan Lempung dapat menurunkan kadar Fosfat. Dari percobaan diperoleh yang paling efektif untuk menurunkan kadar Fosfat adalah kombinasi PAC dosis 30 ppm ditambahkan dengan *polydadmec* dosis 0,2 ppm. Berkurangnya kadar Fosfat diharapkan akan mengurangi pertumbuhan alga dalam IPA, sehingga pembersihan IPA akan berkurang intensitasnya dan air yang terbuang akan berkurang.

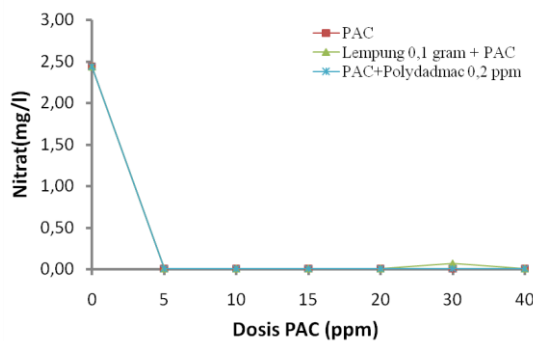
6) Kadar Nitrat

Dari hasil pengujian kadar Nitrat data dari tiga percobaan *Jartest* dapat dilihat pada Tabel 4 dari data tersebut kemudian digambarkan kedalam grafik hubungan antara dosis PAC dengan kadar Nitrat seperti Gambar 4.

Gambar 6 menunjukkan bahwa PAC, *Polydadmec* dan Lempung dapat menurunkan kadar Nitrat. Kadar Nitrat yang dihasilkan sangat rendah, jika dibandingkan dengan Persyaratan Kualitas Air Minum Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 492/Menkes/Per/IV/2010 kadar Nitrat air yang dihasilkan masih sesuai standar yaitu dibawah 3 mg/l sehingga masih layak untuk dikonsumsi. Berkurangnya kadar Nitrat diharapkan akan mengurangi pertumbuhan alga dalam IPA, sehingga pembersihan IPA akan berkurang intensitasnya dan air yang terbuang akan berkurang.

Tabel 4 Tabel Efektivitas Penurunan Kadar Nitrat

Dosis PAC	PAC		Penambahan Lempung 0,1 gram		Penambahan <i>Polydadmec</i> 0,2 ppm	
	Nitrat (mg/L)	Efektifitas	Nitrat (mg/L)	Efektifitas	Nitrat (mg/L)	Efektifitas
Air Baku	2,442		2,442		2,4420	
5	0,007	99,7%	0,0066	99,7%	0,0066	99,7%
10	0,007	99,7%	0,0066	99,7%	0,0066	99,7%
15	0,007	99,7%	0,0066	99,7%	0,0066	99,7%
20	0,007	99,7%	0,0066	99,7%	0,0066	99,7%
30	0,007	99,7%	0,066	97,3%	0,0066	99,7%
40	0,007	99,7%	0,0066	99,7%	0,0066	99,7%



Gambar 6 Grafik Hubungan Dosis PAC, PAC + *Polydadmec* dan PAC + Lempung dengan Kadar Nitrat

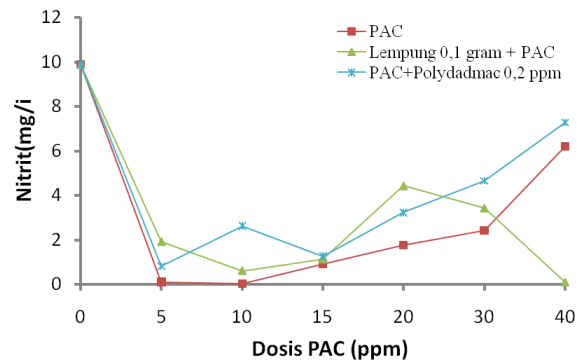
7) Kadar Nitrit

Dari hasil pengujian kadar Nitrit data dari tiga percobaan *Jartest* dapat dilihat pada Tabel 5 dari data tersebut kemudian digambarkan kedalam grafik hubungan antara dosis PAC dengan kadar Nitrit seperti gambar berikut.

Tabel 5 Tabel Efektivitas Penurunan Kadar Nitrit

Dosis PAC	PAC		Penambahan Lempung 0,1 gram		Penambahan <i>Polydadmec</i> 0,2 ppm	
	Nitrit (mg/L)	Efektifitas	Nitrit (mg/L)	Efektifitas	Nitrit (mg/L)	Efektifitas
Air Baku	9,89		6,19		9,8854	
5	0,090	99,1%	1,913	80,7%	0,807	91,8%
10	0,019	99,8%	0,606	93,9%	2,616	73,5%
15	0,900	90,9%	1,126	88,6%	1,254	87,3%
20	1,745	82,3%	4,425	55,2%	3,219	52,9%
30	2,415	75,6%	3,420	65,4%	4,660	67,4%
40	6,201	37,3%	0,090	99,1%	7,273	26,4%

Gambar 7 menunjukkan bahwa PAC, *Polydadmec* dan Lempung dapat menurunkan kadar Nitrit. Dari percobaan diperoleh yang paling efektif untuk menurunkan kadar Nitrit adalah pada dosis PAC 10 ppm dimana penurunan kadar sebesar 99,8%. Berkurangnya kadar Nitrit diharapkan akan mengurangi pertumbuhan alga dalam IPA, sehingga pembersihan IPA akan berkurang intensitasnya dan air yang terbuang akan berkurang.



Gambar 7 Grafik Hubungan Dosis PAC, PAC + *Polydadmec* dan PAC + Lempung dengan Kadar Nitrit

Kadar Nitrit yang dihasilkan ketiga percobaan, jika dibandingkan dengan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 492/Menkes/Per/IV/2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum kadar Nitrit air yang dihasilkan masih sesuai standar yaitu dibawah 50 mg/l sehingga masih layak untuk dikonsumsi. Selain itu Nitrit yang rendah akan mengurangi pertumbuhan alga pada IPA bisa berkurang sehingga intensitas pembersihan IPA akan berkurang dan air yang terbuang akan berkurang.

4. KESIMPULAN

Hasil evaluasi Unit Kogulasi dan Flokulasi IPA 30 l/s Unit Sermo diperoleh ada kriteria desain yang tidak sesuai dengan SNI 6774:2008 Tata cara perencanaan unit paket instalasi. Pada unit flokuasi diketahui terdapat

kebocoran pada bak koagulasi yang menyebabkan gradien kecepatan pada koagulasi tidak memenuhi. Pada unit flokulasi diperoleh bahwa waktu tinggal tidak memenuhi kriteria desain. Operasional dan Pemeliharaan unit koagulasi flokulasi IPA belum sepenuhnya memenuhi SNI 6775:2008.

Berdasarkan hasil pengujian penggunaan bahan flocculan aid antara PAC, kombinasi PAC dengan *Polydadmac* dan kombinasi PAC dengan Lempung diperoleh bahwa yang paling baik untuk adalah kombinasi PAC dengan *Polydadmac*. Dari hasil penelitian dosis yang paling optimum adalah PAC 30 ppm ditambah *Polydadmac* 0,2 ppm.

DAFTAR PUSTAKA

- Aziz, B. Modul 3 Koagulasi [On-line] <https://www.slideshare.net/BakryAM/modul-3-koagulasi> [24 Juni 2018]
- Balai Besar Wilayah Sungai Serayu Opak. Data pemantauan kualitas air Wasuk Sermo 2017.
- Chen J., & Luan Z., (2010). *Enhancing Fosfat e Removal By Coagulation Using Polyelectrolytes And Red Mud*. Fresenius Environmental Bulletin. PSP Volume 19 – No 10. 2010 pages 2200 – 2204.
- Droste, Ronald L., (1997). *Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment*. John Willey and Sons Inc.. USA.
- Masduqi A, (2012). *Operasi dan Proses Pengolahan Air*. ITS Press. Surabaya.
- Peraturan Menteri kesehatan RI Nomor 492/Menkes/Per/IV/2010 Tentang. Persyaratan Kualitas Air Minum, Jakarta
- Ronald L. Droste. *Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment*. John Willey and Sons Inc.. USA. 1997.
- Rustadi, (2009). *Pengendalian Eutrofikasi Perairan Waduk dengan Perikanan: Studi Kasus di Waduk Sermo*. Jurnal Aquaculture Indonesiana 10(3):199-208.
- SNI 6773:2008 Tentang Spesifikasi Unit Paket Instalasi Pengolahan Air. Bandung: BSN (Badan Standardisasi Nasional).
- SNI 6775:2008 Tata cara pengoperasian dan pemeliharaan unit paket Instalasi Pengolahan Air. Bandung: BSN.
- Wulandari, (2014). *“Kajian Kualitas Air Waduk Sermo, Desa Hargowilis, Kecamatan Kokap, Kabupaten Kulonprogo”*. Skripsi, Fakultas Geografi UGM, Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta. 2014.



Seminar Nasional Sains dan Teknologi Lingkungan III

| ISSN (Print) 2356-4938 | ISSN (Online) 2541-3880 |



Analisis Risiko K3 dengan Metode HIRARC pada Area Produksi PT. Famili Raya

Taufiq Ihsan dan Liza Fidelia

Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Andalas

KATA KUNCI

Risk analysis,
Production Area,
HIRARC,
OHS,
PT Famili Raya

KORESPONDENSI

E-mail: taufiqihsan@eng.unand.ac.id

A B S T R A C T

PT. Famili Raya is a company engaged in the plantation and rubber processing industry. PT. Famili Raya has a record of 102 occupational accidents in 2011-2015. Data collection is done by searching secondary data and distributing questionnaires. In the 7 production area subdivisions, there were 4 factors that caused the work accident which was analyzed, namely the attitude of workers, material & equipment, work environment, and work procedures. The validity of the research data was analyzed using Pearson Product Moment Correlation and also reliability with Cronbach's Alpha. The results of the study showed that 4 subdivisions were at the risk level of the low type of accident while the other 3 subdivisions, namely the weakening, weighing and drying of the air in the dryer were at the moderate risk level. Risk control that can be done is the need for OHS Management System training, the use of personal protective equipment, the need for insulation on equipment that has the risk of workplace accidents and safety signs.

1. PENDAHULUAN

Keselamatan kerja diperlukan untuk memberikan jaminan kepada tenaga kerja dalam hal kenyamanan dan keselamatan diri di lingkungan kerja. Selain itu juga keselamatan kerja berkaitan erat dengan produktivitas perusahaan. Kecelakaan kerja dapat berkurang dengan adanya penerapan keselamatan kerja yang tinggi sehingga tenaga kerja dapat lebih produktif bekerja. Oleh karena itu, keselamatan kerja bukan hanya tanggung jawab perusahaan saja, tapi juga kesadaran dan tanggung jawab tenaga kerja dan pengawasan dari pemerintah (NSAI, 2002).

Pencegahan kecelakaan dapat dilakukan dengan cara mengidentifikasi potensi risiko yang ada. Metode yang digunakan salah satunya adalah metode HIRARC (*Hazards Identification, Risk Assessment, and Risk Control*) dimana metode ini merupakan serangkaian proses untuk mengidentifikasi bahaya yang dapat terjadi baik aktivitas rutin ataupun tidak rutin di perusahaan kemudian melakukan penilaian risiko dari bahaya tersebut lalu membuat program pengendalian bahaya agar dapat meminimalisir tingkat resikonya ke tingkat yang lebih

rendah dengan tujuan mengurangi tingkat kecelakaan. Metode ini terdiri dari serangkaian implementasi Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) dimulai dengan perencanaan yang baik meliputi identifikasi bahaya, memperkirakan risiko dan menentukan langkah-langkah pengendalian berdasarkan data yang dikumpulkan dalam rangka untuk memperoleh model HIRARC komprehensif untuk kekuatan studi (Budiono, Jusuf, & Pusparini, 2003; Tarwaka, Bakri, & Sudiajeng, 2004).

PT. Famili Raya merupakan perusahaan yang bergerak dibidang industri perkebunan dan pengolahan karet, perusahaan ini juga menjadi salah satu eksportir di industri karet yang saat ini mengolah karet dari bahan baku latex, getah mangkok (cup lump), latex yang dibekukan (coagulum), dan getah tarik (tree lace) menjadi barang setengah jadi sebagai bahan baku industri ban, sepatu, peralatan medis, jok, pakaian dan lain sebagainya. Atas kinerjanya itu PT. Famili Raya sukses memperoleh penghargaan dalam program penilaian peringkat kerja perusahaan di bidang pengelolaan lingkungan hidup dan proper, perusahaan ini berhasil meraih proper biru dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia pada periode 2014-2015.

PT. Famili Raya tentu tidak lepas dari bahaya dan risiko dalam kegiatan produksi perusahaan yang setiap saat dapat mengancam kesehatan dan keselamatan dari karyawan. Bahaya dan risiko tersebut memerlukan pengendalian agar kegiatan dapat berjalan dengan baik. Pelaksanaan produksi di PT. Famili Raya sudah mematuhi peraturan terkait dalam menerapkan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3). Berdasarkan hasil dokumentasi kecelakaan di lapangan tercatat 102 kecelakaan kerja dari tahun 2011-2015 di PT. Famili Raya. Di antaranya: tergores, terbentur, memar, terluka. Perlunya peraturan dalam penerapan dan menjalankan SMK3 perusahaan berdasarkan PP nomor 50 Tahun 2012, yaitu perusahaan harus menyebarluaskan kebijakan K3 yang telah ditetapkan kepada seluruh pekerja/buruh dengan menggunakan metode analisis HIRARC diharapkan dapat mengurangi jumlah kecelakaan yang terjadi di area produksi PT. Famili Raya.

2. METODOLOGI

Data primer berdasarkan catatan K3 yang berasal dari divisi produksi. Teknik pengumpulan data primer ini dari pengumpulan kuisioner. Pengumpulan data dengan teknik kuesioner bertujuan untuk menambah informasi secara subjektif, dari 139 pekerja yang bekerja di bagian produksi, maka didapatkan jumlah kuesioner yang disebarkan sebanyak 103 kuesioner. Perhitungan jumlah kuesioner/sampel didapatkan dari penggunaan rumus Slovin. Kuesioner mengacu pada klasifikasi kecelakaan kerja (Esmiralda, Ihsan, & Zurianti, 2013).

Pekerja dikelompokkan berdasarkan usia, jenis kelamin, status perkawinan, masa kerja dan pendidikan. Selanjutnya, Pernyataan diberi kode sesuai variabelnya, untuk mempermudah pengolahan data selanjutnya (Ihsan, Tivany, & Irawan, 2016). Pernyataan dikelompokkan berdasarkan variabel dan intensitas lalu dijabarkan dalam bentuk grafik. Pernyataan responden kemudian diuji dengan Uji-t dengan tingkat kepercayaan 95%, atau taraf nyata sebesar 0,005 untuk melihat apakah ada nilai signifikansi di bawah nilai taraf nyata atau tidak, kemudian dilakukan analisis untuk melihat apakah ada pengaruhnya terhadap peningkatan kinerja. Setelah melakukan uji-t, dilakukan analisis korelasi dengan SPSS korelasi range spearman antara jabatan dan lama bekerja terhadap variabel yang nilai sig nya di bawah 0,005, selanjutnya dilakukan analisis dengan melihat kebijakan yang ada di PT. Famili Raya.

Tahapan pengolahan data terbagi atas beberapa hal sebagai berikut:

1. Uji Validitas dan Uji Reliabilitas

Pengujian ini digunakan untuk mengetahui apakah data kuesioner yang diperoleh layak digunakan sebagai objek penelitian. Pengujian dilakukan pada Program Komputer Statistik menggunakan Korelasi Pearson dan Cronbach's Alpha.

2. Identifikasi Bahaya

Metode yang dipakai untuk identifikasi bahaya adalah *Hazards Identification, Risk Assessment and Risk Control* (HIRARC). HIRARC merupakan elemen pokok dalam SMK3 yang berkaitan langsung dengan upaya pencegahan dan pengendalian bahaya. Pada pengembangan OHSAS 18001, HIRARC harus dilakukan di seluruh aktivitas organisasi untuk menentukan kegiatan organisasi yang mengandung potensi bahaya dan berdampak serius terhadap K3. Guna mengetahui nilai tingkat dampak (consequence) dan frekuensi (likelihood) (AS/NZS 4360, 1999; Worksafe Australia National Standard, 1990).

3. Analisis risiko

Tujuan melakukan analisis risiko adalah untuk membedakan antara risiko kecil dengan risiko besar dan menyediakan data untuk mengevaluasi risiko dan penanganan terhadap risiko yang mungkin terjadi. Analisis risiko dilakukan untuk memperkirakan risiko dengan mengkombinasikan faktor probabilitas atau kemungkinan dan konsekuensi dengan mempertimbangkan pengendalian yang telah dilakukan. Metode yang dipakai dalam analisis risiko adalah metode semikuantitatif. Berdasarkan metode tersebut dilakukan penilaian terhadap risiko kecelakaan kerja yang terjadi (Cooper, 2007).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Data Kecelakaan Kerja

Berdasarkan Tabel 1 dapat dilihat bahwa kejadian kecelakaan kerja terbanyak terjadi di area produksi bagian persiapan dan sortiran bahan olah sebanyak 44% kejadian kecelakaan, sementara kejadian kecelakaan kerja yang paling kecil terjadi di area produksi bagian penimbangan sebanyak 4% kejadian. Dari diagram terlihat bahwa kecelakaan kerja terbanyak pada area produksi terjadi pada bagian awal proses produksi, yaitu persiapan dan sortiran bahan serta pembersihan bahan olah. Hal ini disebabkan pada area persiapan dan sortiran bahan olah merupakan area yang tingkat aktifitas kerja paling banyak dikarenakan jumlah bahan baku yang masuk dalam jumlah besar, sehingga banyak menyebabkan kecelakaan-kecelakaan kerja seperti, tergores, terluka, terbentur serta terpeleset terjadi pada saat proses penyortiran bahan.

Tabel 1. Data Kecelakaan Kerja di Area Produksi

No	Area Produksi	Jumlah kejadian
1	Persiapan dan sortiran bahan olah	45
2	Pembersihan bahan olah	25
3	Pencampuran dan penggilingan	7
4	Pengeringan dengan udara dan dryer	6
5	Peremahan	6
6	Penimbangan	4
7	Pengemasan	9
Total		102

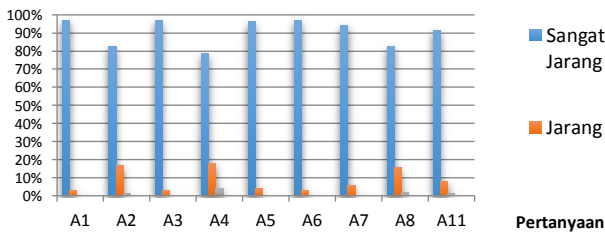
3.2. Uji Validitas dan Reliabilitas

Kuisisioner yg telah disebarakan kepada 103 pekerja PT Famili Raya kemudian dikembalikan dengan jumlah yang sama (103 pertanyaan = 100%). Dari uji validitas, didapatkan 5 pertanyaan (10,53%) yang tidak valid karena sebuah data yang valid harus memiliki nilai korelasi person yang lebih besar dari nilai koefisien product moment (r). Nilai r sebesar 0,288 didapat dari Tabel T (hasil perhitungan dapat dilihat pada lampiran D) untuk jumlah sebanyak 103 sampel. Data yang dianggap valid dan dapat digunakan pada uji reliabilitas adalah 48 pertanyaan (89,47%). Apabila nilai (r) yang didapatkan lebih kecil makan hasil dari uji validitas menjadi invalid sehingga data yg invalid tidak dapat dipergunakan.

Pengujian reliabilitas dilakukan menggunakan rumus Cronbatch’s Alpha, dimana data yang reliabel harus memiliki nilai lebih besar dari 0,6. Pengujian reliabilitas data dilakukan pada 48 pertanyaan yang telah dinyatakan valid pada uji validitas sebelumnya.

3.3. Identifikasi Bahaya Kecelakaan Kerja

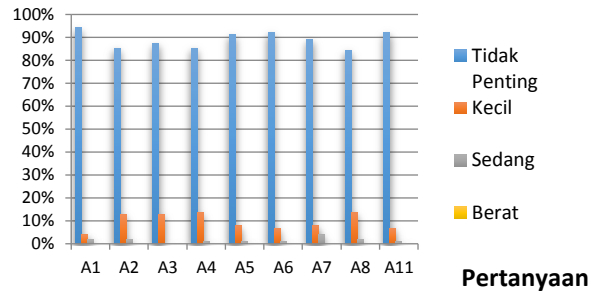
Dari hasil rekapitulasi frekuensi yang memiliki tingkat risiko dapat dilihat bahwa 5% kecelakaan yang perlu diperhatikan pada PT. Famili Raya adalah kecelakaan seperti tersayat/tergores oleh peralatan kerja pada (A4), sedangkan kecelakaan dibawah 5% yang perlu diperhatikan (A2 = terpeleset karena lantai licin, A8 = cedera menangani objek berat). Sisanya sangat jarang terjadi dengan persentase di atas 10% diantaranya (A4 = tersayat oleh peralatan kerja, A2 = terpeleset karena lantai licin, A8 = cedera menangani objek berat). Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Rekapitulasi Frekuensi

Dampak yang ditimbulkan secara menyeluruh tergolong kecil kerana masih bisa ditindaklanjuti bagaimana cara pencegahannya. Namun, tingkat kecelakaan yang berada di bawah 10% perlu ditindak lanjuti dengan melakukan

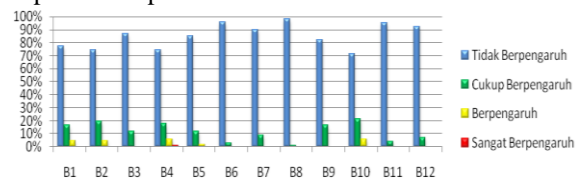
pencegahan seperti pada jenis kecelakaan (A2 = terpeleset karena lantai licin, A4 = tergores peralatan kerja, A8 = cedera akibat menangani objek berat). Untuk lebih jelas dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Rekapitulasi Dampak

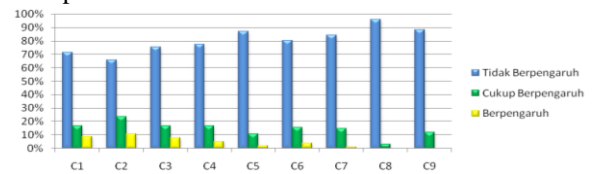
3.4. Identifikasi Faktor Penyebab Kecelakaan Kerja

Sebelum penilaian risiko, dilakukan terlebih dahulu identifikasi faktor penyebab kecelakaan kerja. Diantaranya Sikap, Lingkungan, Peralatan serta tata cara kerja (Ihsan & Salami, 2015). Dari hasil rekapitulasi faktor sikap pekerja ini dapat disimpulkan bahwa pada PT. Famili Raya yang paling tinggi risikonya yaitu mengalami kelelahan akibat bekerja (B4) sangat berpengaruh, dan beberapa faktor lainnya yang tergolong berpengaruh (B1 = Kurangnya pengetahuan tentang pekerjaan, B2 = belum memiliki cukup pengalaman, B10 = ukuran tingkat gaji yang kurang), untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 3.



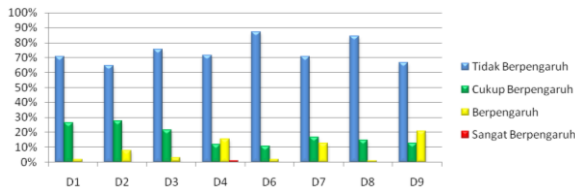
Gambar 3. Rekapitulasi Faktor Sikap Pekerja

Rekapitulasi Faktor Peralatan dan Material memiliki beberapa faktor yang mempengaruhi dan yang paling tinggi tingkat risiko kecelakaan disebabkan oleh jumlah APD yang tidak cukup (C2), selain itu juga ada beberapa faktor lain yang berpengaruh seperti mesin peralatan yang kurang dilengkapi pengaman (C1), kualitas APD yang tidak memenuhi standar (C3), mesin peralatan yang sudah ketinggalan zaman (C4). Hasil identifikasi faktor peralatan dan material pada proses pengemasan dapat dilihat pada Gambar 4.



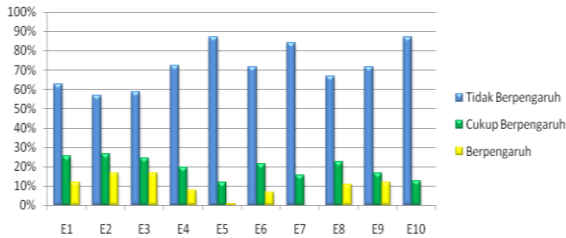
Gambar 4. Rekapitulasi Faktor Peralatan dan Material

Hasil identifikasi faktor peralatan dan material pada proses pengemasan dapat dilihat pada Gambar 5



Gambar 5. Rekapitulasi Faktor Lingkungan Kerja

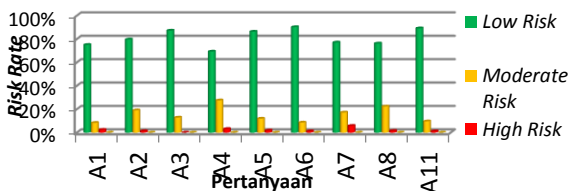
Hasil rekapitulasi faktor tata cara dapat dilihat pada gambar berikut, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Rekapitulasi Faktor Tata Cara Kerja

3.5. Penilaian Risiko (Risk Assesment)

Dari hasil rekapitulasi penilaian risiko ini dapat dilihat bahwa dibawah 10% kecelakaan yang tergolong high risk adalah terjepit pada sebuah objek (A7), dan lebih dari 30% kecelakaan yang termasuk pada moderate risk disebabkan oleh tersayat, tertusuk, dan tergores peralatan kerja (A4). Maka dapat disimpulkan bahwa jenis kecelakaan yang perlu diperhatikan oleh PT. Famili Raya adalah tersayat, tertusuk, dan tergores peralatan kerja. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 7



Gambar 7. Rekapitulasi Penilaian Risiko (Risk Assesment) Pada Jenis Kecelakaan

3.6. Pengendalian Risiko (Risk Control)

Berdasarkan hasil evaluasi risiko dapat diterapkan beberapa pengendalian risiko pada PT Famili Raya seperti berikut:

1. Rekayasa/engineering, seperti :
 - a. Memberi sekat pengaman untuk proses produksi yang tergolong berbahaya;
 - b. Mengubah desain tempat kerja, peralatan, atau proses kerja untuk mengurangi tingkat risiko;
 - c. Member rambu peringatan.
2. Pengendalian administratif, seperti:
 - a. Mencegah pekerja dari kejenuhan, kelelahan dan kehilangan konsentrasi dengan cara mengontrol jam kerja pekerja atau pergantian shift kerja;
 - b. Memberi pelatihan dan penyuluhan tentang penggunaan mesin dan peralatan yang aman dengan

prosedur kerja yang standar secara rutin dan terus menerus setiap beberapa waktu, misalkan sekali 3 bulan;

- c. Melakukan briefing tentang keselamatan kerja dengan karyawan sebelum memulai suatu pekerjaan;
- d. Memberi rambu peringatan.

3. Alat pelindung diri, untuk jenis risiko:

- a. Terluka / tersayat, tertusuk dan tergores
Alat pelindung diri dari bahaya terluka / tersayat, tertusuk dan tergores dapat berupa penggunaan pelindung pada bagian tubuh yang rentan terhadap risiko tersayat peralatan kerja seperti sarung tangan pelindung tangan yang tahan terhadap irisan pisau seperti pada Gambar 5.60 dan safety boot untuk melindungi kaki yang kejatuhan peralatan/material.
- b. Terpeleset
Bahaya terpeleset dapat dihindari dengan memakai sepatu anti slip saat bekerja pada lingkungan kerja yang berisiko terpeleset.

4. KESIMPULAN

Identifikasi bahaya pada keselamatan pekerja pada 7 area produksi terdapat 4 potensi bahaya antara lain bahaya yang disebabkan oleh tersayat, tertusuk, terjepit dan tergores peralatan kerja. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pekerja yang berada di area produksi belum sepenuhnya mengetahui bahaya yang ada di area produksi, mereka hanya mengutarakan bahaya yang sering terjadi, maka pada area yang mengalami kecelakaan kerja diwajibkan menggunakan perlengkapan APD seperti sarung tangan, safety shoes, helm pengaman, rambu peringatan agar dapat terhindar/mengurangi potensi terjadinya kecelakaan kerja.

Hasil identifikasi faktor penyebab kecelakaan kerja adalah berpengaruh dengan keterangan sebagai berikut:

- a. Sikap Pekerja: kelelahan, kurang pengetahuan, kurang pengalaman kerja dan ukuran tingkat gaji yang buruk ;
- b. Peralatan dan Material: mesin dan peralatan kerja kurang dilengkapi dengan mekanisme pengamanan yang baik, jumlah APD yang tidak memenuhi, kualitas APD tidak memenuhi standar serta mesin dan peralatan yang sudah ketinggalan zaman;
- c. Lingkungan Kerja: kurangnya ventilasi, tumpukan material yang kotor, permukaan lantai yang tidak rata/licin;
- d. Tata Cara Kerja: kurangnya pelatihan tentang prosedur kerja, kurangnya petunjuk teknis pengoperasian alat, tidak memiliki prosedur kerja yang standar dan kurangnya fasilitas keselamatan.

Secara umum hasil penilaian risiko kecelakaan kerja pada PT. Famili Raya berada pada kategori low.

Beberapa pengendalian risiko yang dapat diterapkan pada PT. Famili Raya adalah:

- a. Perlunya pelatihan SMK3;
- b. Alat pelindung diri;
- c. Rekayasa/engineering;
- d. Sekat pada peralatan yang memiliki risiko kecelakaan kerja;
- e. Rambu-rambu K3

DAFTAR PUSTAKA

- AS/NZS 4360. (1999). Risk management AS/NZS 4360: 1999, 44. <https://doi.org/AS/NZS 4360>
- Budiono, A. M. S., Jusuf, R. M. ., & Pusparini, A. (2003). *Bunga Rampai Hiperkes Dan KK, Higiene Perusahaan, Ergonomi, Kesehatan Kerja, Keselamatan Kerja* (second edi). Semarang: Badan Penerbit Universitas Diponegoro.
- Cooper, D. F. (2007). *Tutorial Notes" the Australian and New Zealand Standard on Risk Management, As/Nzs 4360:2004. Broadleaf capital international.*
- Esmiralda, E., Ihsan, T., & Zurianti, M. (2013). Risk Assessment of Work Safety of Enumeration, Creeping, Weighing and Pressing Unit. In *Penelitian Masalah Lingkungan di Indonesia* (pp. 259–267).
- Ihsan, T., & Salami, R. S. (2015). Hubungan Antara Bahaya Fisik Lingkungan Kerja Dan Beban Kerja Dengan Tingkat Kelahan. *Dampak Jurnal Teknik Lingkungan UNAND*, 10–16.
- Ihsan, T., Tivany, E., & Irawan, R. O. (2016). Analisis Risiko K3 Dengan Metode Hirarc Pada Area Produksi Pt Cahaya Murni Andalas Permai. *Jurnal Kesehatan Masyarakat Andalas*, 10(2), 179–185. <https://doi.org/10.24893/jkma.10.2.179-185.2016>
- NSAI. (2002). OHSAS 18001 Background.
- Tarwaka, Bakri, S. H. A., & Sudiajeng, L. (2004). *Ergonomi untuk Keselamatan, Kesehatan Kerja dan Produktivitas.*
- Worksafe Australia National Standard. (1990). Workplace injury and disease recording standard. *Australian Standard*, 1–32.



Seminar Nasional Sains dan Teknologi Lingkungan III

| ISSN (Print) 2356-4938 | ISSN (Online) 2541-3880 |



Potensi Pemanfaatan Abu Vulkanik Gunung Sinabung sebagai Campuran Briket

Isra' Suryati, Ria Yulia, Wietia Musari

Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara, Medan, 20155, Indonesia

KATA KUNCI

abu vulkanik,
bencana,
briket,
bottom ash,
tempurung kelapa

KORESPONDENSI

E-mail: isratl@usu.ac.id

A B S T R A C T

Mount Sinabung is one of the active mountains in the province of North Sumatra. Mount Sinabung does not stop erupting from 2013 to early 2018 which emits lava and volcanic ash. The existence of Mount Sinabung volcanic ash is not only a natural disaster but can be a new alternative energy source in the form of briquettes. In this study, the potential utilization of Mount Sinabung volcanic ash as a mixture of bottom ash waste briquettes from the power plant and coconut shell activities will be studied. Coconut shell, bottom ash and volcanic ash briquettes from Mount Sinabung are made in 5 (five) composition variations from the total weight of briquettes. The parameters to be tested are moisture content, ash content, volatile content, compressive strength, heating value and emissions of carbon monoxide (CO). The results showed that the best variations to be used as briquettes were coconut shell composition (60%), bottom ash (35%) and volcanic ash (5%) of the total weight of briquettes. The water content for this briquette variation is 0.48%, ash content is 8.4%, volatile content is 1.86%, compressive strength is 32.806 kg / cm², heating value is 5.055 Kkal / kg and carbon monoxide (CO) of 24.02 mg / Nm³.

1. PENDAHULUAN

Cadangan sumber bahan bakar dunia yang berasal dari fosil termasuk Indonesia semakin hari semakin menurun. Jumlah cadangan minyak bumi Indonesia hanya sekitar 0,2% dari total cadangan minyak bumi di dunia, sedangkan sumber daya batubara Indonesia sampai dengan tahun 2015 sebesar 127 miliar ton batubara, sedangkan cadangan batubara sebesar 32,3 miliar ton. Apabila dibandingkan dengan neraca tahun 2014, terdapat kenaikan sumber daya batubara sebesar 1,8 miliar ton, sedangkan cadangan batubara pada tahun 2015, mengalami penurunan sebesar 5,33 juta ton (Kementrian Energi dan Sumberdaya Mineral, 2016).

Selain minyak dan gas bumi, di Indonesia sebenarnya masih cukup banyak tersedia alternatif sumber energi lainnya, seperti batubara, panas bumi, angin, dan energi matahari. Dari beberapa alternatif tersebut, bahan bakar batubara yang paling besar dieksploitasi sebagai sumber energi alternatif. Sayangnya, sama seperti minyak bumi dan gas alam, dengan penggunaan secara besar-besaran

seperti sekarang ini, beberapa puluh tahun mendatang cadangan sumber batubara juga akan menyusut. Hal ini terjadi karena batubara termasuk bahan bakar fosil yang tidak dapat diperbarui (Vachlepi dan Didin, 2013).

Menurut Gunawan, dkk (2015) penggunaan energi alam harus diimbangi dengan penyediaan sumber energi alternatif yang terbarukan, jumlahnya melimpah, harga yang murah, serta ramah lingkungan. Salah satu energi alternatif pengganti bahan bakar minyak adalah briket.

Briket merupakan gumpalan yang terbuat dari bahan lunak yang dikeraskan. Faktor-faktor yang mempengaruhi sifat briket arang adalah jenis serbuk arang, kehalusan serbuk, suhu karbonasi dan tekanan pengempaan. Sedangkan syarat briket yang baik adalah briket yang permukaannya halus dan tidak meninggalkan bekas hitam di tangan (Risna, 2016).

Menurut Maryono, dkk (2013) mutu briket yang baik adalah briket yang memenuhi standar mutu agar dapat digunakan sesuai keperluannya. Sifat-sifat penting dari

briket yang mempengaruhi kualitas bahan bakar adalah sifat fisik dan kimia seperti kadar air, kadar abu, kadar zat yang hilang pada pemanasan 950°C, dan nilai kalor. Kadar air, kadar abu, dan kadar zat yang hilang pada pemanasan 950°C diharapkan serendah mungkin, sedangkan nilai kalor diharapkan setinggi mungkin. Mutu briket juga dipengaruhi oleh keberadaan perekat dalam briket baik jumlah maupun jenis perekat serta cara pengujian yang digunakan.

Bahan bakar batubara di PLTU menghasilkan limbah fly ash dan bottom ash. Bottom ash adalah abu hasil pembakaran batubara yang memiliki massa lebih berat dibandingkan dengan fly ash, sehingga bottom ash langsung turun menuju bagian bawah boiler setelah terjadi pembakaran batubara (Gunawan, dkk., 2015).

Bottom ash adalah bahan buangan dari proses pembakaran batubara pada pembangkit tenaga listrik yang mempunyai ukuran partikel lebih besar dan lebih berat dari fly ash, sehingga bottom ash akan jatuh pada dasar tungku pembakaran (boiler) dan terkumpul pada penampung debu (ash hopper). Bottom ash mempunyai karakteristik fisik berwarna abu-abu gelap, berbentuk butiran, berporos, dan mempunyai ukuran butiran antara pasir hingga kerikil.

Komposisi kimia dari bottom ash sebagian besar terdiri dari silika (Si), alumina (Al), dan besi (Fe), dengan sedikit magnesium (Mg), kalsium (Ca), sulfat (S), natrium (Na), dan unsur kimia lain (Suanita, 2012).

Potensi lokal lainnya yang bisa dimanfaatkan adalah bahan organik yang berasal dari sisa hasil perkebunan, seperti tempurung kelapa dapat dimanfaatkan sebagai sumber alternatif bahan bakar berupa briket. Sumber energi biomassa mempunyai beberapa kelebihan antara lain merupakan sumber energi yang dapat diperbaharui (renewable), sehingga dapat menyediakan sumber energi secara berkesinambungan (sustainable) (Slamet, dkk, 2015).

Tempurung kelapa dikategorikan sebagai kayu keras tetapi mempunyai kadar lignin yang lebih tinggi dan kadar selulosa lebih rendah dengan kadar air sekitar 6-9% (dihitung berdasarkan berat kering) dan terutama tersusun dari lignin, selulosa dan hemiselulosa (Tilman dalam Pranata, 2008).

Apabila tempurung kelapa dibakar pada temperatur tinggi dalam ruangan yang tidak berhubungan dengan udara maka akan terjadi rangkaian proses penguraian penyusun tempurung kelapa tersebut dan akan menghasilkan arang. Arang memberikan kalor pembakaran yang lebih tinggi dan asap yang lebih sedikit (Kemal dalam Arni, dkk, 2014).

Abu vulkanik merupakan bahan material vulkanik jatuhnya yang disemburkan ke udara pada saat terjadi letusan. Secara umum komposisi abu vulkanik terdiri atas silika. Bahan letusan gunung api yang berupa padatan dapat disebut sebagai bahan piroklastik (pyro = api, klastik = bongkahan). Bahan padatan ini berdasarkan diameter partikelnya terbagi atas debu vulkan (< 0.26 mm) yang berupa bahan lepas dan halus, pasir (0.25 – 4 mm) yang lepas dan tumpul, lapilli atau little stone (4 – 32 cm) yang berbentuk bulat hingga persegi dan bom (> 32 mm) yang bertekstur kasar (Sinaga, dkk, 2015). Pada penelitian ini, abu vulkanik digunakan sebagai bahan campuran pembuatan briket.

Menurut Balitbangtan (2014), hasil analisis abu vulkanik Sinabung mengandung unsur S berkisar antara 0,05-0,32 %, Fe berkisar antara 0,58-3,1 %, Pb berkisar antara 1,5-5,3 %, sedangkan untuk kandungan logam berat seperti Cd, As, Ag dan Ni tidak terdeteksi ataupun sangat rendah sehingga tidak membahayakan.

Menurut Slamet, dkk (2016) campuran tempurung kelapa dan bottom ash dengan perbandingan 70% : 30% menghasilkan nilai karbon sebesar 97,29%, kadar air sebesar, 4,71%, dan kadar abu sebesar, 62,12%. Proses karbonisasi pada bahan baku bio-briket mampu menurunkan persentase senyawa berbahaya, khususnya SOx yang terkandung dalam limbah batubara.

Penelitian terdahulu mengenai karakteristik dari tiap-tiap komposisi perlakuan briket menunjukkan bahwa semakin meningkatnya proporsi penggunaan bottom ash sebagai bahan baku campuran briket mampu meningkatkan kalor, kadar air, dan kadar abu sesuai dengan yang ditetapkan. Hasil perbandingan bottom ash dan plastik High Density Polyethylene (HDPE) 4:1 dengan nilai kalor 5.352,6 kal/g, kadar abu sebesar 13,58%, dan kadar air sebesar 15,56% (Nirwan, dkk, 2016).

Hasil uji Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT) menunjukkan pembakaran 1 kg briket selama 2-3 jam hanya menghasilkan tingkat emisi karbon monoksida (CO) rata-rata 106 ppm. Sementara minyak tanah 250-390 ppm, atau tiga kali lipatnya. Biobriket batubara juga hanya menciptakan emisi nitrogen monoksida (NO) dengan konsentrasi amat kecil karena tidak dibakar dalam temperatur yang tinggi. Sementara tingkat emisi sulfur dioksida (SO₂) briket rata-rata di bawah satu persen, angka yang aman untuk kesehatan, mengingat kandungan sulfur batu bara Indonesia rendah (Gunawan, dkk., 2015).

Untuk mengatasi permasalahan limbah dari PLTU dan abu vulkanik, maka akan dimanfaatkan sebagai bahan bakar alternatif berupa briket dengan campuran tempurung

kelapa berasal dari hasil usaha buah kelapa masyarakat di sekitar PLTU Pangkalan Susu.

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah menentukan variasi campuran terbaik antara bottom ash, tempurung kelapa, dan abu vulkanik menjadi briket dengan menganalisis parameter kadar air, kadar abu, kadar volatil, kuat tekan, nilai kalor dan kadar karbon monoksida (CO).

2. METODOLOGI

2.1. Lokasi Penelitian

Pengambilan sampel dilakukan di Desa Tanjung Pasir, Kecamatan Pangkalan Susu, Kabupaten Langkat, Sumatera Utara. Wilayah studi yang menjadi studi kasus peneliti yaitu PLTU Pangkalan Susu. Alasan peneliti memilih wilayah studi di PLTU Pangkalan Susu dikarenakan limbah yang dihasilkan dari pembakaran batubara berupa fly ash dan bottom ash tidak dikelola oleh pihak PLTU Pangkalan Susu, sehingga penulis memanfaatkan limbah bottom ash untuk dijadikan briket.

Campuran briket lainnya yaitu tempurung kelapa diperoleh dari pengumpul kelapa yang bersumber dari berbagai usaha masyarakat Pangkalan Susu yang menghasilkan limbah tempurung kelapa.

Sementara itu untuk abu vulkanik Gunung Sinabung diperoleh dengan cara pengambilan langsung yang berada pada permukaan tanah. Jarak pengambilan abu vulkanik 3 km dari Gunung Sinabung di desa Guru Kinayan, Kecamatan Payung, Kabupaten Karo, Sumatera Utara.

2.2. Metode Pengumpulan Data

Data sekunder adalah data yang mendukung penelitian. Data sekunder yang dibutuhkan untuk penelitian ini adalah jumlah bottom ash yang dihasilkan setiap hari dari proses produksi PLTU Pangkalan Susu, jumlah usaha masyarakat yang menghasilkan limbah tempurung kelapa, dan hasil uji kandungan abu vulkanik Gunung Sinabung.

Data primer adalah data yang diperoleh dari observasi serta pengambilan gambar dan dokumentasi. Data primer yang digunakan pada penelitian ini adalah berdasarkan hasil uji proksimat bahan baku dan produk, serta uji nilai kalor, kuat tekan dan uji emisi CO pada briket.

2.3. Metode Analisis Data

Tahapan analisis data briket campuran bottom ash PLTU, tempurung kelapa dan abu vulkanik Gunung Sinabung adalah:

1. Proses pembuatan briket
 - a. Pencampuran Bahan Baku

Bahan baku seperti tempurung kelapa, bottom ash PLTU Pangkalan Susu dan abu vulkanik Gunung Sinabung dicampur secara merata sesuai dengan rasio perbandingan 50%:45%:5% ; 55%:40%:5% ; 60%:35%:5% ; 70%:25%:5% ; 80%:15%:5%.

- b. Pencetakan Briket

Hasil adonan briket diletakkan pada cetakan dengan ukuran panjang 38 mm, lebar 26 mm dan tinggi 18 mm, kemudian dipadatkan.

- c. Pengeringan Briket

Briket arang yang dihasilkan kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 120°C selama 4 jam. Hal ini bertujuan untuk menurunkan nilai kadar air yang terdapat di dalam briket. Setelah briket selesai dikeringkan langkah selanjutnya yaitu memasukkan ke dalam desikator selama kurang lebih 30 menit.

- d. Pengemasan Briket

Briket yang telah dikeringkan dikemas dalam kantong plastik dan ditutup rapat untuk menjaga agar briket tetap dalam keadaan kering. Pengemasan dilakukan dengan menggunakan plastik yang kedap udara. Briket siap diuji

2. Proses pengujian laboratorium mutu briket

- a. Penentuan Kadar Air

Kadar air briket dapat ditentukan dengan cara menimbang cawan porselin kosong kemudian sampel briket dimasukkan ke cawan sebanyak 10 gram. Sampel diratakan dan dimasukkan ke dalam oven yang telah diatur suhunya sebesar 105°C selama 3 jam. Cawan dikeluarkan dari oven dan didinginkan dalam desikator kemudian ditimbang bobotnya.

- b. Penentuan Kadar Abu

Kadar abu briket dapat ditentukan dengan cara menimbang cawan porselin kosong kemudian sampel briket dimasukkan ke cawan sebanyak 10 gram. Sampel diratakan dan dimasukkan ke dalam oven yang telah diatur suhunya sebesar 800°C selama 2 jam. Cawan dikeluarkan dari oven dan didinginkan dalam desikator kemudian ditimbang bobotnya

- c. Penentuan Kadar Volatil

Kadar volatil briket dapat ditentukan dengan cara menimbang cawan porselin kosong kemudian sampel briket dimasukkan ke cawan sebanyak 10 gram. Sampel diratakan dan dimasukkan ke dalam oven yang telah diatur suhunya sebesar 950°C, setelah suhu tercapai cawan dikeluarkan dari furnace dan didinginkan dalam desikator kemudian ditimbang bobotnya.

- d. Nilai Kalor

Pengukuran nilai kalor dilakukan di laboratorium dengan alat bomb calorimeter IKA C 6000.

- e. Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan dilakukan di laboratorium dengan alat Maekawa Testing Machine. Prinsip pengujian kuat tekan adalah dengan memberikan penekanan sampai briket pecah

f. Emisi Karbon Monoksida (CO)

Pengujian emisi CO disesuaikan dengan Standar Nasional Indonesia 19- 7117.10- 2005 mengenai emisi gas buang-sumber tidak bergerak- bagian 10: cara uji konsentrasi CO, CO₂, dan O₂ dengan peralatan analisis otomatis yaitu alat gas analyser E4500 Quick Guide .

Hasil analisa laboratorium mutu briket dibandingkan dengan Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral, No. 47 Tahun 2006, tentang pedoman pembuatan dan pemanfaatan briket batubara dan bahan bakar padat berbasis batubara dan SNI 01-6235-2000 tentang standar mutu briket arang kayu.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

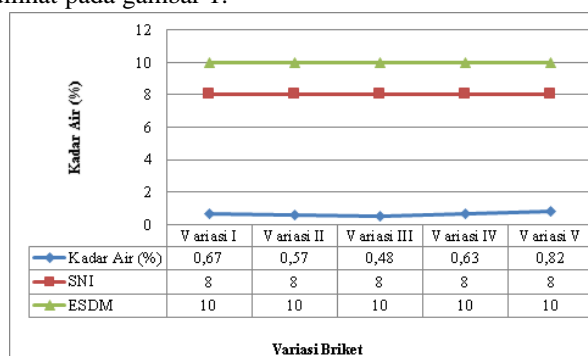
Pada penelitian ini terdapat lima variasi briket yaitu:

- Variasi I: tempurung kelapa : bottom ash : abu vulkanik Sinabung = 50%:45%:5% ;
- Variasi II: tempurung kelapa : bottom ash : abu vulkanik Sinabung = 55%:40%:5% ;
- Variasi III: tempurung kelapa : bottom ash : abu vulkanik Sinabung = 60%:35%:5% ;
- Variasi IV: tempurung kelapa : bottom ash : abu vulkanik Sinabung = 70%:25%:5% ;
- Variasi V: tempurung kelapa : bottom ash : abu vulkanik Sinabung = 80%:15%:5%

Pengujian yang dilakukan pada kelima variasi briket antara lain uji kadar air, kadar abu, volatile matter, nilai kalor, kuat tekan, dan uji emisi Karbon Monoksida (CO).

3.1. Hasil Pengujian Kadar Air Briket

Hasil pengujian kadar air briket dibandingkan dengan SNI 01-6235-2000 tentang standar mutu briket arang kayu dengan nilai sebesar 8 % dan Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No. 47 Tahun 2006 tentang Pedoman Pembuatan dan Pemanfaatan Briket Batubara dan Bahan Bakar Padat Berbasis Batubara, dengan baku mutu > 10%. Grafik hasil pengujian kadar air briket dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Hasil Pengujian Kadar Air Briket (%)

Uji analisis kadar air penelitian ini pada briket tempurung kelapa, bottom ash, dan abu vulkanik menunjukkan rendahnya kadar air yang terkandung dalam briket. Kadar air yang rendah dalam briket akan berpengaruh terhadap kualitas briket, semakin rendah kadar air yang terkandung maka nilai kalor briket akan semakin tinggi.

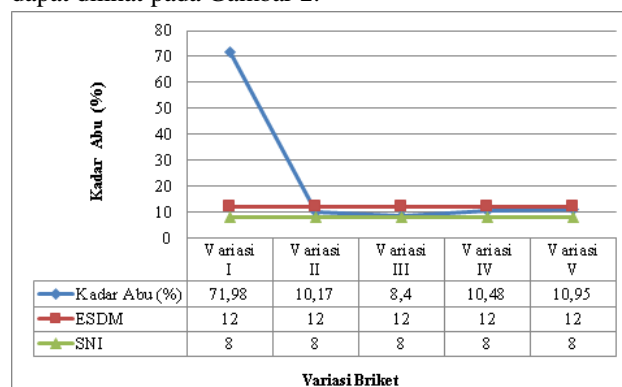
Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Ramadhani, dkk (2013) yang menyatakan kadar air briket dipengaruhi oleh jenis bahan baku, jenis perekat, dan metode pengujian yang digunakan dimana pada penelitian ini menggunakan metode karbonisasi. Proses karbonisasi pada penelitian ini menggunakan furnace dengan suhu 350oC selama lebih kurang 1 jam, dimana dengan melakukan proses karbonisasi dapat menghasilkan nilai kalor yang tinggi.

Pada peneliian yang dilakukan Maryono, dkk (2013) kadar air sangat mempengaruhi kualitas briket arang yang dihasilkan. Semakin rendah kadar air maka nilai kalor dan daya pembakaran akan semakin tinggi dan sebaliknya semakin tinggi kadar air maka nilai kalor dan daya pembakaran akan semakin rendah.

Pada penelitian ini dengan menggunakan metode karbonisasi dapat meningkatkan nilai kalor dan menurunkan kadar air, sehingga hasil dari kelima variasi briket sudah memenuhi standar SNI 01-6235-2000 dan Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No. 47 Tahun 2006 tentang Pedoman Pembuatan dan Pemanfaatan Briket Batubara dan Bahan Bakar Padat Berbasis Batubara.

3.2. Hasil Pengujian Kadar Abu Briket

Hasil pengujian kadar abu dibandingkan dengan SNI 01-6235-2000 tentang standar mutu briket arang kayu dengan nilai sebesar 8 % dan Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No. 47 Tahun 2006 tentang Pedoman Pembuatan dan Pemanfaatan Briket Batubara dan Bahan Bakar Padat Berbasis Batubara, dengan nilai sebesar 10 - 12%. Grafik hasil pengujian kadar abu briket dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Hasil Pengujian Kadar Abu Briket (%)

Dapat dilihat pada Gambar 2, hasil pengujian kadar abu yang di peroleh berbeda-beda, dimana briket variasi I tidak memenuhi Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No. 47 Tahun 2006 tentang Pedoman Pembuatan dan Pemanfaatan Briket Batubara dan Bahan Bakar Padat Berbasis Batubara dengan baku mutu 10 - 12%, sedangkan untuk kelima variasi briket tidak memenuhi dengan SNI 01-6235-2000 tentang standar mutu briket arang kayu dengan nilai sebesar 8 % .

Penentuan kadar abu dimaksudkan untuk mengetahui bagian yang tidak terbakar yang sudah memiliki unsur karbon lagi setelah briket dibakar. Kadar abu sebanding dengan kandungan bahan anorganik yang terdapat pada briket. Kandungan anorganik yang terdapat pada briket berasal dari tepung kanji dan tempurung kelapa seperti silika (SiO₂), MgO dan Fe₂O₃, AlF₂, MgF₂, dan Fe (Maryono, dkk, 2013).

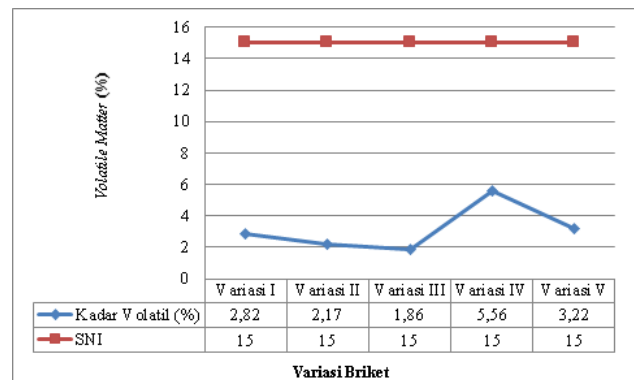
Pada penelitian Widiyanti (2016), hasil uji nilai kadar abu briket arang sekam padi dan tempurung kelapa rata-rata 25,03% untuk tempurung kelapa dan 41,32% untuk sekam padi. Kadar abu sekam padi yang hampir dua kali lipat dari tempurung kelapa disebabkan karena pada sekam padi terdapat zat abu yang tinggi (17,7%), dan juga terdapat zat silica (16,98%). Silica adalah salah satu zat penyusun pada sekam padi.

Pada penelitian ini, kenaikan kadar abu pada masing-masing variasi briket disebabkan karena kandungan silika yang terdapat pada bottom ash dan abu vulkanik. Tingginya kadar bottom ash maka semakin besar kadar abu yang dihasilkan. Selain itu kadar abu juga dipengaruhi oleh tingginya kandungan organik pada tempurung kelapa serta penambahan perekat dari bahan tepung kanji.

Bahan perekat memberikan penambahan abu pada briket, namun bahan perekat harus tetap digunakan karena briket yang tidak menggunakan bahan perekat kerapatannya rendah sehingga briket akan mudah hancur. Kadar abu yang tinggi akan menimbulkan kerak serta dapat menurunkan kualitas briket yang dihasilkan karena dapat menyebabkan turunnya nilai kalor dan laju pembakaran dari briket (Maryono, dkk, 2013).

3.3. Hasil Pengujian volatile matter Briket

Perbandingan hasil uji volatile matter briket dengan SNI 01-6235-2000 tentang standar mutu briket arang kayu dengan nilai sebesar 8 % dan Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No. 47 Tahun 2006 tentang Pedoman Pembuatan dan Pemanfaatan Briket Batubara dan Bahan Bakar Padat Berbasis Batubara dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Hasil Pengujian volatile matter Briket (%)

Berdasarkan Gambar 3, hasil pengujian volatile matter briket dari kelima variasi memiliki volatile matter yang berbeda-beda, dimana pada briket variasi III (60% : 35% : 5%) bernilai paling rendah diantara kelima variasi yaitu sebesar 1,86%, sedangkan nilai volatile matter tertinggi diantara lima variasi yaitu briket variasi IV (70% : 25% : 5%) sebesar 5,56%. Hasil pengujian volatile matter dibandingkan dengan SNI 01-6235-2000 tentang standar mutu briket arang kayu dengan nilai sebesar 15 %. Hasil kelima variasi briket tersebut sudah sesuai dengan SNI 01-6235-2000 dengan nilai 15%.

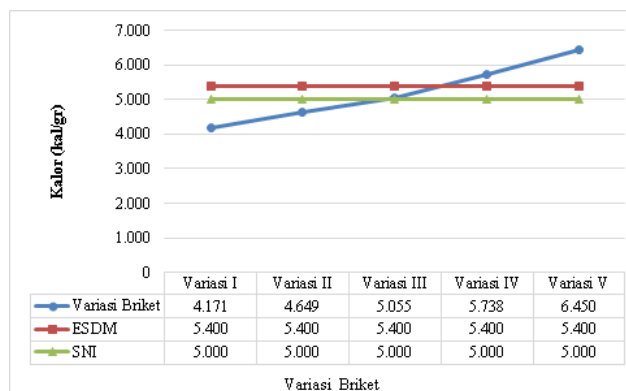
Tinggi rendahnya kadar zat mudah menguap briket arang di pengaruhi oleh suhu dan lamanya proses pengarang, semakin tinggi suhu dan lamanya proses karbonisasi menyebabkan penguapan terjadi pada zat mudah menguap semakin besar sehingga menguap yang rendah (Badri dalam Widiyanti, 2016).

Pada penelitian Indriyani, dkk (2013) karbonisasi dilakukan dengan suhu 350 oC selama lebih kurang 1 jam saat karbonisasi. Pada penelitian ini suhu dan waktu karbonisasi dengan suhu 350°C sehingga kadar zat mudah menguap briket memenuhi standar briket. Saat proses pembakaran briket, asap yang dikeluarkan tidak berwarna pekat melainkan berwarna putih, dan juga tidak mengeluarkan bau yang menyengat.

3.4. Hasil Pengujian Nilai Kalor Briket

Hasil pengujian nilai kalor briket untuk kelima variasi briket dapat dilihat pada Gambar 4.

Berdasarkan Gambar 4, nilai kalor dari kelima variasi briket yang sesuai dengan Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No. 47 Tahun 2006 tentang Pedoman Pembuatan dan Pemanfaatan Briket Batubara dan Bahan Bakar Padat Berbasis Batubara sebesar 5000-5400 kkal/gr adalah briket variasi III sebesar 5055 kal/gr, sedangkan pada SNI 01-6235-2000 sebesar 5000 kal/g yang memenuhi adalah briket variasi I dan II sebesar 4.171 kal/g dan 4.649 kal/g.



Gambar 4. Hasil Pengujian Nilai Kalor Briket

Pada penelitian ini semakin banyak komposisi tempurung kelapa maka semakin tinggi nilai kalor yang diperoleh. Nilai kalor tertinggi briket variasi kelima disebabkan karena pada komposisi briket 80% arang tempurung kelapa, juga pada tempurung kelapa terlebih dahulu dilakukan proses karbonisasi.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Untoro dalam Indriyani, dkk, (2015) bahwa perlakuan karbonisasi terlebih dahulu yang dilakukan mampu meningkatkan nilai kalor, sedangkan pada briket variasi pertama kandungan arang tempurung kelapa lebih sedikit.

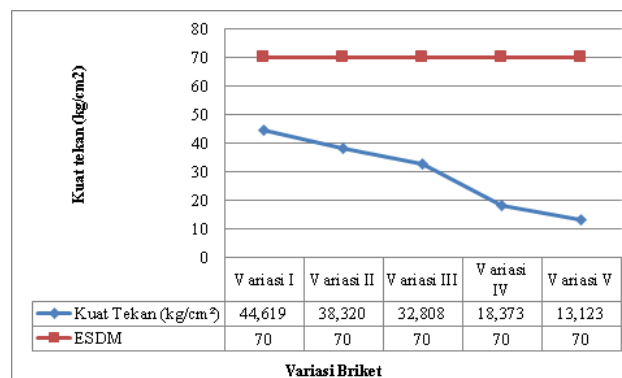
Nilai kalor merupakan parameter penting dan utama dalam menentukan kualitas briket layak atau tidak digunakan sebagai bahan bakar. Semakin tinggi nilai kalor suatu briket maka semakin tinggi kualitas dan harga jualnya (Indriyani, dkk, 2015).

Hasil pengujian nilai kalor dari kelima variasi briket memiliki nilai kalor yang berbeda-beda, dari variasi briket pertama sampai variasi briket kelima memiliki nilai dari yang terendah sampai yang tertinggi tergantung dari komposisi campuran briket, semakin banyak komposisi biomassa yang digunakan pada campuran briket maka semakin tinggi nilai kalor yang dihasilkan (Aniestisia, dkk, 2015)

3.5. Hasil Pengujian Kuat Tekan Briket

Hasil rata-rata pengujian kuat tekan briket dibandingkan dengan Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No. 47 Tahun 2006 tentang Pedoman Pembuatan dan Pemanfaatan Briket Batubara dan Bahan Bakar Padat Berbasis Batubara dapat dilihat pada Gambar 5.

Berdasarkan Gambar 5, hasil pengujian kuat tekan briket dengan variasi arang tempurung kelapa, bottom ash, dan abu vulkanik berkisar 13,123 – 44,619 kg/cm². Briket dengan nilai kuat tekan tertinggi pada variasi I dengan nilai 44,619 kg/cm² sedangkan briket terendah pada briket variasi V sebesar 13,123 kg/cm².



Gambar 5. Hasil Pengujian Kuat Tekan Briket

Hasil pengujian kuat tekan dibandingkan dengan Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No. 47 Tahun 2006 tentang Pedoman Pembuatan dan Pemanfaatan Briket Batubara dan Bahan Bakar Padat Berbasis Batubara sebesar >70 kg/cm². Hasil kelima variasi briket tidak memenuhi PerMen ESDM No. 47 Tahun 2006.

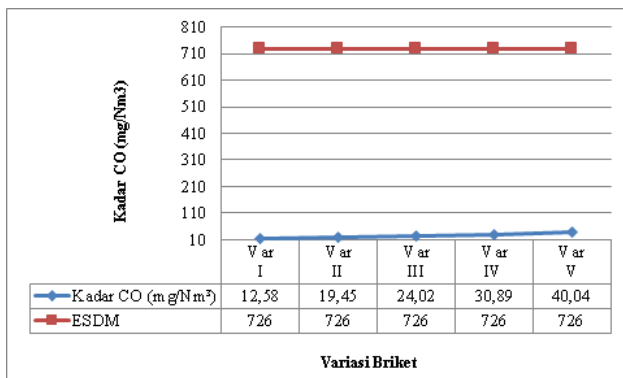
Kuat tekan briket merupakan kemampuan briket untuk memberikan daya tahan atau kekompakan briket terhadap pecah atau hancurnya briket jika diberikan beban pada benda tersebut. Tingkat kekuatan briket diketahui ketika briket tidak mampu menahan beban lagi. Semakin besar nilai kuat tekan berarti daya tahan briket semakin baik, sehingga dapat menguntungkan dalam kegiatan pemasaran seperti pengemasan, pendistribusian, dan pengangkutan briket (Anetesia, dkk, 2015).

Salah satu faktor lainnya yang mempengaruhi kekuatan briket yaitu penekanan merupakan sifat fisik yang harus dimiliki agar briket memenuhi beberapa kriteria briket yang sesuai standar (Indriyani, dkk, 2015).

Pada penelitian ini menurunnya nilai kuat tekan disebabkan karena tidak adanya nilai penekanan yang tetap pada saat proses pencetakan briket, melainkan pencetakan briket dengan penekanan tangan oleh kekuatan manusia, sehingga nilai yang dihasilkan bervariasi sesuai dengan energi manusia yang dihasilkan, sehingga nilai kuat tekan tidak memenuhi PerMen ESDM No. 47 Tahun 2006.

3.6. Hasil Pengujian Emisi Karbon Monoksida (CO)

Pengukuran pencemar udara berupa kadar karbon monoksida (CO) digunakan untuk mengetahui kadar CO yang terlepas dari briket pada saat dibakar. Kadar CO pada briket mempengaruhi kualitas briket yang dihasilkan. Semakin rendah kadar CO maka kualitas briket yang dihasilkan akan semakin baik (Haryani, dkk, 2018). Hasil pengujian emisi CO briket dari kelima variasi, dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Hasil Pengujian Emisi CO pada Briket

Berdasarkan Gambar 6, dapat dilihat bahwa hasil dari kelima variasi briket memenuhi Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No. 47 Tahun 2006 tentang Pedoman Pembuatan dan Pemanfaatan Briket Batubara dan Bahan Bakar Padat Berbasis Batubara sebesar 726 mg/Nm³. Kadar CO berkisar dari 12,58-40,04 mg/Nm³.

Pengukuran pencemar udara berupa kadar karbon monoksida (CO) digunakan untuk mengetahui kadar CO yang terlepas dari briket pada saat dibakar. Kadar CO pada briket mempengaruhi kualitas briket yang dihasilkan.

Semakin rendah kadar CO maka kualitas briket yang dihasilkan akan semakin baik, karena CO merupakan salah satu parameter polutan yang dapat mengganggu kesehatan makhluk hidup (Anetiesia, dkk, 2015).

Pada penelitian ini, emisi CO yang dihasilkan dari pembakaran briket jika dibandingkan dengan emisi CO dari pembakaran menggunakan minyak tanah masih lebih rendah, dimana pada pembakaran briket kadar CO yang dihasilkan sebesar 12,58-40,04 mg/Nm³, sedangkan kadar CO dari pembakaran minyak tanah sebesar 286,04-446,26 mg/Nm³ selama 2-3 jam. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Anetiesia, dkk (2015) dan Indriyani, dkk (2015) dimana kadar CO yang dihasilkan memenuhi PerMen ESDM No. 47 Tahun 2006.

Kadar CO pada briket tempurung kelapa, bottom ash, dan abu vulkanik Gunung Sinabung masih di bawah standar yang ditetapkan. Berdasarkan hasil pengukuran emisi CO, briket yang dihasilkan tidak menyebabkan polusi udara.

4. KESIMPULAN

Briket dengan variasi campuran terbaik adalah briket variasi III (Tempurung Kelapa : bottom ash : Abu Vulkanik = 60% : 35% : 5%) dengan nilai kadar air 0,48%, kadar abu sebesar 8,4%, volatile matter sebesar 1,86%, nilai kalor sebesar 5.055 kal/gr, dan kadar CO sebesar 24,02 mg/Nm³, sedangkan kuat tekan pada kelima variasi tidak memenuhi hal ini disebabkan karena tidak adanya nilai penekanan

yang tetap pada saat proses pencetakan briket, melainkan pencetakan briket dengan penekanan tangan oleh kekuatan manusia, sehingga nilai yang dihasilkan bervariasi sesuai dengan energi manusia yang dihasilkan.

Abu vulkanik Gunung Sinabung berpotensi untuk dijadikan briket dengan campuran bottom ash PLTU dan tempurung kelapa dengan jumlah abu vulkanik Gunung Sinabung adalah 5% dari berat total briket campuran tersebut

DAFTAR PUSTAKA

- Anetiesia, dkk. (2015). Pembuatan Briket dari bottom ash dan Tempurung Kelapa Sebagai Sumber Energi Alternatif. UNDIP: FT UNDIP.
- Arni, dkk. (2014). Studi Uji Karakteristik Fisis Briket Bioarang Sebagai Sumber Energi Alternatif. Online Journal of Natural Science 3 (1).
- Gunawan, dkk. (2015). Perbandingan Nilai Kalor Bio-briket yang Terbuat dari Limbah PLTU dan Biomassa Cangkang Kopi dengan Variasi Komposisi dan Jenis Pengikat yang Berbeda. ISSN 0852-1697 36 (2).
- Indriyani, dkk. (2015). Pemanfaatan bottom ash Batubara Menjadi Produk Briket dengan Penambahan Arang Daun Jati. UNDIP: FT UNDIP
- Kementerian Energi dan Sumberdaya Mineral. (2016). Outlook Energi Indonesia. ISSN 2527- 3000. Sekretariat Jenderal Dewan Energi Nasional.
- Maryono, dkk. (2013). Pembuatan dan Analisis Mutu Briket Arang Tempurung Kelapa Ditinjau dari Kadar Kanji. Jurnal Chemica 14 (1). Universitas Negeri Makassar.
- Nirwan, Mohamad dan Ardika Ditya, P. (2016). Pemanfaatan Sampah Plastik dan Abu Dasar Batubara (Bottom Ash) Menjadi Briket. e-ISSN 2541-3880.
- Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No. 47 Tahun 2006 Tentang Pedoman Pembuatan dan Pemanfaatan Briket Batubara dan Bahan Bakar Padat Berbasis Batubara.
- Prananta, J. (2008). Pemanfaatan Sabut dan Tempurung Kelapa serta Cangkang Sawit untuk Pembuatan Asap Cair sebagai Pengawet Makanan Alami. Laporan Penelitian Direktur Eksekutif JINGKI Institute. Alumnus Universitas Malikussaleh. Lhokseumawe. Aceh
- Purnama, dkk. (2012). Pemanfaatan Limbah Cair CPO Sebagai Perekat Pada Pembuatan Briket Dari Arang Tandan Kosong Kelapa Sawit. Jurnal Teknik Kimia 3(18). 43 – 53. Universitas Sriwijaya
- Risna. (2016). Pengaruh Tekanan dan Ukuran Partikel Terhadap Kualitas Briket Arang Cangkang Coklat. Kendari: Universitas Halu Oleo.
- Sinaga, dkk. (2015). Dampak Ketebalan Abu Vulkanik Erupsi Gunung Sinabung Terhadap Sifat Biologi Tanah di Kecamatan Naman Teran Kabupaten Karo. Jurnal Online Agroekoteknologi 3 (3). Universitas Sumatera Utara.
- Slamet, Sugeng dan Budi, Gunawan. (2015). Karakterisasi Biobriket Campuran bottom ash dan Biomassa Melalui Proses Karbonisasi Sebagai Bahan Bakar Padat.

- Prosiding Seminar Nasional dan Teknologi 2015. e-ISSN: 2460-8416. Universitas Muhammadiyah Jakarta.
- Slamet, Sugeng dan Gunawan, Budi. (2016). Biobriket Campuran bottom ash Batubara Limbah PLTU dan Biomassa Melalui Proses Karbonisasi Sebagai Sumber Energi Terbarukan. ISBN 978- 602- 1180- 33- 4. Kudus: Universitas Muria Kudus.
- Suarnita, I Wayan. (2012). Pemanfaatan Abu Dasar (Bottom Ash) Sebagai Bahan Pengganti Sebagian Agregat Halus Pada Campuran Beton. *Jurnal Infrastruktur 2 (2) : 65-73.*
- Vachlepi, Afrizal. dan Suwardin, Didin. (2013). Penggunaan Biobriket Sebagai Bahan Bakar Alternatif Dalam Pengeringan Karet Alam.
- Widiyanti. (2016). Pembuatan Briket Arang Dari Tempurung Kelapa (*Cocos nucifera*) dan Sekam Padi (*Oryza Sativa*) dengan Komposisi yang Berbeda. Samarinda : Teknologi Pertanian



Seminar Nasional Sains dan Teknologi Lingkungan III

| ISSN (Print) 2356-4938 | ISSN (Online) 2541-3880 |



Review: Pemanfaatan Oil Sludge dan Limbah Biomassa Sebagai Bahan Baku Densified Refused Derived Fuels (RDF-5) untuk Bahan Bakar Alternatif di Industri Semen

Rati Yuliarningsih, Fadjar Goembira, Puti Sri Komala

Program Magister Teknik Lingkungan Universitas Andalas, Limau Manis, Padang, 25164, Indonesia

KATA KUNCI

Lumpur minyak
Limbah biomassa
RDF-5
Industri Semen
Zero Waste

KORESPONDENSI

E-mail: ratiyuliarningsih12@gmail.com

A B S T R A C T

The objectives of this review paper are to discuss how to utilize the heating value of RDF-5 oil sludge combined with large and untouched biomass wastes in West Sumatera such as rice husk, coconut shell, palm shell without disturbing cement quality. Nowadays, the increase of cement production in Indonesia and the rise in fuel price, make cement industry need to find alternative sources as fuel. Selection of suitable alternative fuels in the cement industry needs to consider as not to disrupt the cement product itself, in addition, reducing the consumption of energy resources. One of the potential waste to use as an alternative fuel is oil sludge. This oil sludge is obtained from PT. Pertamina to be destroyed in a cement kiln. Oil sludge is known to have 30-40% Total Petroleum Hydrocarbon (THP) potential as fuel energy. To recover the precious fuel from the existing oil sludge, numbers of the method of oil recovery have been investigated for example by extraction method, centrifugation, and pyrolysis. However, this recovery methods still leave dangerous byproduct when disposed of into environments such as *Volatile Organic Compound* (VOCs) and irreversible sludge slurry. Densified Refuse Derived Fuel (RDF-5) is one application of the concept of waste into energy that converts residues or wastes into alternative fuel-shaped pellets. Utilization of oil sludge combined with biomass waste create a zero waste fuel combustion and environmentally friendly in the cement industry process, in which the resulting ash can be incorporated into the clinker.

1. PENDAHULUAN

Industri Semen, merupakan proses produksi *high energy* karena membutuhkan banyak bahan bakar pada saat proses pembakaran yang merupakan proses utama di *Suspension Preheater* dan *Rotary Kiln*. Sekitar 30 – 40% dari *total production cost* hanya digunakan untuk membiayai kebutuhan bahan bakar ini, sehingga perlu di upayakan adanya substitusi bahan bakar fosil menggunakan bahan bakar alternatif berupa limbah dan biomassa. Salah satu alternatif energi yang tersedia dan dilirik oleh PT.Semen Padang adalah limbah lumpur minyak (*oil sludge*) yang diterima dari PT Pertamina untuk dihancurkan di dalam *roraty kiln* pabrik semen.

Di sisi lain terdapat kebutuhan akan penanganan dan pengelolaan limbah *oil sludge* dengan cara benar dan aman

sejalan dengan meningkatnya jumlah limbah sebagai konsekuensi kegiatan industri dan komersial yang terus meningkat dan serta tuntutan masyarakat akan terjaganya kualitas lingkungan. Salah satu upaya untuk mengatasi persoalan tersebut adalah memanfaatkan limbah *oil sludge* sebagai sumber energi dengan cara *co-processing* sehingga membantu pengelolaan limbah sekaligus mengamankan pasokan bahan bakar tak terbarukan.

Lumpur minyak (*oil sludge*) merupakan limbah dari minyak bumi sisa destilasi minyak mentah. Lumpur minyak tersimpan di berbagai kolam atau dasar tangki ataupun dihasilkan selama proses eksplorasi, produksi, transportasi, penyimpanan, dan pemurnian minyak mentah (*refining processes*) pada perusahaan pengolahan minyak bumi. Secara umum, lumpur berminyak adalah emulsi

kompleks dari berbagai *petroleum hydrocarbons* (PHC), air, logam berat, dan partikel padat.

Sejumlah alternatif potensial telah dikembangkan untuk memperoleh kembali minyak mentah yang masih terkandung dalam *oil sludge*. Beberapa metoda yang digunakan adalah—metoda *recovery* dengan metode ekstraksi, sentrifugasi, dan pirolisis. Namun, walaupun pemulihan minyak secara signifikan dapat mengurangi volume *oil sludge*, tetapi produk samping yang dihasilkan dapat mengandung komponen yang lebih berbahaya dan beracun. Misalnya, dengan metode ekstraksi dihasilkan produk samping VOCs dan *sludge slurry* yang tidak dapat *direcovery*.

Oleh karena itu, upaya alternatif yang dapat dikembangkan dan memberikan nilai tambah secara ekonomis di samping tetap memperhatikan dampak lingkungan terkait *by product* yang ditimbulkan dari pemanfaatan limbah *oil sludge* di dalam industri semen adalah menggunakan aplikasi bahan bakar padat alternatif *Densified Refused Derived Fuel* (RDF-5). RDF-5 merupakan bahan bakar padat berbentuk *pellet* dengan ukuran seragam. RDF-5 ini juga memanfaatkan keseluruhan limbah, menjadikan proses pembakaran dengan *rotary kiln* ini tidak menghasilkan residu limbah yang baru (*zero-waste*).

Perlunya inovasi alternatif sumber energi dan adanya potensi bahan bakar dari *oil sludge* memberikan wawasan baru, bahwa *oil sludge* dengan nilai kalor yang tinggi dapat dimanfaatkan menjadi bahan baku *Densified Refuse Derived Fuel* (RDF-5) dikombinasikan dengan penggunaan biomassa lain dengan melihat potensi nilai kalor yang dihasilkan.

Beberapa penelitian terdahulu melaporkan bahwa nilai kalor paling baik dihasilkan dari kombinasi *sludge produced water* dan serbuk gergaji dengan perbandingan 1:3 serta konsentrasi perekat 5%, menghasilkan nilai kalor sebesar 4.933 kkal/kg (Anggi, 2013). Shuhn et al. (2013) menggunakan kombinasi *oil sludge* dengan wood powder dengan komposisi 6: 3 dan perekat PE (*Polyethylene*) menghasilkan *High Heat Value* (HHV) sebesar 5976 kkal/kg.

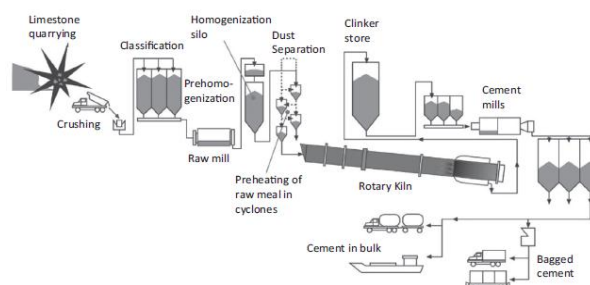
Masih terbatasnya studi penelitian mengenai RDF-5 dari campuran *oil sludge* dan biomassa, maka diusulkan untuk penelitian selanjutnya, pemanfaatan biomassa jenis lain yang jumlahnya berlimpah, memiliki *heating value* yang tinggi dan belum dioptimalkan penggunaannya di daerah Sumatera Barat. Serta menambahkan analisis dampak lingkungan seperti emisi udara (SO_x,NO_x) , partikulat ,*heavy metal* .

2. METODOLOGI

2.1. Proses Pembakaran Pada Industri Semen

Proses utama di Industri semen adalah pembakaran *raw meal* yang mengandung CaO, SiO₂, Al₂O₃, dan Fe₂O₃ dalam sistem *Pyroprocessing* (*Suspension Preheater* dan *Rotary Kiln*) untuk membentuk Klinker yang terdiri dari *Alite* (C₃S), *Belite* (C₂S), *TriCalcium Aluminate* (C₃A) dan *Tetra Calcium Alumino Ferrat* (C₄AF)

Pertama, air bebas dan air terikat dikeluarkan dari *raw meal* pada temperatur 100 – 400 °C. Dalam *suspension preheater* antara temperatur 700–900 °C terjadi proses kalsinasi dan juga terjadi kombinasi awal antara alumina, oksida besi dan silika dengan kapur berlangsung. Antara temperatur 900 dan 1200 °C *belite*, C₂S (= 2CaO * SiO₂), terbentuk. Di dalam *rotary kiln* pada temperatur di atas 1250° C, fase cair muncul dan ini mendorong reaksi antara *belite* dan kapur bebas untuk membentuk *alite*, C₃S (= 3CaO * SiO₂). Selama tahap pendinginan, fasa cair membentuk C₃A, *tri-kalsium aluminat* (= 3CaO * Al₂O₃) dan fasa ferit, biasanya C₄AF (= 4CaO * Al₂O₃ * Fe₂O₃). Jika pendinginan lambat, *alite* dapat terurai dan muncul sebagai *belite* sekunder dan kapur bebas. Klinker kemudian digiling bersama dengan gipsium dan aditif lainnya untuk menghasilkan semen. Diagram skematik manufaktur semen mulai dari penggalian awal sampai pengiriman produk akhir dapat dilihat pada Gambar 1. Kääntee et al. (2004).



Gambar 1. Proses Manufaktur Semen

2.2. Bahan bakar industri semen

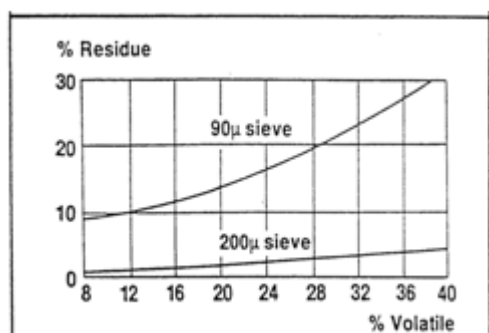
Pada dasarnya, industri semen biasanya menggunakan tiga jenis bahan bakar yaitu bahan bakar padat (batu bara), bahan bakar cair (minyak, bensin, solar) dan bahan bakar gas (LPG, gas alam). Untuk pemanasan awal (*heating heat*) biasanya menggunakan bahan bakar solar, LPG karena sifatnya yang mudah terbakar dan kestabilan apinya. Setelah beroperasi normal, maka digunakan bahan bakar batu bara.

Untuk batu bara terbagi menjadi beberapa jenis yaitu *lignite*, *bituminus*, *anthracite* dan memiliki parameter yang berbeda seperti yang terlihat pada Tabel 1

Tabel 1. Parameter beberapa jenis batubara

Parameter	Unit	Jenis batu bara		
		<i>Lignite</i>	<i>Bituminus</i>	<i>Anthracite</i>
Total kelembaban	%	40 - 50	5 - 10	0 - 3
<i>Volatile Matter</i>	%	40 - 50	10 - 40	5
Ash (debu)	%	10 - 25	1 - 3	1
Komposisi Kimia :				
C	%	56	70	78
H	%	4	3	2
S	%	1	1	1
Nilai Kalor :				
<i>Gross</i>	Kka l/kg	5120	6625	7100
<i>Net</i>	Kka l/kg	4820	6310	6900

Saat ini, penggunaan batubara jenis *lignite* umumnya digunakan pada industri semen. Meskipun *Net Heating Value* (NHV) nya rendah dan memiliki *Volatile Matter* (VM) serta *Moisture Content* tinggi, namun karena faktor ketersediaan dan harga batubara di Indonesia, industri semen harus bisa mengoptimasi proses pembakaran dengan jenis batubara yang tersedia tersebut. VM yang tinggi menyebabkan pengaturan kehalusan penggilingan batubara menjadi lebih kasar untuk mencegah *self ignition* pada batubara. Gambar 2 memberikan rekomendasi mengenai ukuran residu penggilingan batubara berdasarkan % *volatilitasnya*.



Gambar 2. Rekomendasi fineness debu batubara

2.3. Bahan bakar alternatif untuk industri semen

Tujuan pemakaian bahan bakar alternatif secara umum pada industri semen adalah untuk mengurangi biaya bahan bakar, mengurangi pemakaian bahan bakar fosil dan memberikan solusi untuk permasalahan limbah industri.

Berbagai macam bahan dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif yang layak dalam industri semen. Mokrzycki et al.(2003) telah mengkategorikan bahan bakar alternatif berdasarkan sifat fisik dan kimianya. Tabel 2. menunjukkan sejumlah bahan bakar alternatif yang telah berhasil dibakar di dalam *rotary kiln* pabrik semen menurut keadaan fisiknya.

Tabel 2. Pilihan bahan bakar alternatif untuk industri semen

Bahan bakar limbah cair	Tar, limbah kimia, residu distilasi, limbah pelarut, minyak bekas, suspensi lilin, limbah petrokimia, bubuk aspal, limbah cat, lumpur minyak
Bahan bakar limbah padat	Kokas minyak bumi ('petcoke'), limbah kertas, residu karet, lumpur pulp, ban bekas, kotak baterai, residu plastik, limbah kayu, sampah domestik, sekam beras, <i>Refuse derived fuel</i> , kulit kacang, tanah yang mengandung minyak, lumpur limbah
Bahan bakar limbah gas	Gas <i>landfill</i> , gas pirolisis

Limbah padat lumpur minyak (oil sludge)

Secara umum, lumpur berminyak adalah residu yang dicirikan sebagai emulsi stabil *water-in-oil* (W/O) air, padatan, *petroleum hydrocarbons* (PHCs), dan logam yang stabil (Mazlova et al,1999). PHCs dan senyawa organik lainnya dalam lumpur berminyak umumnya diklasifikasikan menjadi empat fraksi yaitu senyawa alifatik, senyawa aromatik, *nitrogen sulfur oxygen* (NSO) dan *asphaltenes*. (Mrayyan et al, 2005). Nilai pH lumpur minyak biasanya berkisar antara 6,5 - 7,5 dan kandungan kimianya tergantung pada sumber minyak mentah, reagen yang digunakan dalam proses pemurnian. Kandungan Total *Petroleum Hydrocarbon* (TPH) dalam lumpur berminyak dapat berkisar dari 5% - 86,2% berdasarkan massa, tetapi lebih sering dalam kisaran 15-50%. Untuk kandungan air pada lumpur minyak berkisar 30 – 85 % dan padatannya berada di kisaran 5-46% . Sedangkan untuk kandungan nitrogen (N) dalam lumpur minyak < 3 %, kandungan belerang (S) 0,3-10% dan kandungan oksigen (O) biasanya < 4,8% (Kriipsalu, 2008). Berdasarkan beberapa penelitian, karakteristik lumpur minyak mengandung beberapa unsur (% wt) dan parameter yang ditinjau dari setiap penelitian berbeda. Namun parameter kadar air, kandungan abu, VM , nilai kalor , karbon dan hidrogen merupakan parameter penting untuk analisis lumpur minyak seperti terlihat dalam Tabel 3.

Tabel 3 Karakteristik lumpur minyak

Unsur	Nilai (% berat)		
	Shie et al. (2004)	Wang et al. (2007)	Gong et al. (2017)
Analisis Proksimat			
Uap air	39,15	26,89	26,55
<i>Combustible</i>	58,97	-	-
Abu	1,88	18,51	17,51
VM	-	44,97	51,19
<i>Fix carbon</i>	-	9,63	2,17
Analisis Ultimat			
Karbon	83,94	81,84	16,38
Hidrogen	12,01	13,61	4,25
Nitrogen	0,81	0,75	0,32
Oksigen	0,96	1,56	8,91
Sulfur	2,06	2,26	2,34
Klorida	0,22	-	-
LHV (kkal/kg) wet basis			2040

Limbah biomassa

Biomassa adalah salah satu alternatif yang paling banyak digunakan sebagai bahan bakar dalam industri semen karena keragaman dan volume ketersediaannya. Provinsi Sumatera Barat sendiri memiliki potensi sumber daya alam yang melimpah untuk sumber limbah biomassa seperti kelapa sawit, padi dan kelapa . Untuk potensi energi biomassanya dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4.Potensi energi biomassa

Komoditi / Produk	Jenis Limbah Biomassa	Potensial limbah
Beras	Sekam padi	280 kg/ton gabah
<i>Crude Palm Oil</i> (CPO)	Pelepah daun	24,84 ton/Ha
<i>Crude Palm Oil</i> (CPO)	<i>Empty Bunch</i> (EFB)	200 kg/ton
Kelapa	Serat	280 kg/ton kelapa
Kelapa	Batok kelapa	150 kg/ton kelapa
Gula tebu	Baggase	280 kg/ton gula

(Sumber : Agustina ,2006)

Biomassa terdiri dari senyawa karbon (C) 44 - 51 % , senyawa hidrogen (H) 5,5 – 6,7 % , senyawa nitrogen (N) 0,12 – 0,6 % , senyawa oksigen (O) 41 – 50 % , dan belerang 0,2 % (Palz,1985). Komponen utama dari biomassa sendiri adalah selulosa, hemiselulosa, lignin dan protein. Biomassa juga terdiri dari unsur logam primer Ca, K, P, Mg, Si, Al, Fe dan Na. Jumlah komposisinya berbeda tergantung dengan jenis bahan bakunya (Yokoyama, 2008). Untuk menentukan sistem energi biomassa, kandungan energi setiap jenis bahan baku biomassa harus ditentukan terlebih dahulu. Nilai kalor seringkali digunakan sebagai indikator kandungan energi yang

dimiliki biomassa. Nilai kalor ditentukan melalui rasio komponen, jenisnya serta rasio unsur di dalam biomassa itu sendiri (terutama kadar karbon). Beberapa penelitian mengenai limbah biomassa dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5.Analisis Limbah Biomassa

Parameter	Sekam Padi	EFB (<i>Empty Fruit Bunch</i>)	Wood Powder	Tongkol jagung
	Gatot et al.(2010)	Park et al.(2016)	Shuhn et al. (2013)	Tanakorn et al. (2015)
Kelembaban (wt %)	12,39	9,63	8,50	9,14
VM (wt %)	57,97	64,95	7,61	88,88
Kandungan Abu (wt %)	19,1	5,94	0,45	0,13
<i>Fixed Carbon</i> (wt %)	13,93	19,48	16,44	1,28
Sulfur (S)	0,03	ND		
Carbon (C)	37,14	43,84	-	41,26
Hidrogen	5,18	6,01	-	5,58
Nitrogen	0,34	0,88		
Oksigen	38,21	39,17	-	42,70
Nilai Kalor (kkal/kg)	-	3545	4459	3783

Selain kalor, kandungan air dalam biomassa juga penting untuk diperhatikan. Apabila kandungan airnya sampai 2/3, maka nilai kalor negatif (-) artinya meskipun biomassa memiliki kadar kalor yang tinggi tetapi memiliki kadar air tinggi maka tidak sesuai untuk pembakaran (Yokoyama, 2008).

2.4. Kriteria bahan bakar alternatif

Kriteria spesifik yang harus dipenuhi material agar dianggap sebagai bahan bakar biasanya ditentukan oleh produsen semen sesuai dengan standar mereka sendiri. (Mokrzycki et al., 2003)

Keadaan fisik bahan bakar (padat, cair, gas).

- Kandungan elemen sirkulasi (Na, K, Cl, S).
- Toksitas* (senyawa organik, logam berat).
- Komposisi dan kandungan abu serta VM.
- Nilai kalor - lebih dari 14,0 MJ / kg.
- Kandungan klorin (< 0,2%) dan kandungan sulfur (< 2,5%) .
- Kandungan *Polychlorinated Biphenyls* (PCBs) - kurang dari 50 ppm, kandungan logam berat - kurang dari 2500 ppm [di antaranya: merkuri (Hg) kurang dari 10 ppm, dan total cadmium (Cd), thallium (Tl) dan merkuri (Hg) kurang dari 100 ppm].

- g) Sifat fisik (ukuran residu, kerapatan, homogenitas).
- h) Grinding properties.
- i) Kadar air.
- j) Teknologi proporsional.
- k) Emisi yang dikeluarkan.
- l) Kualitas semen dan kompatibilitasnya dengan lingkungan tidak boleh menurun.
- m) Bahan bakar alternatif harus layak secara ekonomi.
- n) Ketersediaannya.

3. METODE PEMANFAATAN OIL SLUDGE

Lumpur minyak adalah limbah dari industri minyak atau proses penyulingan minyak daur ulang. Limbah lumpur minyak memiliki nilai 30-40% *Total Petroleum Hydrocarbon* (THP) yang berpotensi tinggi sebagai energi bakar (Helmy *et al.*, 2006, Pristiwa *et al.*, 2006, Suryatmana *et al.*, 2006). Untuk memulihkan bahan bakar dari lumpur berminyak yang ada, sejumlah metode dapat dilakukan seperti metode recovery dan metode *Densified Refuse Derived Fuels* (RDF-5).

3.1. Metode recovery

Daur ulang adalah pilihan lingkungan yang paling diinginkan untuk menangani lumpur berminyak karena memungkinkan untuk menggunakan kembali minyak berharga untuk diproses ulang atau pemulihan energi. Beberapa metode *recovery* lumpur minyak seperti *ekstraksi solvent*, sentrifugasi dan pirolisis mempunyai kelebihan dan kelemahan masing-masing yang dapat dilihat pada Tabel 6.

Bila dilihat dari metode *recovery* ini, masing –masing method menghasilkan produk samping yang menimbulkan permasalahan lanjut terhadap lingkungan, seperti VOC, bubuk lumpur yang tidak bisa *direcovery*. Oleh karena itu perlu dilakukan inovasi dalam pemanfaatan oil sludge secara keseluruhan tanpa adanya produk samping yang membahayakan lingkungan.

Tabel 6. Ringkasan dan perbandingan metode pemulihan minyak

Method	Effisiensi	Produk samping	Keuntungan	Batasan	Referensi
<i>Ekstraksi Solvent</i>	50 – 90 %	VOC, bubuk lumpur yang tidak bisa <i>direcovery</i>	Mudah diaplikasikan, cepat dan efisien	Banyak pelarut organik yang digunakan, biaya tinggi dan tidak ramah lingkungan, tidak bisa menghilangkan logam berat	Zubaidy <i>et al.</i> (2010), Taiwo <i>et al.</i> (2009), El Naggat <i>et al.</i> (2010)
Sentrifugasi	< 75 %	Air Limbah, bubuk lumpur yang tidak bisa <i>direcovery</i>	Mudah diaplikasikan, cepat dan efisien, Hasil yang tinggi, tidak perlu penambahan bahan kimia	Biaya modal dan perawatan tinggi, konsumsi energi tinggi, masalah kebisingan, memerlukan perlakuan penurunan viskositas, tidak bisa menghilangkan logam berat	Da Silva <i>et al.</i> (2012) , Nahmad <i>et al.</i> (2012)
Pirolisis	50 – 90 %	VOC dan Arang	Cepat dan efisien, minyak terpulihkan dapat di tingkatkan, kapasitas besar	Biaya modal, perawatan dan operasional tinggi, konsumsi energi tinggi, tidak cocok untuk lumpur minyak dengan kadar moisture tinggi.	Liu <i>et al.</i> (2009) , Schmidt <i>et al.</i> (2001), Chang <i>et al.</i> (2000), Wang <i>et al.</i> (2007), Punnarattanakun <i>et al.</i> (2003), Shie <i>et al.</i> (2002,2003,2004),

3.2. Metode *Densified Refuse Derived Fuels* (RDF-5)

RDF-5 adalah salah satu dari tipe RDF (*refuse derived fuels*) dan merupakan fraksi limbah yang mudah terbakar yang dipadatkan (dikompresi) ke dalam bentuk pelet, *slugs*, *cubettes*, atau briket.

Kesesuaian parameter RDF-5 sebagai bahan bakar seperti terlihat pada Tabel 7 diperlukan untuk memastikan bahwa RDF-5 yang digunakan di pabrik semen memenuhi

persyaratan sesuai izin yang dimiliki industri semen dan tidak akan berpengaruh negatif terhadap proses pembakaran pada *rotary kiln*.

Tabel 7. Karakteristik RDF-5 berdasarkan kriteria yang ditentukan oleh perusahaan semen di Indonesia

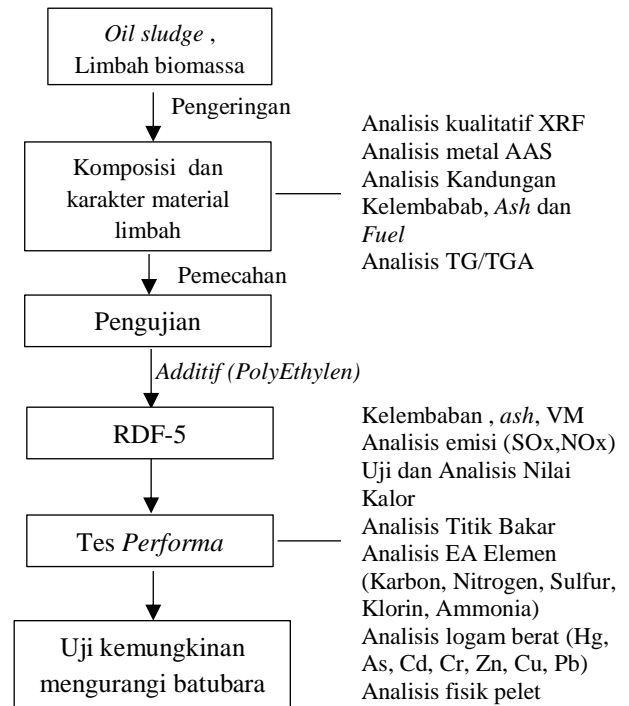
Parameter kualitas	Satuan	Nilai batas
Nilai kalor, min	kkal/kg	≥ 3000
Cl	%	$\leq 0,75$
S	%	≤ 1
Total kandungan air	%	≤ 20
Ukuran	mm	≤ 50
Bentuk	-	pellet
Hg	ppm (kering), max	5
As	ppm (kering), max	200
Cd	ppm (kering), max	70
Cr	ppm (kering), max	1500
Zn	ppm (kering), max	5000
Cu	ppm (kering), max	1000
Pb	ppm (kering), max	1000

Jenis bahan dan komposisi campuran bahan yang berbeda memberikan nilai kalor yang tentunya juga berbeda pada RDF-5. Nilai kalor yang tinggi diperoleh apabila menggunakan bahan baku limbah biomassa yang memiliki nilai kalor yang tinggi juga. Beberapa penelitian dengan memanfaatkan metode RDF telah dilaporkan seperti yang diperlihatkan pada Tabel 8.

Tabel 8. Penelitian terkait kombinasi bahan baku RDF

Penelitian	Hasil Kalori
Anggi et al. (2013)	a. Untuk <i>sludge produced water</i> : serbuk gergaji, komposisi 1:3, perekat 5% menghasilkan nilai kalor tertinggi yaitu 4.933 kkal/kg b. Kalor <i>sludge produced water</i> = 4100.39 kkal/kg dan kalor serbuk gergaji = 4368,01 kkal/kg
Shuhn et al. (2013)	a. Untuk <i>oil sludge</i> : <i>wood powder</i> , komposisi 6:3, perekat PE (<i>polyethylene</i>) menghasilkan HHV (<i>high heat value</i>) 5976 kkal/kg (<i>wet basis</i>)
Tahir et al (2016)	a. Untuk kombinasi <i>sewage sludge</i> (50 gr) : <i>saw dust</i> (30 gr) : <i>oil</i> (10 gr) : <i>polythene</i> (10 gr) diperoleh nilai kalor tertinggi 3613 kkal / kg

Untuk penelitian selanjutnya, dalam produksi RDF-5 yaitu menggunakan lumpur minyak sebagai dasar dan dikombinasikan dengan limbah biomassa. Kemudian PE (*polyethylene*) digunakan sebagai perekat untuk mengikat bahan baku bersama. Tahapan berikutnya, bahan baku kemudian dicampur dalam granulator dan mixer. Setelah itu bahan yang tercampur dengan baik dipanaskan dan diekstrusi melalui mesin ekstrusi. Sampel silinder RDF-5 yang diinginkan adalah berukuran 10–16 mm dan berdiameter 5 mm. Untuk diagram alir dari penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.

**Gambar 3.** Diagram alur dari prosedur pembuatan RDF-5 (Sumber : Wei, 2011)

4. ASPEK TEKNIS RDF-5 DI ROTARY KILN PABRIK SEMEN

Substitusi RDF-5 terhadap bahan bakar konvensional di *rotary kiln* harus dievaluasi dari sudut pandang teknologi, mulai dari keseimbangan neraca massa dan energi dari bahan alternatif. Jumlah bahan bakar fosil yang digantikan oleh RDF-5 tergantung dari nilai kalor dan kandungan air RDF-5. Suhu operasi dan waktu tinggal di dalam sistem *rotary kiln* sangat penting untuk menghindari produksi dioksin dan furan. Pada dasarnya, suhu operasi di *rotary kiln* lebih tinggi dari 1550°C, dengan waktu tinggal antara 3 sampai 6 detik di atas 1200°C, sehingga sangat cocok untuk pemanfaatan RDF-5 secara aman dan efisien. Harus diperhitungkan bahwa RDF-5 memiliki nilai kalor lebih rendah dibandingkan dengan bahan bakar konvensional seperti batubara. Batubara memiliki nilai kalor antara 5.000 kkal/kg, sedangkan nilai kalor RDF-5 di kisaran 2.500 – 4.000 kkal/kg. Hanya dengan pencampuran dengan plastik, biomassa, atau karet, nilai kalor RDF-5 dapat meningkat. Oleh karena itu, substitusi kalori hanya dapat diperoleh dengan laju aliran bahan bakar yang lebih tinggi, atau dengan pencampuran antara RDF-5 dengan biomassa atau limbah lainnya yang memiliki nilai kalori lebih tinggi.

Pada saat *pre-processing* RDF-5 dilakukan di pabrik semen, pertimbangan berikut harus diambil (UNEP, 2011):

1. RDF-5 yang digunakan dalam *rotary kiln* semen harus homogen, dengan ukuran partikel yang sesuai, komposisi kimia dan kandungan panas yang stabil. Untuk operasi optimum, *rotary kiln* membutuhkan

aliran material limbah yang seragam dalam hal kualitas dan kuantitas.

2. Bahan bakar RDF-5 dapat dibuat dengan mencampur produk yang berbeda namun memiliki kesesuaian nilai kalor dan komposisi kimia, atau dengan bahan bakar alternatif lainnya seperti biomassa.

Dampak penggunaan *oil sludge* terhadap produk semen

Oil sludge yang dijadikan bahan bakar alternatif akan menghasilkan abu yang akan dijadikan sebagai bahan campuran *raw mix*. Berdasarkan penelitian Huang et al. (2017) dengan menggunakan *oil sludge* sebesar 14% sebagai campuran *raw mix* ditemukan bahwa *oil sludge* ini layak sebagai bahan bakar alternatif pada industri semen karena tidak mempengaruhi properti fisik dari semen. Seperti terlihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Properti fisik dari produk semen

Analisis	Standar	Lumpur minyak 14 %
<i>Initial setting time</i> (min)	≥ 45	128
<i>Final setting time</i> (min)	≤ 390	160
<i>Water demand</i> (%)	-	25,2
<i>Fineness</i> (%)	≤ 10	2,1
Specific surface area	≥ 300	401
Density (kg/m ³)	-	3,08

5. KESIMPULAN

Industri semen dapat mengambil peran penting dalam pembangunan berkelanjutan di Indonesia dengan menggunakan limbah industri dan limbah biomassa sebagai bahan bakar alternatif. Bahan bakar alternatif untuk industri semen ini tentulah harus memenuhi beberapa kriteria yang syaratkan misalnya nilai kalor lebih dari 3000 kkal / kg, kandungan klorin kurang dari 0,2%, kandungan sulfur kurang dari 2,5% , kandungan *polychlorinated biphenyls* (PCB) dan beberapa kandungan logam berat harus kurang dari 2500 ppm. Salah satu limbah yang berpotensi sebagai bahan bakar alternatif adalah *oil sludge* yang merupakan salah satu jenis limbah yang dihasilkan dari industri perminyakan. *Oil sludge* sendiri masih mengandung 30-40% *Total Petroleum Hydrocarbon* (THP) yang berpotensi sebagai energi bahan bakar. *Densified Refuse Derived Fuels* (RDF-5) merupakan metode pemanfaatan limbah dengan proses *zero waste* yang berarti tidak menghasilkan limbah sampingan. Untuk mengoptimalkan nilai kalornya, RDF-5 dengan bahan baku *oil sludge* dapat dikombinasikan dengan beberapa jenis limbah biomassa yang jumlahnya berlimpah namun memiliki nilai kalor yang cukup tinggi seperti sekam padi, cangkang kelapa, dan cangkang sawit.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina.(2006). Peran Sektor Limbah Produksi Bio – Ful Sebagai Bahan Alternatif. Paper pada Konferensi Nasional Pemanfaatan Hasil Samping Industri Biofuel serta Peluang Pengembangan Industri Integrated-nya. Jakarta.
- Anggi, P.P., Sukandar, A. (2013). Studi Pemanfaatan Limbah B3 Sludge Produced Water Sebagai Bahan Baku Refuse Derived Fuel (Rdf). Jurnal Teknik Lingkungan , 19 (1), 1-10.
- Chang, C.Y., Shie, J.L., Lin, J.P., Wu, C.H., Lee, D.J., Chang, C.F. (2000). Major products obtained from the pyrolysis of oil sludge, *Energ. Fuel* , 14 , 1176–1183.
- Da Silva, V.L., Alves, F.C., De Franca, F.P.(2012). A review of the technological solutions for the treatment of oily sludges from petroleum refineries, *Waste. Manage. Res* , 30 ,1016-1030.
- El Nagggar, A.Y., Saad, E.A., Kandil, A.T., Elmoher, H.O.(2010).Petroleum cuts as solvent extractor for oil recovery from petroleum sludge. *Journal Petro Technol Alter Fuels* , 10-19.
- Gatot, M., Rahadi, M. (2010) Pemanfaatan Limbah Biomassa Sebagai Bahan Bakar Alternatif Dalam Kegiatan Co-Processing Di Semen Gresik. Seminar Rekayasa Kimia dan Proses. ISSN :1411 - 4216.
- Gong, Z., Wang, L., Wang, Z., Xu, Y., Sun, F., Sun, Z., Liu, Z., Zhu., L.(2017). Experimental study on combustion and pollutants emissions of oil sludge blended with microalgae residue. *Journal of the Energy Institute*, xxx, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.joei.2017.10.001>
- Huang, M., Ying, X., Shen, D., Feng, H., Li, N., Zhou, Y., Long, Y.(2017).Evaluation of oil sludge as an alternative fuel in the production of Portland cement clinker.*Construction and Building Materials*, 152 , 226 - 231.
- Helmy, Q., P. Suryatmana, E. Kardena, Wisjnuaprpto. 2006. Effect of Surfactant's Addition on Oil Sludge Biodegradation by Petrofilic Bacteria. 3rd International conference on environmental technology and management. Proceeding
- Kääntee, U., Zevenhoven, R., Backman, R., & Hupa, M. (2004). Cement manufacturing using alternative fuels and the advantages of process modelling. *Fuel Processing Technology*, 85(4), 293–301. [https://doi.org/10.1016/S0378-3820\(03\)00203-0](https://doi.org/10.1016/S0378-3820(03)00203-0)
- Liu, J., Jiang, X., Zhou, L., Han, X., Cui, Z. (2009). Pyrolysis treatment of oil sludge and model-free kinetics analysis. *Journal Hazard. Mater*, 161, 1208-1215.
- Mazlova, E.A.,Meshcheryakov, S.V.(1999). Ecological characteristics of oil sludges. *Chem. Tech. Fuels. Oil* , 49-53.
- Mrayyan, B., Battikhi, M.N. (2005). Biodegradation of total organic carbon (TOC) in Jordanian petroleum sludge. *J. 1122 Hazard. Mater.*, 120 ,127-134.
- Kriipsalu, M., Marques, M., Maastik, A.(2008).Characterization of oily sludge from a wastewater treatment plant flocculation-flotation unit in a petroleum refinery and its treatment implications. *J. Mater. Cycles Waste Manage.*, 10 , 79-86.

- Mokrzycki, E., Uliasz-Bocheńczyk, A., Sarna, M. (2003). Use of alternative fuels in the Polish cement industry. *Applied Energy*, 74(1–2), 101–111. [https://doi.org/10.1016/S03062619\(02\)00136-8](https://doi.org/10.1016/S03062619(02)00136-8)
- Nahmad, D.G. (2012). Method to recover crude oil from sludge or emulsion, United States Patent, US 8,197,667 B2.
- Palz, W., Coombs, J. (1985). *Energy from biomass* third edition. London: Elsevier Applied Science.
- Park, S.W., Lee, J.S., Yang, W.S., Kang, J.J., Sung, J.H., Alama, M.T., Seo, Y.C., Sanjay Rao, C.H., Saravanakumar, A., Vinoth Kumar, K., Lee, J.K., Oh, J.H. (2016). For Waste to Energy, Assessment of Fluff Type Solid Refuse Fuel by Thermal Characteristics Analyses *Procedia Environmental Sciences*, 35, 498 – 505.
- Pristiwa, A., P. Suryatmana, E. Kardena, Wisjnuaprpto. 2006. Surfactant Selection to Enhance the Bioremediation of Petroleum Hydrocarbon Contaminated Soil. 3rd International conference on environmental technology and management. Proceeding.
- Punnaruttanakun, P., Meeyoo, V., Kalambaheti, C., Rangsunvigit, P., Rirkosomboon, T., Kitiyanan, B. (2003). Pyrolysis of API separator sludge. *Journal Anal. Appl. Pyrol*, 68–69, 547–560.
- Schmidt, H., Kaminsky, W. (2001). Pyrolysis of oil sludge in a fluidised bed reactor. *Journal Chemosphere*. Vol. 45 pp. 285–290.
- Schuhmacher, M., Nadal, M., Domingo, J. L. (2009). Environmental Monitoring of PCDD/F and Metals in The Vicinity of A Cement Plant After Using Sewage Sludge As A Secondary Fuel. *Chemosphere*, 74, 1502–1508.
- Shie, J. L., Lin, J., Chang, C. Y., Wu, C. H., Lee, D.J., Chang, C. F., Chen, Y. H. (2004). Oxidative Thermal Treatment of Oil Sludge at Low Heating Rate. *Energy & Fuels*, 18(5), 1272–1281.
- Shie, J.L., Lin, J.P., Chang, C.Y., Lee, D.J., Wu, C.H. (2003). Pyrolysis of oil sludge with additives of sodium and potassium compounds. *Resour. Conserv. Recy*, 39, 51–64.
- Shie, J.L., Lin, J.P., Chang, C.Y., Shih, S.M., Lee, D.J., Wu, C.H. (2004). Pyrolysis of oil sludge with additives of catalytic solid wastes. *Journal Anal. Appl. Pyrol*, 71, 695–707.
- Shie, J.L., Lin, J.P., Chang, C.Y., Lee, D.J., Wu, C.H. (2002). Use of inexpensive additives in pyrolysis of oil sludge. *Energy Fuel*, 16, 102–108.
- Shuhn, S.H., Min, C.C., Ta, H.L. (2013). Experimental study of the combustion characteristics of densified refuse derived fuel (RDF-5) produced from oil sludge. *Journal Fuel*, 116, 201 – 207.
- Suryatmana, P., Edwan K., Enny R. dan Wisjnuaprpto. 2006. Peningkatan Efektifitas Biodegradasi Hidrokarbon Minyak Bumi dengan Penambahan ko-inokulan *Azotobacter chroococcum*. *Jurnal Mikrobiologi Indonesia*. (Accepted, No. 274. 136/I/2006).
- Taiwo, E.A., Otolorin, J.A. (2009). Oil recovery from petroleum sludge by solvent extraction. *Petrol. Sci. Technol*, 27, 836–844.
- Tahir, A., Ikram, H., Raza, S. (2016). Preparation of Different Refused Derived Fuel Combinations with Domestic Sewage Sludge to Enhance Gross Calorific Value. *Journal of Advances in Biology & Biotechnology*, 7(2), 1–8, Article no. JABB.26635 ISSN: 2394-1081
- Tanakorn, U., Thanaporn, P., Narongrit, S., Prasong, W., Mallika, T. (2015). Fuel Properties of Bio-Pellets Produced from Selected Materials Under Various Compacting Pressure. *Journal Science*, 79, 657–662.
- Wang, Z., Guo, Q., Liu, X., dan Cao, C. (2007). Low Temperature Pyrolysis Characteristics of Oil Sludge under Various Heating Conditions, *Energy & Fuels*, 21, 957–962.
- Wei, S.C., Fang, C.C., Yun, H.S., Min, S.T. (2011). The characteristics of organic sludge/sawdust derived fuel. *Bioresource Technology*, 102, 5406 – 5410. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2010.11.007>
- Yokoyama, S. (2008). *Buku Panduan Biomassa Asia: Panduan untuk Produksi dan Pemanfaatan Biomassa. The Japan Institute of Energy*. Retrieved from http://www.jie.or.jp/biomassa/AsiaBiomassaHandbook/Indonesian/All_I.pdf
- Zubaidy, E. A. H., & Abouelnasr, D. M. (2010). Fuel recovery from waste oily sludge using solvent extraction. *Process Safety and Environmental Protection*, 88(5), 318–326. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2010.04.001>



Seminar Nasional Sains dan Teknologi Lingkungan III

| ISSN (Print) 2356-4938 | ISSN (Online) 2541-3880 |



Human Activities as the Cause of Scouring of Bridges in Padang

Masrilayanti

Jurusan Teknik Sipil Universitas Andalas

KATA KUNCI

Penambangan ilegal,
gerusan,
jembatan

KORESPONDENSI

E-mail: masrilayanti@eng.unand.ac.id

A B S T R A C T

This paper describes the effects of human activities to bridges' safety, especially to the scouring level of the bridges' piers and abutments. Four bridges in Padang area are visually examined by considering the local scouring of the bridges due to human activities. The bridges are: Gunung Nago Bridges located at Pauh, Kuranji Bridge at Kuranji, Batang Arau Bridge at Lubeg Begalung, and Air Dingin Bridge, Padang. The methods used are typically by conducting observation visually relating to human activities such as illegally mineral mining, and observing the bridges' condition around the piers and abutments. The results show that generally the uncontrolled activities of human being yield to the dangerous conditions of the bridges, because the activities cause scouring around bridge piers and abutments.

1. PENDAHULUAN

Jembatan adalah konstruksi vital yang mutlak diperlukan dalam sebuah komunitas untuk memastikan terjadinya perkembangan ekonomi dan sosial yang baik, terutama pada wilayah yang memiliki satu atau beberapa buah sungai. Keberadaan konstruksi jembatan seringkali merupakan penentu sistem apakah berjalan dengan baik atau terhambat. Untuk itu pemeliharaan dan perawatan konstruksi jembatan mutlak diperlukan dan hal ini menjadi tanggung jawab bagi pemangku pemerintahan dan masyarakat itu sendiri.

Dalam kenyataannya, seringkali dua hal tersebut yakni pemeliharaan dan perawatan tidak berjalan dengan semestinya. Pemerintah seringkali lalai dan abai melakukan treatment dan perawatan konstruksi jembatan, dengan pembenaran berupa keterbatasan dana. Sedangkan masyarakat sendiri acapkali turut serta berperan dalam penurunan fungsi layan dari jembatan dengan melakukan berbagai aktivitas yang merugikan kondisi konstruksi jembatan.

Salah satu kegiatan yang seringkali dilakukan oleh masyarakat adalah berupa aktivitas penambangan liar di sekitar konstruksi jembatan, misalnya penambangan pasir dan kerikil. Kenyataannya kedua jenis penambangan liar ini amat sangat merugikan struktur jembatan dengan

terjadinya perubahan pola aliran dan kondisi air di sekitar struktur jembatan khususnya di bagian pilar dan abutmen. Kejadian gagalannya peran layanan konstruksi jembatan dengan indikasi terjadinya kegagalan struktur jembatan sudah seringkali terjadi di Indonesia. Namun fenomena ini acapkali tidak menjadikan pelaku ilegal mining tersebut jera dengan menghentikan kegiatan mereka.

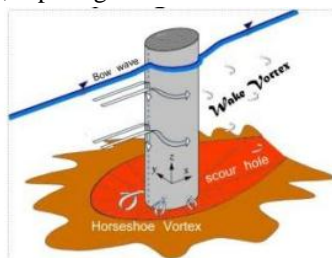
Dalam makalah ini akan dibahas kondisi beberapa jembatan di Kota Padang sehubungan dengan kegiatan ilegal mining masyarakat di sekitar jembatan tersebut. Jembatan yang menjadi target penelitian adalah Jembatan Gunung Nago, Jembatan Kuranji, Jembatan Batang Arau, dan Jembatan Air Dingin. Selain Jembatan Gunung Nago, ketiga jembatan lainnya berada di ruas by pass Kota Padang dengan panjang masing masingnya besar dari 100 meter.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Problematika yang sudah beberapa kali ditemui pada jembatan melintang sungai adalah kegagalan struktur bawah jembatan (fondasi, pilar, pangkal/abutment) dalam menopang jembatan. Pada beberapa kasus, kegagalan ini berujung pada keruntuhan jembatan. Ancaman terhadap keamanan struktur bawah jembatan sering kali bersumber pada dinamika sungai, khususnya dinamika dasar sungai di sekitar fondasi dan pilar jembatan.

Gerusan lokal merupakan proses alamiah yang terjadi di sungai akibat pengaruh morfologi sungai atau adanya bangunan yang menghalangi aliran, misalnya krib sungai, pangkal pilar jembatan dan lain-lain. Adanya bangunan tersebut bisa menyebabkan perubahan karakteristik aliran seperti pola aliran berubah menjadi aliran spiral atau turbulensi, perubahan kecepatan aliran, sehingga menimbulkan perubahan angkutan sedimen dan mengakibatkan gerusan lokal.

Sarwono (2016) menyatakan gerusan umum yang terjadi melintang sungai di sepanjang saluran yang menyebabkan degradasi dasar disebabkan oleh energi dari aliran air, sedang gerusan lokal yang terjadi di sekitar pilar jembatan disebabkan oleh sistem pusaran air (vortex system) karena adanya gangguan pola aliran akibat rintangan. Gerusan yang terjadi di sekitar pilar jembatan ialah akibat sistem pusaran (horseshoe vortex) yang timbul karena aliran dirintangi oleh suatu bangunan. Sistem pusaran yang menyebabkan lubang gerusan (scour hole), berawal dari sebelah hulu pilar, yaitu pada saat mulai timbul komponen aliran dengan arah aliran ke bawah (downflow), karena aliran yang datang dari hulu dihalangi oleh pilar. Aliran arah vertikal ini akan terus menuju dasar yang selanjutnya akan membentuk pusaran. Pada dasar saluran komponen aliran berbalik arah vertikal ke atas, peristiwa ini terjadi terus menerus hingga tercapai kesetimbangan. Interaksi aliran dan pilar akan membentuk busur ombak (bow wave) yang kemudian bergerak kesamping dan terjadi pemisahan aliran yang selanjutnya membentuk wake vortex dibagian belakang pilar jembatan, seperti gambar berikut:



Gambar 1. Ilustrasi gerusan lokal di sekitar pilar jembatan
Sumber: Sarwono

Lutjito dan Sudiyono (2012) dalam penelitian mereka menyatakan bahwa pengamatan proses gerusan memperlihatkan besarnya penambahan kedalaman gerusan besar pada awal-awal pengujian, dan selanjutnya penambahan gerusan berkurang setelah mendekati kesetimbangan kedalaman gerusan.

Pada struktur jembatan, pola aliran yang berubah dapat menjadi hal yang membahayakan apabila membawa debris atau benda-benda yang pada akhirnya menjadi beban tumbukan pada konstruksi bawah. Gambar 2 di bawah ini melukiskan keruntuhan struktur jembatan

akibat rusaknya pilar bawah jembatan akibat hantaman air sungai.



Gambar 2. Jembatan Srandakan, Yogyakarta, 2000 (sumber: Bina Marga DIY)

Fatimah (2013) menegaskan dalam studinya bahwa gerusan lokal yang terjadi pada pilar jembatan pada umumnya karena perubahan pola aliran air pada pilar. Perubahan pola aliran air ini dapat meningkatkan kedalaman gerusan di sekitar pilar, sehingga gerusan yang terjadi di daerah sekitar pilar ini dapat membahayakan kelangsungan sungai dan keberlangsungan infrastruktur yang ada di sekitarnya.

Standard Bridge Management System 1992 memberikan enam jenis penilaian pada keadaan jembatan dari mulai nilai 0 (nol) yang artinya jembatan dalam keadaan sangat baik (baru) tanpa kerusakan sama sekali, sampai pada skor senilai 5 (lima) yang artinya adalah jembatan dalam keadaan runtuh atau tidak bisa digunakan. Untuk lebih lengkapnya dapat dilihat pada Tabel 2 berikut ini.

Tabel 2. Nilai Kondisi Jembatan menurut Bridge Management System 1992

Nilai	Kondisi
0	Jembatan dalam keadaan baru, tanpa kerusakan cukup jelas, elemen jembatan berada dalam kondisi baik.
1	Kerusakan sedikit (Kerusakan dapat diperbaiki melalui pemeliharaan rutin, dan tidak berdampak pada keamanan atau fungsi jembatan).
2	Kerusakan yang memerlukan pemantauan atau pemeliharaan pada masa yang akan datang.
3	Kerusakan yang membutuhkan perhatian (kerusakan yang mungkin menjadi serius dalam 12 bulan).
4	Kondisi Kritis (kerusakan serius yang membutuhkan perhatian segera).
5	Elemen runtuh atau tidak berfungsi.

(Sumber: Bina Marga)

3. METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan dengan melaksanakan visual survey terhadap kondisi di sekitar jembatan dan struktur bawah jembatan. Data sekunder juga dilakukan dengan wawancara dan mencari data yang berkaitan dengan permasalahan yang ada.

Pengamatan visual dilakukan dengan photograph records terhadap hal hal yang ditemukan pada obyek yang diamati.

Jembatan pertama yang dianalisa adalah Jembatan Kuranji, yang terletak di Kecamatan Kuranji. Jembatan Kuranji adalah jembatan komposit yang dibangun pada tahun 1992 dengan panjang kurang lebih dari 132 meter. Secara visual, kondisi struktur atas jembatan yang cukup baik untuk kontruksi umur jembatan yang 25 tahun. Nilai kepentingan jembatan adalah esensial yang artinya jembatan sangat penting dalam layanannya kepada masyarakat.



Gambar 3. Kondisi struktur bawah Jembatan Kuranji tahun 2017

Konstruksi jembatan kedua yang menjadi target pengamatan adalah Jembatan Batang Arau. Jembatan ini terletak di Kecamatan Lubuk Begalung dan memiliki panjang 107 meter. Kondisi struktur atas jembatan secara visual cukup baik karena baru mendapat perawatan sekitar tahun 2016. Jembatan ketiga yang disurvei adalah Jembatan Air Dingin dengan panjang 112 meter. Secara visual, kondisi struktur atas Jembatan Air Dingin juga berada dalam kondisi baik. Sedangkan jembatan terakhir yang diamati adalah Jembatan Gunung Nago yang juga memiliki total bentang sepanjang lebih dari 100 meter.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil survey didapatkan beberapa kesamaan dan perbedaan dari struktur jembatan yang diamati, seperti yang terlihat di tabel berikut.

Tabel 1. Perbandingan Kondisi Struktur Jembatan

Nama Jembatan	Ilegal Mining	Kondisi	Kondisi
		Struktur Bawah	Struktur Atas
Kuranji	Ya	2	1
Batang Arau	Ya	2	1
Air Dingin	Ya	1	1
Gunung Nago	Ya	3	3

Sedangkan untuk karakteristik dan kondisi dari masing masing jembatan dapat dilihat dalam bahasan berikut.

4.1. Jembatan Kuranji

Jembatan Kuranji terbentang sepanjang 132 meter di atas Batang Kuranji. Batang Kuranji merupakan salah satu sungai yang seringkali mengalami banjir, salah satunya adalah banjir yang melanda Kota Padang tanggal 24 Juli 2012, yang menimbulkan korban jiwa. Diketahui daerah sepanjang aliran Batang Kuranji banyak mengalami kerusakan akibat pemalakan dan penambangan liar. Salah satunya adalah penambangan pasir yang rutin dilakukan masyarakat seperti yang terlihat pada Gambar 4 berikut:



Gambar 4. Aktivitas penambangan pasir di bawah Jembatan Kuranji.

Dari gambar di atas terlihat jelas terjadinya penambangan pasir sungai secara liar dengan menggunakan dua buah kendaraan truk. Untuk ukuran standar, truk dapat mengangkut kurang lebih 7 m3 pasir atau kerikil.



Gambar 5. Kerusakan pada daerah aliran Batang Kuranji dilihat dari atas

Dari hasil analisa dengan standar BMS, nilai konstruksi bawah jembatan ini adalah 2 (perlu pemantauan) karena kondisi debris yang cukup banyak.

4.2. Jembatan Batang Arau

Jembatan Batang Arau yang diamati adalah jembatan sepanjang 107 meter yang membentang melintasi aliran Batang Arau. Serupa dengan Jembatan Kuranji, jembatan ini merupakan bagian dari jalan bypass Kota Padang sebagai jalan nasional. Dari pengamatan fisik jembatan maupun aktivitas masyarakat, terlihat kondisi jembatan masih baik walaupun kecemasan terhadap penurunan fungsi jembatan tetap harus menjadi perhatian. Secara standard Bridge Management System, juga dapat diberikan nilai 2 (dua) atau perlu pemantauan di masa yang akan datang.



Gambar 6. Aktivitas Masyarakat di bawah Jembatan Batang Arau

Aktivitas ilegal sand/gravel mining di bawah Jembatan Batang Arau tidak seliar dari Jembatan Kuranji. Masyarakat lebih menggunakan peralatan konvensional untuk menggali dan membawa pasir kerikil yang ada di Batang Arau ini, seperti yang terlihat pada gambar di atas.

4.3. Jembatan Air Dingin

Seperti halnya dengan Jembatan Kuranji, aktivitas masyarakat yang memanfaatkan banyaknya kerikil dan pasir di Sungai Air Dingin ini menggunakan truk dengan muatan yang cukup besar.



Gambar 7. Kegiatan penambangan pasir liar di bawah Jembatan Air Dingin



Gambar 8. Kondisi bawah struktur jembatan Air Dingin.

Kondisi bawah struktur jembatan diambil ketika air tidak begitu banyak. Dikhawatirkan adanya aktivitas penggalian dasar sungai oleh masyarakat menyebabkan berubahnya pola aliran sungai yang berhubungan dengan tiang penyangga jembatan.

4.4. Jembatan Gunung Nago

Jembatan Gunung Nago terletak di Kelurahan Lumbang Bukit Kecamatan Pauh Kota Padang. Jembatan ini secara visual sudah tidak nyaman lagi digunakan dan memerlukan perhatian khusus. Sementara itu, daerah sungai di bawah jembatan ini juga penuh dengan kegiatan penambangan liar seperti yang terlihat dari Gambar 9 berikut:



Gambar 9. Aktivitas penambangan ilegal di bawah konstruksi Jembatan Gunung Nago.

Jembatan Gunung Nago sendiri adalah jembatan yang melintasi Batang Kuranji seperti hanya Jembatan Kuranji. Adanya kerusakan dan aktivitas ilegal mining yang cukup masiv sejak dari hulu sungai menyebabkan Sungai Batang Kuranji ini seringkali mengalami banjir bandang, yang pada akhirnya akan merusak konstruksi jembatan yang melintasi Batang Kuranji



Gambar 10. Kondisi konstruksi struktur bawah dari Jembatan Gunung Nago.

Kondisi bawah struktur Jembatan Nago juga penuh dengan debris dan sampah sehingga memperburuk kondisi tiang penyangga yang memang telah terlihat rusak. Dari pengamatan dengan standar BMS, nilai dari kondisi struktur bawah ini adalah 3 yang artinya perlu penanganan segera dari instansi terkait, karena dikhawatirkan dapat memburuk beberapa waktu ke depan.

5. KESIMPULAN

Illegal mining atau penambangan liar seringkali menjadi hal yang merugikan masyarakat dan pemerintah. Padahal pemerintah telah mengeluarkan rangkaian produk undang undang untuk mengantisipasi hal ini seperti dengan adanya Undang-Undang Pemerintah No. 05 Tahun 2008 tentang AMDAL yang menyebutkan larangan adanya kegiatan penambangan yang dampaknya sangat merugikan masyarakat

Eksplorasi besar-besaran material pasir di bantaran sungai seringkali keseimbangan lingkungan di sepanjang aliran sungai terganggu. Penampang dasar sungai yang dulu hanya beberapa meter, akibat proses penambangan liar ini kini dapat turun drastis hingga belasan meter.

Berdasarkan pengalaman, volume pasir yang dikeruk dengan cara manual dan mekanik pertahunnya bisa mencapai kisaran jutaan meter kubik lebih. Hal ini tentu saja merusak keseimbangan ekosistem dan membahayakan keselamatan masyarakat banyak. Misalnya, robohnya jembatan di Kabupaten Padang Pariaman yang diduga karena tidak sanggup menampung beban truk pasir dari tambang galian C di kawasan itu.

Dari hasil pengamatan dan analisa dari kajian ini, dapat disimpulkan beberapa hal:

1. Kegiatan illegal mining galian C masih banyak terjadi di bantaran sungai di Kota Padang, khususnya pada sungai yang belum memiliki struktur penahan tanah pada sisi sisinya.
2. Kegiatan illegal mining ini dapat mempengaruhi kondisi struktur bagian bawah jembatan, sehingga pada akhirnya akan mempengaruhi keselamatan konstruksi secara keseluruhan.

6. UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Kemenristekdikti Republik Indonesia, karena makalah ini merupakan sebagian luaran dari penelitian yang didanai oleh Kemenristekdikti dengan No Kontrak 03/UN.16.17/PP.PT.PTUPT.K/LPPM/2018

DAFTAR PUSTAKA

- Amelia, A; Lasminto, U; dan Sarwono, B., 2017. Studi Kapasitas Angkut dan Gerusan Lokal pada Penampang Sungai Brantas Akibat Pilar Jembatan Tol Mojokerto-Kertosono, *JURNAL TEKNIK ITS* Vol. 6, No. 2, 2301-9271
- Fatimah, E. 2012. Studi Kedalaman Gerusan Lokal Pada Pilar Jembatan Simpang Surabaya Krueng Aceh, Banda Aceh, *Jurnal Teknik Sipil*, Volume 3, Nomor 1, September 2013, 27-36
- Lutjito dan Sujiyono 2012. Pengendalian gerusan di sekitar abutmen jembatan, *INERSIA*, Vol. VIII No.1, Mei 2012: 55-56
- Sarwono 2016. Studi karakteristik gerusan lokal pada beberapa tipe pilar jembatan, *Jurnal Sumber Daya Air* Vol.12 No. 1, Mei 2016: 89 - 104



Seminar Nasional Sains dan Teknologi Lingkungan III

| ISSN (Print) 2356-4938 | ISSN (Online) 2541-3880 |



Penentuan Lokasi Prioritas Penurunan Tingkat NRW Dengan Indeks Spasial Menggunakan GIS

Tomii Wirawan^a, Puti Sri Komala^a, Haris Suryamen^b

^a Pascasarjana Teknik Lingkungan Universitas Andalas

^b Fakultas Sistem Informasi Universitas Andalas

KATA KUNCI

Kehilangan Air,
Air tak Berekening (ATR),
DMA,
jumlah tertimbang,
SIG

KORESPONDENSI

E-mail: tomi_pdampadang@yahoo.com

A B S T R A C T

Kehilangan Air merupakan persoalan utama perusahaan air minum saat ini terutama di negara berkembang. Banyak faktor penyebab kehilangan air atau yang lebih dikenal dengan air tak berekening (ATR). Secara garis besar terdiri dari faktor secara fisik dan faktor non Fisik. Salah satu upaya untuk mengidentifikasi lokasi terjadinya kehilangan air tersebut adalah dengan membuat daerah isolasi yang bermeter atau lebih dikenal dengan District Metering Area (DMA). Banyak penelitian yang mengungkapkan keefektifan penggunaan DMA sebagai salah satu metode untuk penurunan kehilangan air. Namun penelitian tentang menentukan lokasi peta prioritas DMA dengan pendekatan spasial masih sangat jarang digunakan, meskipun metode ini sangat banyak diterapkan pada bidang lainnya. Sangat penting untuk mengidentifikasi lokasi prioritas DMA tersebut mengingat demikian luasnya daerah pelayanan dan jaringan pipa distribusi. Pendekatan analisis spasial untuk prioritas penanganan ATR dengan DMA dengan menggabungkan beberapa faktor dari berbagai sumber utama ATR yang tidak setara, berdasarkan konsep jumlah tertimbang, dikombinasikan dengan Sistem Informasi Geografis (SIG) memberikan kemungkinan untuk mendapatkan prioritas lokasi peta prioritas DMA. Fungsi dari penjumlahan tertimbang memungkinkan untuk menetapkan bobot numerik, untuk membedakan antara kriteria dan untuk menentukan peringkat prioritas DMA.

1. PENDAHULUAN

Berdasarkan Laporan tentang Penilaian Air Negara Indonesia (ADB, 2016) menyebutkan bahwa secara umum Negara Indonesia adalah negara yang kaya akan sumber daya air. Ketersediaan air yang ada melebihi permintaan di hampir semua lokasi, meskipun variabilitas musiman menciptakan “tekanan” air di musim kemarau. Dengan demikian, “tekanan” air adalah hasil dari kurangnya atau tidak berfungsinya infrastruktur daripada kurangnya air (mutlak). Ancaman utama terhadap ketersediaan air adalah manajemen yang buruk. Pembangunan perkotaan, yang tidak terkendali oleh perencanaan tata ruang, mengarah ke perambahan kota-kota ke daerah-daerah rawan banjir, dan perubahan penggunaan lahan yang tidak terkendali menyebabkan degradasi tangkapan yang serius, yang mengakibatkan tingginya muatan sedimen ke waduk. Tingkat pengolahan air limbah yang rendah untuk

populasi yang sangat besar mengurangi kualitas dari kondisi tingkatan yang tersedia secara serius.

Perubahan iklim menambah tingkat ketidakpastian pada situasi di atas, tetapi pendorong utama masih terkait dengan pertumbuhan penduduk dan kegiatan ekonomi. Air untuk permintaan domestik perkotaan diperkirakan akan meningkat dari sekitar 190 meter kubik per detik (m³ / detik) pada tahun 2015 menjadi 260 m³ / detik pada tahun 2030 (ADB, 2016).

Hal tersebut akan semakin meningkatkan kesadaran untuk menjaga dan melindungi air dari sumber hingga dimanfaatkan untuk kebutuhan masyarakat. Pengelolaan system penyediaan air minum harus dilakukan dengan pengaturan (manajemen) air yang berorientasi pada bagaimana mempertahankan kualitas, kuantitas dan kontinuitas serta keterjangkauan sebagai tolak ukurnya.

PDAM sebagai Perusahaan yang bertugas sebagai penyedia layanan air minum untuk masyarakat di Indonesia dalam kenyataannya masih banyak menghadapi persoalan dimana salah satunya adalah tingginya tingkat kehilangan air atau air yang tidak menjadi pendapatan yang lebih dikenal dengan istilah *non revenue water* atau disingkat dengan NRW atau dikenal juga di Indonesia dengan Air Tak Berekening (ATR).

Berdasarkan laporan kinerja PDAM (BPPSPAM, 2017) diketahui bahwa dari 378 PDAM yang dinilai kinerjanya saat ini telah melayani 11.198.920 sambungan langsung dengan total kapasitas produksi 143.649 l/dt. Dari total kapasitas produksi total tersebut **32,80 %** nya hilang menjadi air tak berekening. Artinya 47.116, 87 l/dt air hilang dan tidak menjadi pendapatan. Dengan jumlah jiwa yang dilayani 70.992.342 dari 154.683.203 jiwa yang ada di wilayah pelayanan, tentunya ironis dimana kebutuhan akan air dari PDAM masih sangat besar (83.640.861 jiwa). Kerugian tersebut belum termasuk kerugian akibat kehilangan sumber pendapatan, kehilangan energy yang terbuang dan penggunaan bahan kimia untuk pengolahan air. Jika dikalikan dengan tariff air rata-rata nasional Rp. 4.698/m³ maka kehilangan air yang tidak menjadi pendapatan adalah sekitar 19, 125 Miliar/ hari atau sekitar Rp. 1,7 Triliun/Tahun. Dengan kondisi diatas maka persoalan kehilangan air harus menjadi agenda utama dalam manajemen pengelolaan air minum.

Salah satu opsi, yang telah terbukti sangat berhasil khususnya di Inggris - di mana DMA awalnya dipromosikan adalah pengendalian kehilangan air menggunakan apa yang disebut *district metering areas* (DMAs). Konsep manajemen DMA pertama kali diperkenalkan ke industri air Inggris pada awal 1980-an, di UK Report 26 (Morrison, 2003), di mana sebuah distrik adalah area dari sistem distribusi yang secara khusus didefinisikan, misalnya oleh penutupan katup, dan di mana jumlah air yang masuk dan keluar dari distrik diukur seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Analisis aliran berikutnya, terutama aliran malam, menghitung tingkat kebocoran di dalam distrik. Ini untuk menentukan tidak hanya apakah pekerjaan harus dilakukan untuk mengurangi kebocoran, tetapi juga untuk membandingkan tingkat kebocoran di berbagai *district* untuk menilai di mana yang paling bermanfaat untuk melakukan kegiatan lokasi kebocoran (Morrison, 2003).

Dari kalimat terakhir dapat diketahui bahwa identifikasi atau preliminary design dari DMA mesti dilakukan, dan hal tersebut merupakan sebuah tantangan yang diberikan agar hasil yang diperoleh ketika DMA tersebut dimanfaatkan akan mendapatkan penurunan kehilangan air yang lebih baik sehingga target pendapatan juga akan lebih besar sehingga resource untuk penurunan

kehilangan air selanjutnya bisa berjalan secara berkelanjutan. Pembentukan DMA banyak dilakukan secara empirik, berdasarkan pengalaman pihak yang bersangkutan dan sangat sedikit penelitian mengenai hal ini (Izquierdo et al., 2011). Meskipun manfaat dari pembentukan DMA sangat banyak, akan tetapi literatur dan penelitian mengenai cara mendesain DMA sangat sedikit (Izquierdo et al., 2011). Desain serangkaian DMA sangat subyektif, dan tidak mungkin bahwa dua insinyur utilitas yang bekerja pada jaringan yang sama akan muncul dengan desain yang sama. Insinyur biasanya menggunakan seperangkat kriteria untuk membuat desain DMA awal yang harus diuji baik di lapangan atau menggunakan model jaringan (Morrison, 2003).

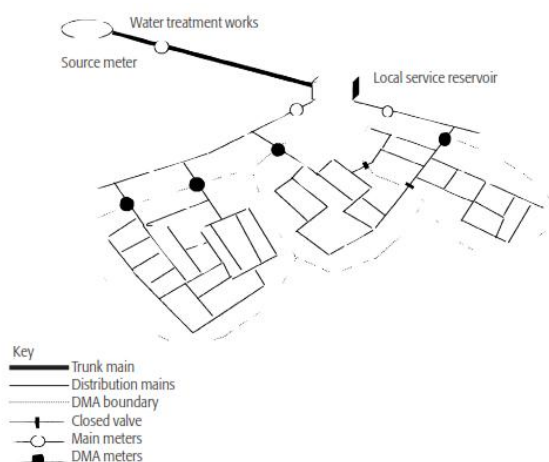
Kehilangan air bervariasi dari satu sistem dengan sistem lainnya, dan dapat dipengaruhi oleh panjang jaringan, jumlah koneksi, fluktuasi tekanan sepanjang hari, bahan pipa, karakteristik tanah, kualitas konstruksi, tingkat perlindungan pipa internal dan eksternal, jenis pemeliharaan dan pemeliharaan dari jaringan, kebocoran, ledakan, dan usia system (Kanakoudis, 2004). Pengalaman internasional menunjukkan bahwa proporsi kehilangan air terbesar terjadi dalam koneksi layanan (Pipa sambungan langsung) daripada di jaringan utama, kecuali dalam jaringan yang ditandai oleh kepadatan koneksi yang rendah (Cannarozzo et al, 2006).

Perusahaan air minum di Indonesia saat ini telah banyak mengembangkan sistem informasi geografis (SIG) yang berisikan informasi sebagian besar dari asset air minum. Selain berfungsi untuk informasi, SIG juga berfungsi untuk melakukan analisis yang berkaitan dengan data keruangan (spasial) dan data atribut dan termasuk bagaimana menggunakan data SIG sebagai pembentuk model hidrolis. Semua informasi dan hasil yang diperoleh baik oleh SIG dan model hidrolis dari jaringan distribusi tersebut sangat berguna dalam mengidentifikasi karakteristik jaringan sehingga hal ini akan menjadi awal atau dasar pembentukan dari DMA.

Pemanfaatan GIS sebagai preliminary design dalam menentukan lokasi untuk memperoleh hasil yang optimal dari penurunan kehilangan air akan diobservasi dalam hal ini dengan mengkaji literatur terhadap penelitian yang telah menggunakan metode yang sama untuk persoalan yang sejenis. Tools dengan GIS tersebut diharapkan dapat membantu Insinyur untuk melakukan trial error terhadap model DMA yang direncanakan berdasarkan dari faktor-faktor utama yang telah diambil dari studi literatur, sehingga penurunan air yang akan diperoleh dari suatu jaringan distribusi akan bisa diprediksi lokasinya yang berdampak secara pendapatan untuk diprioritaskan. Salah satu yang dapat digunakan dalam pengambilan lokasi yang tepat dari beberapa kriteria atau faktor yang

mempengaruhi secara data dan informasi geografis adalah menggunakan gabungan antara GIS dengan MCDA (multikriteria decision analysis)

Diawali dengan masalah-masalah keputusan spasial yang dihadapi oleh pemangku kepentingan seperti halnya perusahaan air minum biasanya melibatkan sejumlah besar alternatif yang layak dan kriteria evaluasi yang beragam, bertentangan dan tidak seimbang. Alternatifnya sering dievaluasi oleh sejumlah pihak (pembuat keputusan, manajer, pemangku kepentingan, kelompok kepentingan). Pihak-pihak ini tentunya mempunyai pandangan dari sisi mereka masing-masing yang disebut dengan preferensi, dan biasanya dicirikan oleh preferensi unik sehubungan dengan kepentingan relatif kriteria atas dasar alternatif yang dievaluasi. Dengan demikian, banyak masalah keputusan spasial yang memunculkan analisis keputusan multikriteria berbasis GIS (GIS-MCDA). Dua bidang penelitian yang berbeda ini, GIS dan MCDA, dapat saling menguntungkan (Gounaridis & Zaimis, 2012). Di satu sisi, teknik dan prosedur GIS memiliki peran penting untuk bermain dalam menganalisis masalah keputusan. Memang, GIS sering diakui 'sebagai sistem pendukung keputusan yang melibatkan integrasi data spasial yang direferensikan dalam lingkungan pemecahan masalah' (Cowen, 1988). Di sisi lain, MCDA menyediakan banyak koleksi teknik dan prosedur untuk menyusun masalah keputusan, dan merancang, mengevaluasi dan memprioritaskan keputusan alternatif. Pada tingkat yang paling dasar, GIS-MCDA dapat dianggap sebagai proses yang mengubah dan menggabungkan data geografis dan penilaian nilai (preferensi pembuat keputusan) untuk mendapatkan informasi untuk pengambilan keputusan. Hal ini dalam konteks kemampuan sinergis GIS dan MCDA yang dapat melihat manfaat untuk memajukan penelitian teoretis dan terapan pada GIS-MCDA.



Gambar 1. Pembagian Jaringan Distribusi ke dalam DMA (Morrison, 2003)

2. METODOLOGI

Metode yang dipakai adalah kajian pustaka dari artikel dan publikasi yang berkaitan dengan kehilangan air, dan faktor-faktor penyebabnya, serta kesesuaian karakteristik yang dimana dapat diketahui setelah adanya analisis terhadap penerapan DMA. Dari studi literature tersebut diketahui bahwa metode pembentukan DMA masih sangat jarang dengan menggunakan analisis GIS. Namun pada studi literatur terdahulu tentang perencanaan dan algoritma pembentukan DMA, penulis mencoba memetakan faktor-faktor tersebut dengan mengambil dari penelitian yang memiliki karakteristik fisik dan kondisi (environment) yang hampir sama. Setelah diketahui faktor-faktor penyebab tersebut maka dengan memanfaatkan kemampuan tools dari GIS dalam melakukan analisis seperti multicriteria decision (MCDA) maka dapat membantu dalam menentukan lokasi prioritas DMA

3. PEMBAHASAN

3.1 Studi Literatur GIS-MCDM pada 1990–2004

Dari hasil literatur review yang dilakukan oleh (Malczewski, 2006) Integrasi GIS dan analisis keputusan multikriteria telah menarik minat yang signifikan selama 15 tahun terakhir atau lebih pada saat artikel tersebut dipublikasikan pada tahun 2006. Makalah tersebut mensurvei pendekatan analisis multikriteria berbasis GIS (GIS-MCDA) menggunakan tinjauan pustaka dan klasifikasi artikel dari tahun 1990 hingga 2004. Pencarian elektronik menunjukkan bahwa lebih dari 300 artikel muncul dalam jurnal yang direferensikan. Makalah tersebut juga memberikan taksonomi untuk artikel-artikel tersebut dan mengidentifikasi tren dan perkembangan dalam GIS-MCDA.

Sejumlah pendekatan untuk menyusun GIS-MCDA telah disarankan dalam literatur (Jankowski, 2007, Malczewski 1999, Herwijnen dan Rietveld 1999, Laaribi 2000, Chakhar, 2003). Terlepas dari perbedaan antara kerangka GIS-MCDA, seseorang dapat mengidentifikasi lima komponen generik dari prosedur MCDA berbasis GIS: (i) tujuan atau serangkaian tujuan yang dilakukan oleh individu (atau sekelompok individu) untuk dicapai bersama dengan kriteria evaluasi terkait (tujuan dan / atau atribut) atas dasar pengambil keputusan mengevaluasi tindakan alternatif; (ii) pembuat keputusan atau sekelompok pengambil keputusan yang terlibat dalam proses pengambilan keputusan bersama dengan preferensi mereka; (iii) seperangkat alternatif keputusan (atau variabel keputusan); (iv) himpunan variabel tak terkendali atau keadaan alam (lingkungan keputusan); dan (v)

himpunan hasil atau konsekuensi yang terkait dengan masing-masing pasangan kriteria alternatif.

Mengingat komponen generik GIS-MCDA, dua skema klasifikasi untuk literatur GIS-MCDA dikembangkan. Pertama, semua artikel diklasifikasikan berdasarkan komponen geo-informasi (GIS) dari metode GIS-MCDA. Klasifikasi ini melibatkan pertimbangan berikut: (i) model data geografis, (ii) dimensi spasial kriteria evaluasi, dan (iii) definisi spasial alternatif keputusan. Kedua, artikel diklasifikasikan menurut elemen generik metode MCDA. Taksonomi ini didasarkan pada (i) sifat kriteria evaluasi, (ii) jumlah individu yang terlibat dalam proses pengambilan keputusan, dan (iii) sifat ketidakpastian. Selain itu, artikel diklasifikasikan sesuai dengan tingkat dan arah integrasi GIS dan MCDA, dan jenis domain aplikasi dan masalah keputusan. (Malczewski, 2006)

3.2 *Komponen GIS*

Taksonomi komponen geo-informasi dari pendekatan GIS-MCDA didasarkan pada dikotomi berikut: (i) model data raster versus vektor, (ii) kriteria spasial secara eksplisit dibandingkan kriteria spasial implisit, dan (iii) secara eksplisit alternatif spasial dibandingkan secara implisit spasial alternatif. (Malczewski, 2006)

3.3 *Komponen analisis keputusan multikriteria*

Mengingat elemen generik GIS-MCDA, seseorang dapat membedakan tiga dikotomi: (i) analisis keputusan multiobjective (MODA) versus analisis keputusan multiatribut (MADA), (ii) pengambilan keputusan individu versus kelompok, dan (iii) keputusan di bawah kepastian versus keputusan di bawah ketidakpastian (yaitu, pengambilan keputusan probabilistik dan fuzzy). Selain itu, artikel tersebut juga mengklasifikasikan sesuai dengan tingkat dan arah integrasi GIS dan MCDA, dan jenis domain aplikasi dan masalah keputusan. (Malczewski, 2006).

3.4 *MCDA dan GIS Analysis sebagai Preliminary Design DMA*

Lebih dari 80% dari semua informasi yang digunakan oleh utilitas air merupakan merujuk pada geografis (Shamsi, 2004). Sementara aplikasi GIS untuk system distribusi air bukanlah hal baru, dan saat ini penggunaan kemampuan GIS bergeser dari pemetaan terkomputerisasi ke aplikasi penting untuk memenuhi misi perusahaan. Aplikasi GIS membuat fungsi bisnis rutin lebih mudah dilakukan yang akan meningkatkan produktivitas dan mengurangi biaya. GIS memiliki penerapan yang luas untuk studi system distribusi air. Representasi dan analisis

fenomena yang berhubungan dengan air oleh SIG memfasilitasi manajemen. Dengan menggunakan informasi geografis dari pemetaan, pemodelan, manajemen aset, dan manajemen *work order*, manajer system distribusi air minum dapat mengembangkan program untuk peningkatan performa secara rinci baik pada operasi dan rencana pemeliharaan (Shamsi, 2004). Interkoneksi dengan system informasi lain seperti *billing system* dan sistem informasi pelanggan dll, dan dengan membuat data yang saling terhubung secara tersistem (*bridging*) maka data dari GIS akan selalu *up date* dan dinamis. Sehingga informasi dan monitoring pada spasial akan dapat dilakukan tanpa mengganggu system masing-masingnya karena hanya dilakukan proses integrasi data. Hal ini telah banyak dilakukan di perusahaan-perusahaan air minum dan juga bahkan hanya dengan menggunakan teknologi GIS yang *opensource* (seperti QGIS server dll).

Metodologi untuk menggunakan GIS dalam jaringan distribusi air untuk mengurangi waktu yang diperlukan untuk mengumpulkan dan menyimpan data dalam jaringan distribusi. Mentransfer data antara system GIS dan model analisis hidrolik membantu mengoptimalkan desain dan analisis teknik. Hasil analisis hidrolik (misalnya tekanan, aliran dll) dan model Optimasi (misalnya Diameter pipa) dapat ditampilkan dalam GIS, dan dalam kombinasi dengan lapisan lain seperti lapisan topografi kota, sangat membantu dalam pemahaman tentang perilaku jaringan dan mengidentifikasi zona kritis dalam jaringan. Menggunakan GIS telah memungkinkan tindakan cepat untuk mengidentifikasi masalah (misalnya, dalam kasus kerusakan pipa, area layanan) dalam sistem diikuti oleh solusi cepat untuk mengoptimalkan pekerjaan pemeliharaan jaringan, dan menyediakan kerangka kerja untuk perbaikan berkelanjutan (Awad & Yassin, 2014).

Dari Kriteria-kriteria yang dibutuhkan sebagai preliminary design untuk DMA tersebut diantaranya (Morrison, 2003):

- Ukuran DMA (mis. Jumlah koneksi — umumnya antara 1.000 dan 2.500)
- Jumlah katup yang harus ditutup untuk mengisolasi DMA
- Jumlah pengukur aliran untuk mengukur debit masuk dan keluar (semakin sedikit meter yang diperlukan, semakin rendah biaya pendirian)
- Variasi permukaan tanah dan tekanan di dalam DMA (area yang lebih datar lebih stabil tekanan dan lebih mudah untuk membuat kontrol tekanan)
- Fitur topografi yang mudah dilihat yang dapat berfungsi sebagai batas untuk DMA, seperti sungai, saluran drainase, rel kereta api, jalan raya, dll.

Selanjutnya kriteria umum diatas lebih berfungsi untuk membagi jaringan distribusi untuk operasional DMA, namun ketika jumlah DMA yang telah ditetapkan jumlahnya mencapai ribuan, maka akan sulit menentukan prioritas manakah yang harus diselesaikan terlebih dahulu. Mengingat keterbatasan sumber daya yang ada di perusahaan, maka perlu dilakukan penyaringan terhadap DMA-DMA yang telah di-setting atau yang akan direncanakan. Kriteria lainnya yang menjadi faktor penyebab utama dari kehilangan air tersebut perlu didefinisikan dan dengan menggunakan preferensi dan literatur yang ada, maka proses selanjutnya dapat dilakukan. Dengan asumsi di lokasi DMA yang dengan kemungkinan terjadinya kehilangan air yang besar, maka manfaat dari pendapatan dan sumber daya juga akan lebih besar diperoleh efeknya, untuk kemudian untuk menjadi modal dan berlanjut pada lokasi DMA berikutnya. Peningkatan DMA ini sangat dibutuhkan oleh perusahaan dengan sumber daya terutama dari sisi keuangan yang terbatas. Maka faktor-faktor penyebab yang telah diulas pada pendahuluan artikel ini kemudian dijadikan sebagai kriteria tambahan yang akan disesuaikan dengan preferensi ahli melalui proses GIS-MCDA. Dari taksonomy dari literatur tersebut yang telah dijelaskan sebelumnya dipilih metode GIS-MCDA yang paling tepat diterapkan pada penentuan lokasi prioritas DMA.

4. KESIMPULAN

Banyak metode yang telah dilakukan untuk menurunkan kehilangan air, baik dari segi aplikasi di lapangan maupun juga di tahap dalam merencanakan dan mengatur strateginya. Dari literatur review artikel yang telah dilakukan diketahui bahwa metode DMA cukup efektif sebagai sebuah teknik mengetahui kesetimbangan air yang masuk dan keluar serta berapa banyak kehilangan air yang terjadi. Namun penelitian tentang bagaimana merancang DMA masih sangat sedikit, yang banyak adalah metode algoritma secara matematis dan komputasi yang secara implementasi masih perlu untuk dilakukan penambahan kriteria-kriteria untuk merencanakan DMA. artikel ini menawarkan pengembangan dari gabungan antara geographical information system (GIS) dengan MCDA (multicriteria decision analysis) untuk mendapatkan lokasi DMA yang lebih prioritas sehingga sumber daya yang akan digunakan nantinya tidak banyak yang terbuang sia sia dan pendapatan yang dihasilkan dari air yang hilang-pun akan bisa dimanfaatkan untuk berpindah ke lokasi DMA yang selanjutnya sesuai dengan peningkatan DMA yang telah diperoleh.

DAFTAR PUSTAKA

- ADB. 2016. *Indonesia Country Water Assessment*. Manila: Asian Development Bank. Retrieved from www.adb.org; openaccess.adb.org
- Awad, H., & Yassin, A. 2014. *Geographic Information Systems in Water Distribution Networks*, (May).
- BPPSPAM, K. P. U. D. P. R. (2017). *BUKU KINERJA PDAM 2017*.
- Cannarozzo, M., Criminisi, A., Gagliardi, M., & Mazzola, M. R. 2006. *STATISTICAL ANALYSIS OF WATER MAIN FAILURES IN THE DISTRIBUTION NETWORK OF AN ITALIAN MUNICIPALITY*, 1–18.
- Chakhar, S. 2003. *Enhancing Geographical Information Systems Capabilities with Multi-Criteria Evaluation Functions*, 7(2), 47–71.
- Cowen, D. 1988. *GIS versus CAD versus DBMS : What Are the Differences ?*, 54(11).
- Gounaridis, D., & Zaimis, G. N. 2012. *GIS-based Multicriteria Decision Analysis Applied for Environmental Issues ; the Greek Experience*, 7(3), 307–321.
- van Herwijnen, M., & Rietveld, P. 1999. *Spatial Dimensions in Multicriteria Analysis*. In J. C. Thill (Ed.), *Spatial Multicriteria Decision Making and Analysis; A geographic information sciences approach* (pp. 77-102). Brookfield: Ashgate.
- Izquierdo, J., Herrera, M., Montalvo, I., Pérez-garcía, R., Valencia, U. P. De, & Vera, C. De. 2011. *Division of Water Supply Systems into District Metered Areas Using a Multi-agent Based Approach*, 167–168.
- Jankowski, P. 2007. *Integrating geographical information systems and multiple criteria decision-making methods*, 3798. <https://doi.org/10.1080/02693799508902036>
- Kanakoudis, V. K. 2004. *A troubleshooting manual for handling operational problems in water pipe networks*.
- LAARIBI, A., 2000, *SIG et Analyse Multicrite`re* (Paris: Hermès Sciences Publications).
- Malczewski, J., (1999), *GIS and Multicriteria Decision Analysis* (New York: Wiley).
- Malczewski, J. 2006. *GIS - based multicriteria decision analysis : a survey of the literature*, 8816(October). <https://doi.org/10.1080/13658810600661508>
- Morrison, J. 2003. *I W A T A S K F O R C E Managing leakage by District Metered Areas : a practical*, (January 2000), 2003–2005.
- Shamsi. 2004. *GIS Applications for Water Distribution Systems*, 6062, 459–473. <https://doi.org/10.14796/JWMM.R220-21>.



Seminar Nasional Sains dan Teknologi Lingkungan III

| ISSN (Print) 2356-4938 | ISSN (Online) 2541-3880 |



Penyisihan Logam Besi (Fe) Dalam Air Tanah Dengan Proses Aerasi menggunakan Kombinasi *Cascade Aerator* dan Arang Aktif

Edward HS, Shinta Elystia, Syarfi, Davin Zamora Putra

Teknik Lingkungan Universitas Riau, Pekanbaru, 28293, Indonesia

KATA KUNCI

Aerasi, cascade aerator, karbon aktif, besi (Fe), koefisien transfer gas

KORESPONDENSI

Telepon: 085263043012

E-mail: davinzamoraindra@gmail.com

A B S T R A C T

Kandungan Fe adalah logam yang keberadaannya berlimpah di dalam air tanah. Tingginya kadar Fe dalam air tanah dapat diproses menggunakan teknologi canggih atau teknologi sederhana. Salah satu teknologi yang dapat diterapkan untuk menyisihkan Fe adalah aerasi. Aerasi adalah proses penambahan oksigen ke dalam air untuk membuat reaksi oksidasi Fe yang kemudian akan menyebabkan endapan Fe (OH)₃. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mempelajari kemampuan aerasi cascade dalam menghilangkan kadar Fe dalam air tanah dengan variasi debit 90, 80, 70, 60, 50 ml / s dan penambahan karbon aktif. Kemudian menghitung nilai koefisien transfer gas (KLa) dalam proses aerasi menggunakan aerator cascade. Kadar Fe sebelum aerasi 2,5 mg / l. Hasil penelitian menunjukkan bahwa efisiensi penyisihan Fe tertinggi terjadi pada debit optimum 90 ml / s menggunakan karbon aktif dengan efisiensi 94,4%. Sedangkan efisiensi terendah terjadi pada debit 50 ml / s tanpa karbon aktif dengan efisiensi 75,5%. Serta nilai koefisien transfer gas tertinggi diperoleh dalam percobaan 90 ml / s dari 0,046 / menit

1. PENDAHULUAN

Air sebagai komponen lingkungan hidup akan mempengaruhi dan dipengaruhi oleh komponen lainnya. Air yang kualitasnya buruk akan mengakibatkan kondisi lingkungan hidup menjadi buruk sehingga akan mempengaruhi kondisi kesehatan dan keselamatan manusia serta kehidupan makhluk hidup lainnya (PP 82 Tahun 2001).

Besi (Fe) merupakan logam berat esensial dimana keberadaannya dalam jumlah tertentu sangat dibutuhkan oleh setiap organisme hidup. Zat besi yang berasal dari tanaman adsorpsi lebih sukar dari pada yang berasal dari hewan. Hampir seluruhnya diadsorpsi dalam bentuk besi bervalensi dua, karena pada usus halus bagian atas, pH yang ada (sekitar pH 5-7) menyebabkan besi bervalensi tiga membentuk ikatan hidroksida yang amat sukar larut dalam air. Hal yang penting diketahui, dari besi yang diadsorpsi sebagian tertentu akan masuk ke aliran darah dan sisanya akan disimpan dalam sel mukosa sebagai feritin (Mutscher, 1991).

Adanya kadar besi (Fe) dalam air menyebabkan warna air tersebut berubah warna setelah beberapa saat kontak dengan udara. Selain menimbulkan gangguan kesehatan juga menimbulkan bau yang kurang enak. Oleh karena itu, menurut PP

nomor 82 tahun 2001, kadar Fe dalam air minum yang diperbolehkan adalah 0,3 mg/L.

Penyisihan besi dalam air tanah dapat dilakukan dengan berbagai jenis pengolahan yaitu dengan menggunakan cara oksidasi (aerasi), sedimentasi, dan filtrasi. Alternatif untuk menurunkan kadar besi dalam air tanah adalah dengan

proses aerasi. Aerasi digunakan untuk menyisihkan gas yang terlarut di air permukaan atau untuk menambah oksigen ke air untuk mengubah substansi yang di permukaan menjadi suatu oksidan.

Ada beberapa jenis peralatan aerasi yang sering digunakan yakni aerator gravitasi, aerator sembur (spray aerator), aerator dengan difuser, dan aerator secara mekanik (Benefield, 1982; Fair dan Geyer, 1971; Peavy, 1986; Hammer, 1986). Untuk aerator gravitasi, beberapa cara yang sering digunakan misalnya aerator baki (*tray aerator*), *aerator cascade*, aerator dengan tower vertikal misalnya *bubble cap tray* dan lainnya.

Cascade aerator yaitu suatu proses memasukkan udara atau oksigen murni kedalam air dimana dalam proses ini merupakan suatu proses perputaran dimana aliran air saling bertemu yang biasanya menggunakan anak tangga/step. *Cascade aerator* dapat meningkatkan waktu kontak dan perbandingan antara volume dan area yang diperoleh, dengan membiarkan air

mengalir ke bawah di atas suatu rangkaian antara dinding-dinding. (Hewwet, 2011).

Penelitian ini menggunakan aerasi tipe *Cascade aerator* dengan pertimbangan teknis yang cukup sederhana dan hanya membutuhkan biaya pembuatan yang rendah dan mudah dilaksanakan, yaitu dengan melewatkan air pada susunan penampang bertingkat secara gravitasi. Metode ini mampu menaikkan oksigen sebesar 60-80 % dari jumlah oksigen yang tertinggi pada air (Hartini, 2012). Arang aktif memiliki fungsi sebagai adsorben untuk menyerap kadar logam yang terdapat didalam air. Arang aktif mampu menyisihkan kadar air tercemar yaitu sebesar 60-85 % (Mifbakhuddin, 2010). Berdasarkan penelitian sebelumnya, maka peneliti ingin mengembangkan kombinasi *Cascade aerator* dan arang aktif yang diharapkan dapat meningkatkan penyisihan kadar besi (Fe) didalam air tanah yang berada dikawasan Kota Pekanbaru.

2. METODOLOGI

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri air tanah yang berasal dari Kelurahan Palas, Kecamatan Rumbai, Kota Pekanbaru, Provinsi Riau.

Alat dan Instrumentasi

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *cascade aerator*, bak penampung, spektrofotometri serapan atom, DO meter, Pipet gondok, bola hisap.

Variabel Penelitian

Variabel tetap

- Luas permukaan pada *Cascade Aerator* yaitu terdiri dari 6 step dengan panjang 50 cm, lebar 20 cm, tinggi step 30 cm
- Volume umpan masing-masing 30 liter

Variabel berubah

- Debit 50 mL/s, 60 mL/s, 70 mL/s, 80 mL/s, 90 mL/s
- Dengan arang aktif dan tanpa arang aktif

Penelitian Utama

Penelitian utama dilakukan dengan variasi debit dan arang aktif, prosedur penelitian utama berupa :

- Tahap kerja *Cascade Aerator* tanpa menggunakan arang aktif
 - Masukkan air sebanyak 30 liter kedalam bak penampungan 1.
 - Debit yang digunakan untuk mengalirkan air sebesar 50, 60, 70, 80, 90 mL/d
 - Setelah air melewati setiap step dan tertampung pada bak penampungan akhir, Diamkan selama 10 menit dalam bak penampungan akhir
 - Tentukan kadar (Fe), hitung besar efisiensinya.
- Tahap kerja *Cascade Aerator* dengan menggunakan arang aktif
 - Masukkan air sebanyak 30 liter kedalam bak penampungan 1.
 - Letakkan arang aktif pada setiap step
 - Debit yang digunakan untuk mengalirkan air sebesar 50, 60, 70, 80, 90 mL/d
 - Setelah air melewati setiap step dan tertampung pada bak penampungan akhir, Diamkan selama 10 menit dalam bak penampungan akhir

Tentukan kadar (Fe), hitung besar efisiensinya.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Uji Pendahuluan

Sebelum melakukan penelitian dilakukan uji awal untuk melihat kadar Fe pada air tanah yang berfungsi untuk mengetahui kadar Fe melewati baku mutu. Kemudian dilakukan pengolahan air tanah untuk menurunkan kadar Fe agar memenuhi baku mutu air minum dengan metode aerasi menggunakan kombinasi *cascade aerator* dan arang aktif. Hasil uji awal yang dilakukan dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Perbandingan Hasil Pengamatan Air Tanah dengan PP Nomor 82 tahun 2001

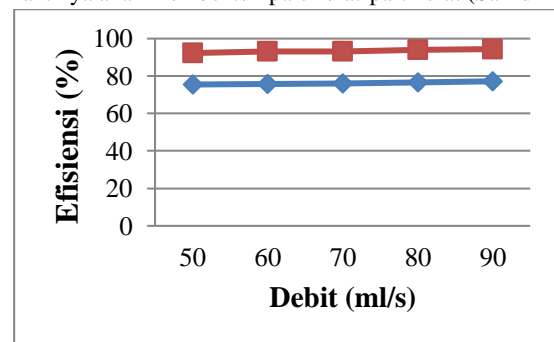
Karakteristik	Hasil analisa	Batas Baku Mutu
Kadar Fe	2,5	0,3

(Sumber: Lab. Kesehatan Provinsi Riau, 2017)

Diketahui bahwa kadar Fe melewati batas baku mutu untuk itu dilakukan pengolahan lebih lanjut agar air tanah yang digunakan dapat menjadi air minum.

Pengaruh Debit Terhadap Efisiensi

Prinsip dasar penurunan kadar Fe yang terdapat dalam air adalah aerasi. Dimana dalam proses aerasi kadar Fe berkontak langsung dengan oksigen sehingga mampu menurunkan kadar Fe dalam air. Dengan adanya *cascade* yang membantu memberi supply udara, maka terjadi reaksi Fe dengan oksigen yang nantinya akan membentuk partikulat-partikulat (Sari dkk, 2016).



Gambar 3.1 Grafik Hubungan Debit Dengan Efisiensi Kadar Fe

Berdasarkan Gambar 3.1 untuk pengaruh debit pada *cascade aerator* tanpa arang dan dengan arang aktif diketahui bahwa efisiensi kadar Fe terjadi peningkatan efisiensi pada setiap debit yaitu pada rentang 75,5% sampai 77,2% dan 92,3% sampai 94,4%.

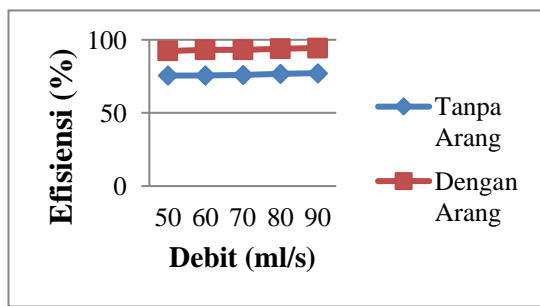
Prinsip *Cascade aerator* semakin besar debit yang digunakan maka semakin besar efisiensi penurunan kadar Fe dalam air hal ini disebabkan oleh tingginya turbulensi yang terjadi terhadap air sehingga mampu mengikat oksigen lebih besar. Hal ini didukung oleh penelitian hastutiningrum (2013) yang melakukan penurunan kadar besi dan mangan dalam air tanah dengan metode *conventional cascade* dan aerasi *vertical baffle channel cascade* bahwa semakin besar debit yang digunakan maka akan semakin besar efisiensi penurunan kadar Fe dan Mn dalam air. Namun apabila debit yang digunakan terlalu besar dapat menurunkan efisiensi. Hal ini juga didukung oleh penelitian Mirwan (2010) bahwa semakin besar debit maka semakin besar efisiensi yang didapatkan. Menurut Benefield (1980) bahwa

turbulensi akan meningkatkan laju perpindahan masa oksigen karena terjadi percepatan laju pergantian permukaan bidang kontak sehingga akan meningkatkan perpindahan oksigen.

Pengaruh Arang Aktif Terhadap Efisiensi

Karbon aktif merupakan senyawa amorf yang dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon atau arang yang diperlakukan secara khusus untuk mendapatkan daya adsorpsi yang tinggi. Karbon aktif dapat mengadsorpsi gas dan senyawa-senyawa kimia tertentu atau sifat adsorpsinya selektif, tergantung pada besar atau volume pori-pori dan luas permukaan (Darmawan, A.D.2008).

Prinsipnya semakin lama air berkontak dengan arang aktif maka semakin besar efisiensi penurunan kadar Fe dan Mn. Hal ini didukung oleh penelitian prabarini dkk (2014) yang melakukan penyisihan logam besi (Fe) pada air sumur dengan karbon aktif dari tempurung kemiri yang menyatakan dalam suatu proses adsorpsi lamanya waktu kontak dapat mempengaruhi turunnya konsentrasi ion logam yang terdapat pada air.



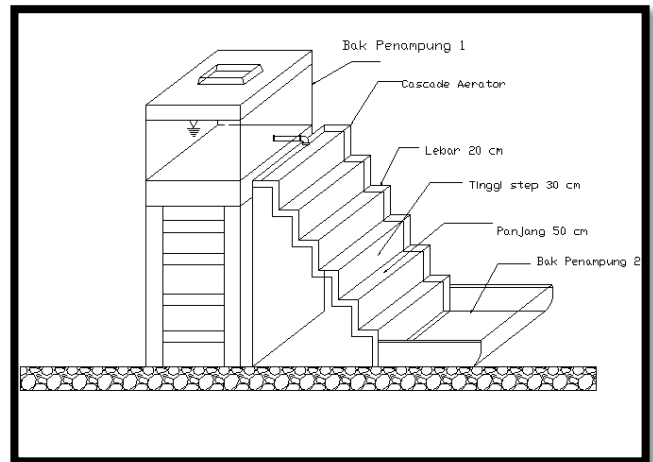
Gambar 3.2 Grafik Pengaruh Arang Aktif Terhadap Efisiensi Kadar Fe

Berdasarkan penelitian yang dilakukan efisiensi menggunakan arang aktif lebih besar apabila dibandingkan dengan yang tanpa menggunakan arang aktif karena arang aktif memiliki kemampuan sebagai adsorben sehingga mampu mengikat kadar Fe dan Mn dalam air. Hal ini menunjukkan bahwa arang aktif dapat mengadsorpsi gas dan senyawa-senyawa kimia tertentu atau sifat adsorpsinya selektif tergantung besar atau volume pori-pori dan luas permukaan (Darmawan, A.D. 2008). Hal ini didukung oleh penelitian sari dkk, (2016) yang melakukan penurunan besi (Fe) dan mangan (Mn) dengan menggunakan *cascade aerator* dan rapid sand filter pada air sumur gali menyatakan bahwa mangan zeolit mempunyai 3 fungsi yaitu sebagai adsorben, oksidan, dan penukar ion.

3.2. Gambar Alat

Cascade Aerator ialah *Cascade Aerator*, pada dasarnya aerator ini terdiri atas 4 – 6 step/tangga, setiap step kira-kira ketinggian 30 cm dengan kapasitas kira-kira 0,01 m³/detik untuk menghilangkan gerakan putaran (*turbulence*) guna menaikkan efisiensi aerasi. *Cascade Aerator* merupakan salah satu alat untuk aerasi dengan sistem gravitasi. Prinsip kerja *Cascade Aerator* melewati step tersebut akan kontak dengan oksigen dengan udara, yaitu air dilewatkan pada susunan penampang bertingkat secara

gravitasi. Pada *Cascade Aerator* initeknis pembuatannya cukup sederhana dengan biaya yang tidak terlalu mahal dan mudah dilaksanakan, Metode *Cascade Aerator* ini mampu menaikkan oksigen yang tertinggi pada air (Hartini, 2012). Keuntungan *Cascade Aerator* adalah alatnya yang sederhana dan mudah diaplikasikan seras mudah dalam perawatan.



Gambar 3.1 Alat Cascade Aerator yang digunakan

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan penelitian mengenai Penyisihan Logam Besi (Fe) Dalam Air Tanah Menggunakan Kombinasi *Cascade Aerator* dan Arang Aktif dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Efisiensi penyisihan logam Fe menggunakan *Cascade aerator* sebesar 75,5 % sampai 77,2 %.
2. Efisiensi penyisihan logam Fe menggunakan kombinasi *Cascade aerator* dan arang aktif sebesar 92,3 % sampai 94,4 %.
3. Dari penelitian yang dilakukan semakin besar debit yang digunakan maka semakin besar efisiensi penurunan Fe dalam air. Hal ini disebabkan oleh tingginya turbulensi yang terjadi terhadap air sehingga mampu mengikat oksigen lebih besar.
4. Pengaruh arang aktif dalam menurunkan kadar Fe dapat meningkatkan efisiensi dikarenakan arang aktif memiliki kemampuan sebagai adsorben yang mampu mengikat zat pengotor dalam air tanah
5. Nilai KLa tertinggi pada penelitian ini terjadi pada percobaan 90 ml/s dengan arang aktif yaitu sebesar 0,046/menit.

DAFTAR PUSTAKA

- Arifiani, N.F., Hadiwidodo, M., 2007. Evaluasi Desain Instalasi Pengolahan Air PDAM Ibu Kota Kecamatan Prambanan Kabupaten Klaten. *Jurnal Presipitasi* Vol. 3 No.2 September 2007, ISSN 1907-187.
- Asmadi., Khayan., Kasjono, H, (2011). *Teknologi Pengolahan Air Minum*. Yogyakarta : Gosyen Publishing

- Bennefield, Larry D; Randall, Clifford W, 1980. *Biological Process Design for Wastewater Treatment*, Prentice-Hall, Inc, Englewood Cliffs, NJ 07632.
- Hartini, E., 2013. penurunan kandungan zat besi (fe) dalam air sumur gali dengan metode aerasi. *JURNAL VISIKES* - Vol. 12 / No. 1. Universitas Dian Nuswantoro Semarang.
- Hastutiningrum, S., Purnawan., dan Nurmaitawati, E., 2015. Penurunan Kadar Besi (Fe) dan Mangan (Mn) Dalam Air Tanah dengan Metode Aerasi *Conventional Cascade* dan Aerasi *Vertical Baffle Channel Cascade*. IST AKPRIND Yogyakarta.
- Hewett, E., 2011. Banana Peel Heavy Metal Water Filter. *STEM Research*.
- Kusnaedi., 2010. Mengolah Air Kotor untuk Air Minum. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Mifbakhuddin., 2010. Pengaruh Ketebalan Karbon Aktif Sebagai Media Filter Terhadap Penurunan Kesadahan Air Sumur Artetis. Universitas Muhammadiyah Semarang
- Mirwan, M. *Penurunan Konsentrasi Besi (Fe) Dan Mangan (Mn) Pada Air Tanah Dengan Sistem Menara Aerasi*, Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat. Progdik Teknik Lingkungan FTSP UPN “Veteran” Jatim 2010. ISBN: 978-602-98517-4-8
- Prabarini, N dan Okayadnya, DG, 2016. Penyisihan Logam Besi (Fe) Pada Air Sumur Dengan Karbon Aktif Dari Tempurung Kemiri. Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jatim.
- Republik Indonesia, 2001. Peraturan Pemerintah No. 82 tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air Dan Pengendalian Pencemaran Air. Sekretariat Negara. Jakarta
- Said, N.I., 2005. Metoda Penghilangan Zat Besi Dan Mangan Di Dalam Penyediaan Air Minum Domestik. Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Lingkungan, BPPT.
- Sari, W.K., Karnaningroem, N., 2016. Studi Penurunan Besi (Fe) dan Mangan (Mn) Dengan Menggunakan Cascade Aerator Dan Rapid Sand Filter Pada Air Sumur Gali, Institut Teknologi Surabaya
- Setiawan, A. Kardono R.A, Darmawan, A.D, Santoso, A.H, dan Prasetyadi. 2008. Teknologi Penyerapan Karbondioksida dengan Kultur Fitoplankton Pada Fotobioreaktor. Pusat Teknologi Lingkungan – BPPT. Pusat Penelitian Oseanologi – LIPI. Jakarta

NOMENKLATUR

$$Efisiensi\ Besi = \frac{(C_{in} - C_{out})}{(C_{in})} \times 100\%$$

dimana

% Removal= banyaknya kadar Fe yang berhasil di removal (%)

C in = Konsentrasi Fe awal pada air sampel (mg/l)

Cout = Konsentrasi Fe akhir pada air sampel (mg/l)

LAMPIRAN

Tabel Hasil Pengujian setelah Proses Aerasi

Perla kuan	Debit (ml/s)	Uji Awal		Hasil Konsentrasi (mg/l)		Efisiensi (%)	
		Fe	Mn	Fe	Mn	Fe	Mn
Arang Aktif	50			0,192	0,0182	92,3	95,5
	60			0,173	0,0058	93	98,6
	70			0,168	0,0058	93,2	98,6
	80	2,5	0,4	0,151	0,0043	93,9	98,9
	90			0,138	0,0034	94,4	99,2
Tanpa Arang Aktif	50			0,611	0,0218	75,5	94,6
	60			0,604	0,0130	75,8	96,8
	70			0,596	0,0130	76,1	96,8
	80			0,582	0,0112	76,6	97,7
	90			0,570	0,0050	77,2	98,9

PERHITUNGAN EFISIENSI

Rumus :

$$Efisiensi\ Besi = \frac{(C_{in} - C_{out})}{(C_{in})} \times 100\%$$

- $Efisiensi\ Besi\ 50\ ml/s = \frac{(2,5 - 0,192)}{(2,5)} \times 100\%$

$$Efisiensi\ Besi\ 50\ ml/s = 92,3\%$$

- $Efisiensi\ Besi\ 60\ ml/s = \frac{(2,5 - 0,173)}{(2,5)} \times 100\%$

$$Efisiensi\ Besi\ 60\ ml/s = 93\%$$

- $Efisiensi\ Besi\ 70\ ml/s = \frac{(2,5 - 0,168)}{(2,5)} \times 100\%$

$$Efisiensi\ Besi\ 70\ ml/s = 93,2\%$$

- $Efisiensi\ Besi\ 80\ ml/s = \frac{(2,5 - 0,151)}{(2,5)} \times 100\%$

$$Efisiensi\ Besi\ 80\ ml/s = 93,9\%$$

- $Efisiensi\ Besi\ 90\ ml/s = \frac{(2,5 - 0,138)}{(2,5)} \times 100\%$

$$Efisiensi\ Besi\ 90\ ml/s = 94,4\%$$



Seminar Nasional Sains dan Teknologi Lingkungan III

[ISSN (Print) 2356-4938 | ISSN (Online) 2541-3880]



Kajian Ekonomis Penggunaan Koagulan Untuk Mengatasi Fluktuasi Kekeruhan Air Baku

Puti Sri Komala, Ningsih Ika Pratiwi, Annisa Huwaida

Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Andalas

KATA KUNCI

coagulation,
turbidity fluctuation,
PAC,
alum,
optimum dose

KORESPONDENSI

E-mail: putisrikomala@eng.unand.ac.id

A B S T R A C T

This study aims to determine the optimum dose of coagulant and compare the use of coagulant economically. The experiment was conducted by using jar test method using Poly Aluminum Chloride (PAC) and alum coagulants based on raw water turbidity that occurred during the rainy and dry season at Gunung Pangilun water treatment plant of Padang Water Enterprise. The coagulant performance was determined based on the greatest efficiency, the fastest time to reduce turbidity and the economic cost of coagulant use. The optimum dose of PAC required in the turbidity range of 6.7-5.632 NTU is 5-20 ppm and dosage of Aluminum Sulfate 5-60 ppm. Coagulant PAC is more effective than Aluminum Sulfate in, with an average removal efficiency of PAC i.e. 96,82% and Aluminum Sulfate 91,27%. Costs required of coagulant PAC was cheaper than Aluminum Sulfate with the difference cost of Rp.2.000.000/month.

1. PENDAHULUAN

Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) merupakan Badan Usaha Milik Daerah yang bergerak di bidang pelayanan air minum (Peraturan Menteri Dalam Negeri, 2007). Tujuan utama dari kegiatan PDAM adalah menyediakan air minum untuk memenuhi kebutuhan masyarakat agar mendapatkan kehidupan yang sehat, bersih, dan produktif (Peraturan Pemerintah Republik Indonesia, 2015). Peraturan tersebut juga menyatakan bahwa, penyelenggaraan Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) perlu mempertimbangkan ketersediaan sarana dan prasarana SPAM dalam rangka memenuhi kuantitas, kualitas, dan kontinuitas air minum dengan harga terjangkau. Untuk mendapatkan harga yang terjangkau, disamping tercapainya kepentingan yang seimbang antara pelanggan dan pengelola, maka diperlukan penyelenggaraan penyediaan air minum yang efektif dan efisien.

PDAM Kota Padang sebagai perusahaan milik negara yang melayani kebutuhan air minum untuk Kota Padang memiliki beberapa sumber air baku, salah satunya ialah Sungai Batang Kuranji yang diolah di instalasi pengolahan air (IPA) Gunung Pangilun. Dalam pengolahan air baku menjadi air minum, kekeruhan

merupakan salah satu persyaratan kualitas air minum berdasarkan Permenkes 492 Tahun 2010. PDAM Padang untuk pengolahannya memakai IPA Konvensional dimana salah satu unit yang digunakan adalah unit koagulasi-flokulasi. Unit koagulasi-flokulasi merupakan unit yang berperan penting dalam penurunan tingkat kekeruhan air baku (Poznyak et al., 2008). Fluktuasi kekeruhan pada air baku dipengaruhi oleh musim, dimana pada saat musim hujan kekeruhan dapat meningkat drastis sementara pada musim kemarau kekeruhan rendah. Dari beberapa jenis koagulan, alum ($Al_2(SO_4)_3$) merupakan salah satu jenis koagulan yang sering digunakan dalam instalasi pengolahan air minum (Niquette et al., 2004; Zouboulis et al., 2008). Penggunaan koagulan alum lebih ekonomis, mudah diperoleh dan menghasilkan kualitas air yang baik (Farhaoui and Derraz, 2016; Niquette et al., 2004). Namun, pada kekeruhan tinggi terutama saat musim hujan diperlukan dosis alum yang lebih tinggi, sehingga diperlukan biaya yang lebih besar (Farhaoui and Derraz, 2016). Pemakaian yang besar dapat menyebabkan residu alumina terlarut yang tinggi dibandingkan pemakaian jenis koagulan polimer aluminium lainnya (Niquette et al., 2004). Konsentrasi residu alum yang terlalu tinggi pada manusia dapat menyebabkan penyakit alzheimer (Niquette et al., 2004; Yang et al., 2010). Disamping itu,

pemberian dosis yang berlebih mengakibatkan penurunan pH pada larutan (Wulan et al., 2010).

Salah satu jenis koagulan polimer aluminium lainnya adalah *Poly Aluminium Chloride* (PAC). Kinerja koagulan PAC lebih unggul dalam meningkatkan kualitas air dengan dosis yang lebih sedikit (Nasir and Daud, 2014; Zouboulis et al., 2008), sehingga dampak yang ditimbulkan juga lebih sedikit dibandingkan dengan alum (Mbaeze et al., 2017). Senyawa kimia yang terkandung dalam PAC bersifat lebih aktif, sehingga proses pembentukan flok lebih cepat (Niquette et al., 2004; Wulan et al., 2010; Zouboulis et al., 2008). Selain itu koagulan PAC ini bersifat larut dalam air, sehingga tidak tersisa endapan pada bak pelarut yang harus dibuang dan membahayakan lingkungan (Niquette et al., 2004).

Untuk mendapatkan kualitas air hasil olahan yang optimal dan biaya yang ekonomis terutama dalam menangani tingkat kekeruhan air baku yang fluktuatif akibat perubahan musim, dalam penelitian ini akan dilakukan perbandingan penggunaan koagulan alum dan PAC baik dari segi kinerjanya maupun dari segi biaya yang diperlukan berdasarkan penggunaan koagulan optimum.

2. METODOLOGI

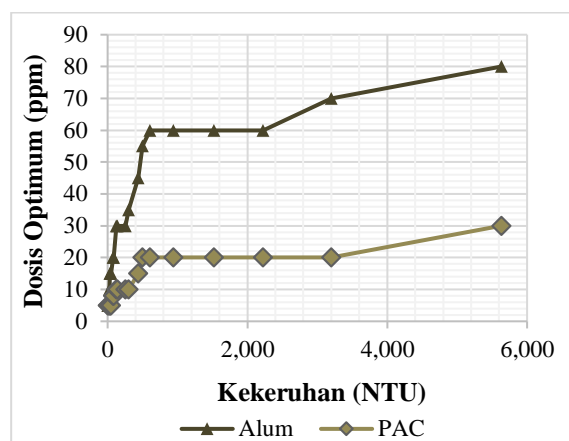
Percobaan dilakukan dalam 6 beaker glass berukuran 1 L. Sampel air yang digunakan berasal dari air baku IPA Gunung Panglun yaitu Sungai Batang Kuranji. Kekeruhan pada sampel bervariasi sesuai dengan kondisi air baku yang masuk ke dalam IPA yaitu 6 NTU sampai >5000 NTU. Kekeruhan yang tinggi menandakan sampel air baku pada kondisi setelah hujan turun. Koagulan yang digunakan adalah Poly Aluminium Chloride (PAC) dan Aluminium Sulfat dengan dosis 5, 10, 15, 20, 25 dan 30 ppm pada masing-masing beaker glass, dan kelipatan 5 jika tidak diperoleh dosis yang mencukupi. Sampel diaduk menggunakan jar test dengan kecepatan pengadukan cepat (koagulasi) 100 rpm selama 60 detik dan dilanjutkan dengan pengadukan lambat (flokulasi) dengan kecepatan 40 rpm selama 1 menit. Sampel didiamkan sampai terbentuknya flok-flok, waktu pembentukan flok diamati. Dosis optimum koagulan adalah dosis dimana koagulan untuk menurunkan tingkat kekeruhan air baku sampai memenuhi persyaratan Permenkes 492 Tahun 2010 yaitu < 5 NTU (Kementerian Kesehatan, 2010).

Analisis biaya koagulan diperoleh berdasarkan biaya koagulan yang dibutuhkan untuk mengatasi kekeruhan air baku yang terjadi selama satu tahun pada tahun 2016.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Dosis Optimum

Dosis optimum koagulan ditentukan berdasarkan hasil pengujian *jar test* dengan variasi dosis 5 ppm, 10 ppm, 15 ppm, 20 ppm, 25 ppm dan 30 ppm. Penentuan variasi dosis koagulan pada *jar test* disesuaikan dengan tingkat kekeruhan air baku. Hasil perbandingan pemakaian dosis optimum antara koagulan PAC dan Aluminium Sulfat dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Perbandingan Dosis Optimum Koagulan

Pada **Gambar 1** dapat dilihat bahwa dosis optimum yang digunakan bervariasi sesuai dengan tingkat kekeruhan air baku. Sebagai contoh pada tingkat kekeruhan air baku 302 NTU diperoleh dosis optimum PAC sebesar 10 ppm, sedangkan dosis optimum Aluminium Sulfat sebesar 30 ppm. Semakin tinggi tingkat kekeruhan semakin besar dosis optimum yang digunakan. Penggunaan dosis optimum Aluminium Sulfat hampir mencapai 3 kali lipat dari pemakaian PAC.

PAC merupakan senyawa polimer yang memiliki bentuk spesies aluminium dominan dengan formula $Al_{13}O_4(OH)_{24}(H_2O)_{12}^{7+}$ (disingkat sebagai Al_{13}^{7+}), sementara alum merupakan spesies monomer yang didominasi oleh spesies alum $Al(H_2O)_6^{3+}$, $Al(OH)^{2+}$ dan $Al(OH)_4^-$ (Geng, 2005). Menurut Geng, dengan berat molekul polimer yang lebih besar dibandingkan dengan monomer, sebaliknya ukuran dari spesies polimer lebih kecil dari spesies monomer dan densitas spesies polimer lebih besar dari spesies monomer. Oleh karena itu senyawa PAC lebih mudah bereaksi dengan partikel yang terdapat di dalam air dan proses koagulasi-flokulasi dengan PAC tidak membutuhkan dosis yang besar. Terlihat bahwa dengan tingkat kekeruhan tertinggi koagulan PAC lebih efektif dibandingkan dengan Aluminium Sulfat berdasarkan dosis optimum yang digunakan. Penelitian koagulasi pada variasi kekeruhan 10-1000 NTU telah dilakukan menggunakan alum dan PAC dan diperoleh kinerja penyisihan tertinggi oleh PAC

yaitu 93% dibandingkan dengan Alum 82% (Zand and Hoveidi, 2015).

Pemilihan dosis optimum selain dari kekeruhan akhir yang diukur setelah *jar test*, juga ditentukan berdasarkan besar ukuran flok yang terbentuk serta waktu pengendapan flok dan. Hasil percobaan penentuan dosis optimum dari koagulan PAC pada kekeruhan 50,3 NTU dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1 Penentuan Dosis Optimum Koagulan PAC

Air baku (NTU)	Dosis (ppm)	Ukuran Flok	Kekeruhan akhir (NTU)	Dosis Optimum (ppm)
50,3	5	+++	1,82	5
	10	+++	1,22	
	15	++	1,11	
	20	++	1,84	
	25	+	2,67	
	30	+	7,12	

Keterangan: + Flok kecil dan sedikit
++ Flok besar dan sedikit
+++ Flok besar dan banyak

Dosis optimum koagulan PAC untuk kekeruhan 50,3 NTU adalah 5 ppm, dosis tersebut telah mampu menurunkan tingkat kekeruhan air baku sampai kadar yang memenuhi persyaratan kualitas air minum berdasarkan Permenkes 492 Tahun 2010 yaitu < 5 NTU. Selain itu pada dosis ini ukuran flok yang dihasilkan lebih besar dan banyak sehingga dengan waktu pengendapan flok selama 30 menit, pengendapan flok dengan dosis 5 ppm lebih cepat dibandingkan dosis yang lain. Hal ini dibuktikan dengan waktu pembentukan flok oleh PAC yang lebih cepat selain konsumsinya juga lebih sedikit (Geng, 2005).

Secara rinci jumlah pemakaian masing-masing koagulan berdasarkan dosis optimum pada kekeruhan yang terjadi pada musim kemarau dan hujan dapat dilihat pada **Tabel 2**. Pemakaian koagulan berbanding lurus dengan dosis optimum yang digunakan. Pemakaian koagulan PAC lebih sedikit dibandingkan dengan pemakaian alum baik pada musim kemarau maupun musim hujan dengan tingkat kekeruhan yang sama. Namun semakin besar dosis optimum maka jumlah pemakaian koagulan semakin besar. Penggunaan alum sebagai koagulan dalam dosis besar perlu dibatasi sehubungan dengan residu alum yang besar yang dapat mempunyai dampak negatif terhadap kesehatan (Niquette et al., 2004).

3.2 Waktu Pembentukan Flok

Waktu pembentukan flok masing-masing koagulan dihitung berdasarkan waktu yang dibutuhkan untuk pembentukan flok sampai mengendap setelah percobaan *jar test* pada sampel air baku. Waktu pembentukan flok

hingga mengendap pada koagulan PAC adalah 20 menit, sedangkan dengan koagulan Aluminium Sulfat memerlukan waktu selama 45 menit. Ukuran flok yang dihasilkan dari koagulan PAC lebih kecil daripada flok yang dihasilkan oleh Aluminium Sulfat, namun berat jenisnya lebih besar sehingga kecepatan pengendapannya menjadi lebih besar (Geng, 2005). Ikatan dengan koloid diperkuat dengan rantai polimer dari gugus polielektrolit sehingga gumpalan flok menjadi lebih padat. Penambahan gugus hidroksil ke dalam rantai koloid yang hidrofobik akan menambah berat molekul sehingga mempercepat proses pengendapan.

Tabel 2. Pemakaian Koagulan per Hari

Kekeruhan (NTU)	Dosis Optimum (ppm)		Pemakaian Koagulan (kg/hari)	
	PAC	Alum	PAC	Alum
6,73	5	5	216	216
14,3	5	5	216	216
25,3	5	10	216	432
33,8	5	15	216	648
40	5	15	216	648
50,3	5	15	216	648
79,6	5	20	216	864
87,2	8	20	345,6	864
122	10	30	432	1296
140	10	30	432	1296
258	10	30	432	1296
302	10	35	432	1512
437	15	45	648	1944
501	20	55	864	2376
607	20	60	864	2592

Keterangan: 6,73-50,3 NTU Musim Kemarau
79,6-607 NTU Musim Hujan

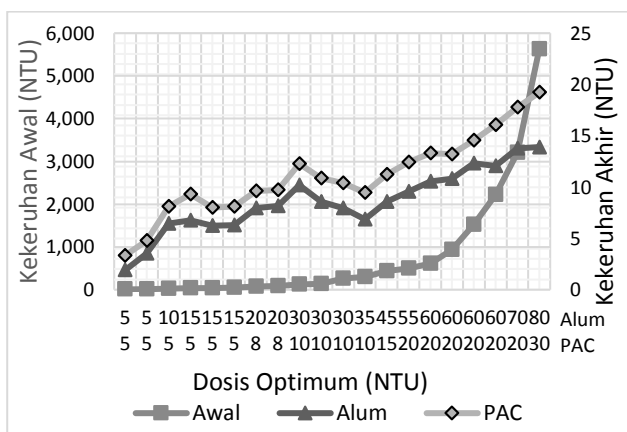
3.3 Penyisihan Kekeruhan

Pada **Tabel 3** dapat dilihat bahwa efisiensi penyisihan kekeruhan rata-rata dengan menggunakan PAC lebih tinggi dibandingkan dengan Aluminium Sulfat yaitu sebesar 96,82% dan 91,27. Koagulan PAC sangat efektif digunakan pada tingkat kekeruhan yang tinggi yaitu >200 NTU dengan persentase penyisihan mencapai 99%. Perbandingan penurunan tingkat kekeruhan antara pemakaian koagulan Aluminium Sulfat dengan PAC dapat dilihat pada **Gambar 2**. Konsentrasi kekeruhan air baku setelah pembubuhan koagulan PAC lebih rendah dibandingkan dengan Aluminium Sulfat. Seperti pada kekeruhan air baku sebesar 1.521 NTU, setelah dibubuhkan koagulan PAC dengan dosis sebesar 20 ppm kekeruhan menjadi 2,21 NTU sedangkan kekeruhan

setelah pembubuhan Aluminium Sulfat dengan dosis sebesar 60 ppm yaitu 12,34 NTU.

Tabel 3 Perbandingan Penyisihan Kekeruhan Air Baku setelah Proses Koagulasi

Kekeruhan awal (NTU)	Kekeruhan akhir (NTU)	
	PAC	Aluminium Sulfat
6,73	1,43	1,9
14,3	1,25	3,54
25,3	1,67	6,46
33,8	2,53	6,78
40	1,79	6,23
50,3	1,82	6,31
79,6	1,69	7,93
87,2	1,56	8,16
122	2,05	10,2
140	2,31	8,55
258	2,44	7,96
302	2,58	6,88
437	2,66	8,57
501	2,87	9,54
607	2,74	10,55
939	2,40	10,82
1521	2,21	12,34
2222	3,96	12,08
3200	4,03	13,77
5632	5,32	13,90
Rata-Rata	2,47	8,62

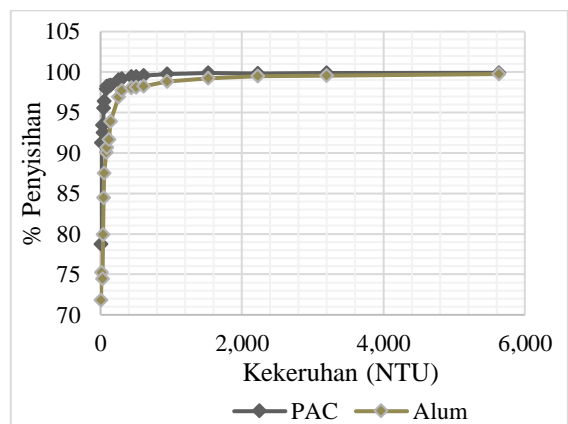


Gambar 1 Penurunan Kekeruhan Air Baku

Perbandingan persentase penyisihan antara kedua koagulan dapat dilihat pada Gambar 3. Persentase penyisihan kekeruhan oleh koagulan PAC lebih tinggi dibandingkan dengan Aluminium Sulfat dengan pemberian dosis optimum pada kekeruhan yang sama. Misalnya pada kekeruhan 6,73 NTU dengan koagulan PAC diperoleh efisiensi penyisihan kekeruhan sebesar

78,75% sedangkan menggunakan Aluminium Sulfat sebesar 71,77%.

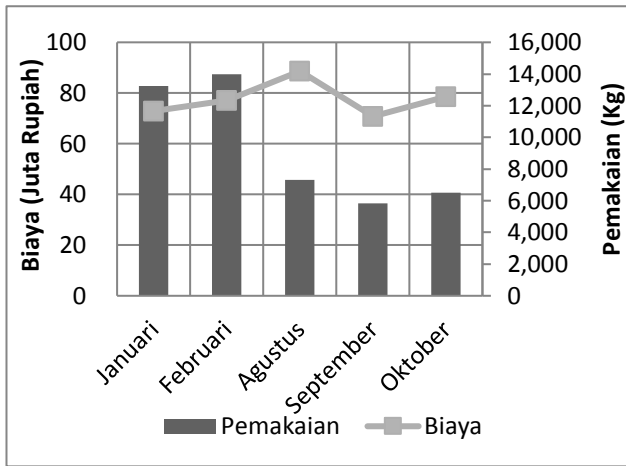
Efisiensi penyisihan kekeruhan menggunakan koagulan PAC dan Aluminium Sulfat meningkat seiring dengan peningkatan kekeruhan air baku hingga tingkat kekeruhan 939 NTU dengan efisiensi menggunakan PAC sebesar 99,74% dan Aluminium Sulfat sebesar 98,85%. Namun, pada tingkat kekeruhan >1.000 NTU efisiensi penyisihan kekeruhan dengan dosis optimum baik koagulan PAC ataupun Aluminium Sulfat hampir sama yaitu >99%. Hasil penelitian ini memperlihatkan bahwa kinerja kedua koagulan tidak menunjukkan kinerja baik pada kekeruhan rendah, namun kinerja penyisihan meningkat pada kekeruhan yang tinggi. Hasil yang sama diperoleh Zand, bahwa kekeruhan yang rendah dapat mengganggu proses koagulasi akibat konsentrasi partikel stabil yang rendah (Zand and Hoveidi, 2015). Zand juga mengungkapkan bahwa proses koagulasi dipengaruhi oleh pH, dosis koagulan serta kekeruhan awal air baik untuk Alum maupun PAC. Koagulan PAC memiliki kemampuan penyisihan yang lebih tinggi karena flok yang dihasilkan memiliki kemampuan mengendap yang lebih baik dibandingkan flok alum, disamping itu spesies polimer aluminium Al_{13}^{7+} yang bermuatan tinggi dan memiliki berat molekul yang lebih besar, lebih aktif dibandingkan spesies monomer alum (Geng, 2005).



Gambar 3 Penyisihan Kekeruhan Air Baku

3.4 Perbandingan Biaya Koagulan

Bahan koagulan yang digunakan di IPA Gunung Panglun pada bulan Januari, Februari dan Agustus adalah Aluminium Sulfat, sedangkan mulai bulan September dan Oktober pada tahun 2016 digunakan PAC. Harga PAC saat itu hampir 2 kali lipat dari Aluminium Sulfat, dimana harga per kg PAC adalah Rp 12.100,- dan Aluminium Sulfat Rp 5.500,-. Perbandingan jumlah pemakaian masing-masing koagulan yang digunakan dengan biaya yang dikeluarkan dapat dilihat pada Gambar 4.



Keterangan:

Januari, Februari, Agustus digunakan Aluminium Sulfat
 September dan Oktober digunakan PAC

Gambar 4. Pemakaian Koagulan dan Biaya yang Dikeluarkan

Pada tingkat kekeruhan yang ada di bulan Januari, Februari, September dan Oktober 2016, yaitu 32 NTU, 54 NTU, 40 NTU dan 55 NTU diperoleh jumlah pemakaian koagulan alum sekitar 2 kali lebih besar dari PAC. Pemakaian Aluminium Sulfat pada bulan Januari yaitu 13.250 kg, sedangkan PAC pada bulan September yaitu 5.850 kg. Pada bulan Februari pemakaian Aluminium Sulfat yaitu 14.000 kg, sedangkan pemakaian PAC pada bulan Oktober yaitu 6.500 kg. Biaya koagulan PAC yang dikeluarkan pada bulan September lebih murah Rp 2.000.000,- per bulan dibandingkan dengan Aluminium Sulfat yang digunakan PDAM pada bulan Januari sebelumnya. Rekapitulasi kinerja koagulan PAC dan Aluminium Sulfat ditinjau berdasarkan beberapa parameter dapat dilihat pada **Tabel 5**.

Tabel 5. Perbandingan kinerja dan ekonomis koagulan

No	Parameter	PAC	Aluminium Sulfat
1	Penyisihan Kekeruhan (%)	96,82	91,27
2	Dosis Optimum (ppm)	5-20	5-80
3	Waktu Pembentukan Flok (menit)	20	45
4	Biaya Juta Rp/per bulan	70,8	72,8

^{a)} kekeruhan air baku 55,06 NTU

^{b)} kekeruhan air baku 54,51 NTU

Meskipun harga koagulan PAC dua kali lipat harga Aluminium Sulfat, namun karena dari segi penurunan tingkat kekeruhan dan dosis optimum koagulan PAC menjadi lebih efektif dibandingkan dengan Aluminium Sulfat, sehingga biaya keseluruhan PAC menjadi lebih ekonomis. Penggunaan koagulan PAC dapat menghemat sekitar 4% dari penggunaan Aluminium Sulfat. Jika

dibandingkan dengan penelitian menggunakan koagulan yang sama diperoleh penghematan sekitar 10% (Geng, 2005). Selain itu waktu pembentukan flok lebih cepat disertai dengan densitas flok yang lebih kompak (Geng, 2005), maka diperlukan ukuran tangki flokulasi yang lebih kecil dibandingkan dengan waktu pembentukan flok yang lebih besar dan densitas flok yang kecil.

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa koagulan PAC lebih efektif dibandingkan dengan Aluminium Sulfat dalam menurunkan kekeruhan pada rentang 6,7-5.632 NTU dengan efisiensi penyisihan rata-rata PAC 96,82% dan Aluminium Sulfat 91,27% pada dosis optimum 5-20 ppm PAC dan Aluminium Sulfat 5-60 ppm. Waktu pembentukan koagulan PAC lebih yaitu selama 20 menit, dibandingkan dengan Aluminium Sulfat selama 45 menit. Secara keseluruhan biaya pengolahan menggunakan PAC lebih murah dibandingkan dengan Aluminium Sulfat yaitu dengan selisih biaya rata-rata Rp 2.000.000,-/bulan.

DAFTAR PUSTAKA

Farhaoui, M., Derraz, M., 2016. Optimizing coagulation process by using sludge produced in the water treatment plant 8, 749–756.

Geng, Y., 2005. Application of Flocc Analysis for Coagulation Optimization at the Split Lake Water Treatment Plant. Manitoba.

Mbaze, M., Agbazue, V., Orjioko, N., 2017. Comparative Assessment of Performance of Aluminium Sulphate (Alum) and Ferrous Sulphate as Coagulants in Water Treatment. Mod. Chem. Appl. 05. <https://doi.org/10.4172/2329-6798.1000233>

Nasir, N., Daud, Z., 2014. Performance of Aluminium Sulphate and Polyaluminium Chloride in Biodiesel Wastewater. J. Mech. Eng. Sci. 7, 1189–1195. <https://doi.org/10.15282/jmes.7.2014.18.0116>

Niquette, P., Monette, F., Azzouz, A., Hausler, R., 2004. Impacts of substituting aluminum-based coagulants in drinking water treatment. Water Qual. Res. J. Canada 39, 303–310. <https://doi.org/10.2166/wqrj.2004.041>

Peraturan Menteri Dalam Negeri, 2007. Peraturan Menteri Dalam Negeri Nomor 2 Tentang Organ dan Kepegawaian Perusahaan Daerah Air Minum.

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia, 2015. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 122 Tahun 2015 Tentang Sistem Penyediaan Air Minum.

Poznyak, T., Bautista, G.L., Chaírez, I., Córdova, R.I., Ríos, L.E., 2008. Decomposition of toxic pollutants in landfill leachate by ozone after coagulation treatment. J. Hazard. Mater. 152, 1108–1114. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2007.07.098>

Wulan, P.P.D.K., Dianursanti, Gozan, M., Nugroho, W.A., 2010. Optimasi Penggunaan Koagulan Pada Pengolahan Air Limbah Batubara 6–11. <https://doi.org/ISSN 1693 – 4393>

Yang, Z., Gao, B., Yue, Q., 2010. Coagulation performance and residual aluminum speciation of Al₂(SO₄)₃ and polyaluminum chloride (PAC) in Yellow River water treatment. Chem. Eng. J. 165, 122–132. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2010.08.076>

Zand, A.D., Hoveidi, H., 2015. Comparing Aluminium Sulfate

and Poly-Aluminium Chloride (PAC) Performance in Turbidity Removal from Synthetic Water. *J. Appl. Biotechnol. Reports* 2, 287–292.

Zouboulis, A., Traskas, G., Samaras, P., 2008. Comparison of efficiency between poly-aluminium chloride and aluminium sulphate coagulants during full-scale experiments in a drinking water treatment plant. *Sep. Sci. Technol.* 43, 1507–1519. <https://doi.org/10.1080/01496390801940903>



Seminar Nasional Sains dan Teknologi Lingkungan III

| ISSN (Print) 2356-4938 | ISSN (Online) 2541-3880 |



Analisis Komparatif Pengelolaan Sampah Domestik Kota Kitakyushu dan Kota Padang untuk Meningkatkan Kualitas Pengelolaan Sampah Kota Padang

Suci Wulandari, Slamet Raharjo

Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Andalas, Limau Manis, Kota Padang, Indonesia

KATA KUNCI

Pengelolaan Sampah,
Analisis Komparatif,
Sampah Domestik Kota Padang,
Sampah Domestik Kota Kitakyushu

KORESPONDENSI

E-mail: suciwdd@gmail.com

A B S T R A C T

The practice of domestic waste management in Padang City by the government still uses a collect-transport-dispose system with only about 5% of the achievements for waste recycling. Kitakyushu City in Japan has applied waste management practices by utilizing waste processing technology based on waste types so that the percentage of municipal solid waste treatment reaches almost 100%. By conducting a comparative analysis between Kitakyushu City and Padang City, the shortcomings of Padang City were obtained. The analysis of Strength, Weaknesses, Opportunities, Threats (SWOT) was conducted to obtain the right strategies and programs to improve the quality of domestic waste management in Padang City. Results of this study are technical and non-technical strategies for the domestic waste management in Padang City. Technical strategies include cooperation with industry and sister city (such as Kitakyushu City) related to waste management technology, maximizing the function of the Waste Bank and TPS3R, planning a separate collection system by scheduling, and implementing effective waste management technology. Non-technical strategies include policy making about involving external government parties, cooperating with universities and industries, increasing the capacity of management staff, increasing community involvement through communication, information, and education (CIE), strengthening the law enforcement, and making policy regarding hazardous waste and household electronic waste. The strategy used to arrange several programs so that it can be more detailed to be applied in Padang City.

1. PENDAHULUAN

Sampah masih menjadi permasalahan pada banyak kota di Indonesia akibat terus meningkatnya timbulan sampah. Peningkatan timbulan sampah tersebut tiap tahunnya disebabkan pula oleh peningkatan jumlah penduduk dan pola konsumtif masyarakat (Badan Pusat Statistik, 2016). Rata-rata produksi sampah Indonesia mencapai 64 juta ton per tahunnya. 69% sampah tersebut dibawa ke tempat pemrosesan akhir (TPA). Selebihnya dilakukan pengolahan seperti pengomposan dan daur ulang (7,5%), dibakar (5%), ditimbun (10%) dan dibiarkan tanpa perlakuan (8,5%) (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2017).

Kota Padang merupakan salah satu kota besar di Indonesia yang mengalami hal demikian. Sebanyak 60% sampah dari

total sampah yang dihasilkan Kota Padang akan berakhir di TPA, 5% dilakukan pengolahan berupa daur ulang dan pengomposan, selebihnya (35%) dibakar dan dibuang ke sungai oleh masyarakat (Raharjo dkk, 2013). Sebagian besar sampah domestik maupun non domestik yang dihasilkan juga tidak dilakukan pemisahan dari sumber (Aziz dkk, 2016). Sungai-sungai besar di Kota Padang masih tercemar oleh timbulan sampah yang dibuang masyarakat. Hal tersebut menunjukkan rendahnya kesadaran masyarakat akan pengelolaan sampah domestik yang baik (Candra, 2018).

Pengelolaan sampah domestik yang benar dan aplikatif sangat dibutuhkan untuk mengatasi persoalan sampah yang berkembang di masyarakat. Kota Kitakyushu di Jepang merupakan salah satu kota yang berhasil menerapkan konsep pengelolaan sampah domestik yang benar dan

menjadi salah satu kota terbaik dalam upaya pengelolaan sampah dan lingkungan di dunia. Sejak tahun 1970an, Kota Kitakyushu telah berhasil melayani pengumpulan sampah kota 100%. Teknologi yang memadai, peraturan yang ditaati serta pelibatan penuh masyarakat, industri, pemerintah dan instansi terkait telah menunjukkan perubahan yang signifikan pada Kota Kitakyushu. Meski menjadi kota Industri modern, kota ini telah berhasil mengelola beban pencemar terutama sampah dengan sangat baik. Sampah bukan lagi diangkut dan dibuang ke TPA, namun sampah akan menjadi beraneka ragam produk baru yang bermanfaat.

Melihat dari keadaan tersebut, maka dilakukan analisis komparatif pengelolaan sampah domestik Kota Kitakyushu dengan Kota Padang. Sehingga dapat diketahui bagian-bagian mana saja dari sistem pengelolaan sampah domestik Kota Padang yang perlu diperbaiki dan ditingkatkan. Lalu digunakan analisis *strength, weakness, opportunities* dan *threats* (SWOT) untuk mengusulkan strategi dan program yang tepat dalam peningkatan pengelolaan sampah domestik Kota Padang.

2. METODOLOGI

Penelitian dilakukan di Kota Kitakyushu pada bulan Oktober – November 2017 dan Kota Padang pada bulan Maret - Juni 2018. Tahapan penelitian ini dimulai dari studi literatur terkait topik penelitian yang dilanjutkan dengan mengumpulkan data primer dan sekunder di kedua lokasi penelitian. Data tersebut dianalisis menggunakan metode *Normative Comparison*. Hasil analisis tersebut dilanjutkan dengan analisis SWOT untuk menyusun strategi dan program teknis dan non teknis.

Pengambilan data primer dilakukan dengan wawancara informal dan observasi lapangan. Wawancara informal ini dilakukan dengan pihak-pihak terpercaya sebagai bantuan memperoleh data yang sesuai. Observasi dilakukan di lokasi yang mendukung diperolehnya data penelitian seperti pemukiman penduduk, tempat pengumpulan sampah, pusat pengolahan sampah, dan sektor informal. Data sekunder yang dikumpulkan yaitu data timbulan dan komposisi sampah domestik Kota Kitakyushu dan Kota Padang, kondisi eksisting pengelolaan sampah domestik Kota Kitakyushu dan Kota Padang secara teknis dan non teknis, data persentase pengelolaan sampah Kota Kitakyushu dan Kota Padang.

Analisis komparatif dilakukan dengan menggunakan metode *Normative Comparison*. Variasi *Normative Comparison* yang digunakan adalah variasi kedua, yaitu membandingkan keadaan yang telah ada di tempat lain dengan keadaan yang ingin diperbaiki. Variasi ini dipilih karena penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan kualitas pengelolaan sampah domestik Kota Padang

dengan mencontoh yang telah dilakukan oleh Kota Kitakyushu.

Parameter perbandingan yang digunakan pada penelitian ini meliputi timbulan dan komposisi sampah, aspek teknis (pewadahan, pengumpulan, pengolahan, pengangkutan dan pemrosesan akhir), dan aspek non teknis (peran masyarakat, peran industri, dan program minimasi sampah). Parameter tersebut yang dianalisis dan dibandingkan kondisi eksisting pada masing-masing pengelolaan sampah domestik Kota Kitakyushu dan Kota Padang. Setelah itu, maka akan menghasilkan kesimpulan utama dari permasalahan tersebut.

Setelah diperoleh kesimpulan utama permasalahan pengelolaan sampah Kota Padang yang dibandingkan dengan Kota Kitakyushu, maka dilakukan analisis *strength, weakness, opportunities, dan threats* (SWOT) dengan mempertimbangkan faktor internal dan faktor eksternal yang ada pada Kota Padang serta hubungan dari kedua faktor.

Batasan faktor internal mencakup sistem pengelolaan sampah itu sendiri dan pihak pemerintah sebagai pelaksana sistem. Sedangkan batasan Faktor eksternal diambil dari pihak-pihak di luar faktor internal seperti masyarakat, industri, sektor informal (pemulung), perguruan tinggi, *sister city*, LSM yang bergerak di lingkungan serta potensi pengoptimalan TPS3R dan Bank Sampah.

Analisis SWOT ini menghasilkan strategi-strategi pengelolaan sampah domestik kota yang mengadopsi analisis komparatif. Strategi tersebut diturunkan menjadi program teknis maupun non teknis yang menjadi masukan untuk Kota Padang.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Analisis Komparatif

3.1.1. Timbulan dan Komposisi Sampah Domestik

Kota Kitakyushu menghasilkan sampah kota rata-rata 370.000 ton/tahun. Selain melayani sampah kotanya, Kota Kitakyushu juga melayani tiga kota tetangganya yaitu Nakama, Nougata dan Yukuhashi. Nakama dapat menghasilkan sampah kota rata-rata 38.000 ton/tahun. Nougata menghasilkan sampah kota rata-rata 17.000 ton/tahun. Sedangkan Yukuhashi menghasilkan sampah kota rata-rata 27.000 ton/tahun. Jumlah ketiga sampah yang dihasilkan kota-kota tersebut jauh lebih kecil dibandingkan dengan sampah Kota Kitakyushu sendiri. Sehingga Kota Kitakyushu mengelola sampah sebanyak rata-rata 452.000 ton tiap tahunnya (Rachman, 2017).

Komposisi sampah yang dihasilkan Kota Kitakyushu adalah sampah dapur/sampah rumah tangga, kaleng, botol kaca, botol plastik PET, plastik bungkus makanan, kertas, kardus, dan sampah lainnya seperti tekstil, karet, kayu dan

logam. Sampah rumah tangga memiliki komposisi terbesar yaitu 45,30%; sampah kertas dan kardus 14,90%; sampah kemasan 5,80%; sampah kaleng, botol kaca dan botol plastik PET 1,30% dan sampah lainnya 32,70% (Takeuchi, 2010).

Kota Padang memiliki timbulan sampah domestik sebesar 190,69 ton/h atau 4.651,5 m³/h dengan satuan timbulan sampahnya 0,201 kg/o/h atau 4,903 l/o/h. Komposisi sampah Kota Padang didefinisikan menjadi dua komponen utama yaitu sampah organik sebesar 92,50% dan sampah anorganik 7,50%. Sampah organik terdiri atas sampah makanan 67,25%; sampah kertas 4,69%; sampah plastik 16,17%; sampah tekstil 1,35%; sampah kulit 0,13%; sampah halaman 1,61%; dan sampah kayu 0,86%. Sampah anorganik terdiri atas sampah kaca 1,18%; sampah logam 0,69%; dan sampah lainnya 5,64% (Hafizh, 2017).

3.1.2. Aspek Teknis Pengelolaan Sampah Domestik

Kota Kitakyushu melakukan pengelolaan sampah secara lengkap yang diawali dengan pengelompokan jenis sampah berdasarkan pengolahan yang dilakukan pada masing-masing jenis sampah tersebut. Jenis sampah meliputi sampah rumah tangga, sampah kaleng dan botol kaca, sampah botol plastik PET, sampah pembungkus dan plastik, sampah lampu, sampah minyak goreng bekas, sampah peralatan rumah tangga, dan sampah kertas bekas. Sampah rumah tangga diolah di bangunan pengolahan sampah rumah tangga dengan menggunakan teknologi insinerasi yang menghasilkan residu berupa abu. Sampah kaleng dan botol kaca diolah di bangunan pengolahan kaleng dan botol kaca. Kaleng diolah dengan dikompaksi sedangkan botol kaca dilakukan pencacahan. Hasil pengolahan kaleng dan botol kaca ini akan dibawa ke bangunan pengolahan lainnya untuk didaur ulang. Sampah botol plastik PET diolah di bangunan pengolahan botol plastik PET menjadi *pellets* dan *flakes* plastik PET. Hasil

pengolahan tersebut ditransfer ke bangunan pengolahan tambahan lainnya agar menjadi produk botol PET kembali dan produk lainnya seperti baju, sepatu, bola, dan sebagainya. Sampah pembungkus dan plastik diolah di bangunan pengolahan pembungkus dan plastik dengan cara dikompaksi. Hasil kompaksi tersebut dibawa ke bangunan pengolahan lainnya untuk dilakukan pengolahan tingkat lanjut. Begitu pula sampah lampu, sampah minyak goreng bekas, sampah peralatan rumah tangga, dan sampah kertas bekas akan dibawa ke bangunan pengolahan masing-masing untuk didaur ulang.

Setiap bangunan pengolahan yang menghasilkan residu, residu tersebut diangkut ke TPA dengan sistem *Sanitary Landfill*. TPA Kota Kitakyushu tidak lagi memanfaatkan lahan daratan sebagai sarana urug sampah melainkan mereklamasi laut sehingga menjadi daratan dengan bahan dasar residu sampah dan campuran tanah penutup. TPA Kota Kitakyushu dilengkapi dengan pengolahan air laut karena potensi pencemaran residu sampah terhadap air laut. Skema aspek teknis pengelolaan sampah Kota Kitakyushu secara umum dapat dilihat pada **Gambar 1**.

Kota Padang telah berupaya mengelompokkan sampah berdasarkan pengelompokan sederhana (organik/basah, anorganik/kering, dan lainnya). Hanya saja dalam praktiknya sampah masih tercampur. Sampah tersebut dibawa ke TPS dengan sebagian kecil dilakukan pengomposan di TPS3R dan didaur ulang oleh pemulung dan Bank Sampah. Sampah tak terolah dan residu sampah terolah akan diangkut ke TPA dengan sistem *Controlled Landfill*. Skema aspek teknis pengelolaan sampah Kota Padang dapat dilihat pada **Gambar 2**.

Komparasi aspek teknis pengelolaan sampah Kota Kitakyushu dan Kota Padang dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Analisis Komparatif Aspek Teknis Pengelolaan Sampah Kota Kitakyushu dan Kota Padang

Kota Kitakyushu	Kota Padang
Aspek Teknis	
Pewadahan	
<ul style="list-style-type: none"> • Dibedakan berdasarkan jenis sampah dan bentuk pengolahan • Bentuk: pewadahan individual (kantong sampah) pewadahan komunal (kotak/<i>box</i> sampah, jaring sampah) • Lokasi: pewadahan individual (rumah masing-masing) pewadahan komunal (halaman mall, swalayan, pinggir jalan atau di setiap sudut apartemen, di sebelah <i>fending machine</i>) • Pemilahan Sampah: Wadah Individual (Sampah dapur, sampah botol plastik PET, sampah kaleng dan botol kaca, sampah bungkus dan plastik makanan); Wadah Komunal (Sampah karton, lampu, peralatan logam yang kecil-kecil, minyak goreng bekas, tinta printer, elektronik, baterai dan sampah bahan berbahaya dan beracun lainnya) • Jumlahnya mencukupi kebutuhan kota dengan kondisi baik 	<ul style="list-style-type: none"> • Dibedakan berdasarkan 3 jenis sampah • Bentuk: pewadahan individual (terserah masyarakat) pewadahan komunal (kontainer dan tempat sampah) • Lokasi: pewadahan individual (rumah masing-masing) pewadahan komunal (di pinggir jalan atau daerah yang mudah dijangkau masyarakat) • Pemilahan Sampah: Wadah Individual (sesuai keinginan pemilik wadah/tidak ada pemilahan); Wadah Komunal (Kontainer tidak terpilah, bin terbagi atas 3 pemilahan yaitu sampah organik, sampah anorganik dan sampah lainnya)

Kota Kitakyushu	Kota Padang
<ul style="list-style-type: none"> • Wadah informatif • Terlaksana dengan baik 	<ul style="list-style-type: none"> • Jumlahnya tidak mencukupi kebutuhan kota dengan kondisi sebagian tidak baik • Tidak informatif (keterangan jenis sampah atau sampah yang bagaimana yang harus dibuang disana) • Tidak terlaksana
Pengumpulan (dari sumber ke pengolahan)	
<ul style="list-style-type: none"> • Menggunakan mobil pengumpulan tertutup dengan kompaktor • Memiliki jadwal pengumpulan sesuai jenis sampah • Presentase pengumpulan sampah 100% • Rute pengumpulan: sumber ke bangunan pengolahan sampah 	<ul style="list-style-type: none"> • Menggunakan mobil truk dan gerobak motor • Jadwal telah ada namun pengumpulan tercampur meski sudah dipisahkan melalui pewadahan • Presentase pengumpulan sampah 65% • Rute pengumpulan: sumber ke TPA
Pengolahan	
<ul style="list-style-type: none"> • Pengolahan lengkap dan tuntas meliputi: Daur Ulang (<i>Can And Bottle Recycling, Plastic PET Bottle Recycling, Plastic Container and Package Recycling, Fluorescent Tube Recycling, Cooking Oil Recycling, Home Appliance Recycling, dan Used Paper Recycling</i>); Daur Energi (Insinerasi dilengkapi dengan <i>flu gas treatment</i>) • Persentase pengolahan hampir 100% sampah diolah • Teknologi pengolahan tersedia • Menghasilkan sedikit residu dan banyak produk baru atau bahan baku baru 	<ul style="list-style-type: none"> • Pengolahan berupa pengomposan di TPA, daur ulang oleh pemulung dan bank sampah. Hanya saja, TPS3R dan bank sampah namun sebagian saja yang aktif dikelola. • Persentase pengolahan 5% • Teknologi pengolahan tidak tersedia • Hanya menghasilkan kompos dan sisanya di urug
Pengangkutan (pengolahan ke TPA)	
<ul style="list-style-type: none"> • Menggunakan mobil pengangkut • Residu yang diangkut berupa abu hasil insinerasi • Rute pengangkutan: bangunan pengolahan ke TPA 	<ul style="list-style-type: none"> • Menggunakan mobil pengangkut tercampur • Residu yang diangkut berupa sampah dari sumber • Rute pengangkutan: sumber dan atau TPS ke TPA
Pemrosesan Akhir	
<ul style="list-style-type: none"> • Jenis Landfill: <i>Sanitary Landfill</i> • Residu diurug: abu hasil insinerasi • Lahan yang digunakan adalah pinggir laut sehingga membuat lahan/daratan baru • TPA dilengkapi dengan pengolahan air laut sederhana jika air laut merembes ke lahan reklamasi • Sampah masuk ke TPA 5% dari jumlah sampah total karena ada pengolahan 	<ul style="list-style-type: none"> • Jenis Landfill: <i>Controlled Landfill</i> • Residu diurug: sampah tanpa pengolahan (sampah dari sumber) • Lahan yang digunakan daratan yang luas • Pengolahan gas metan dan lindi tidak berjalan dengan baik • Sampah diurug di TPA 60% sampah dari sumber yang dibawa ke TPA

a. Pewadahan

Kota Kitakyushu lebih unggul dalam pewadahan dibandingkan dengan Kota Padang karena perencanaan pemilahan pada pewadahan yang berdasarkan terhadap pengolahan yang akan dilakukan pada sampah. Kota Padang telah memiliki aturan pemilahan sampah melalui pewadahan, hanya saja tidak berjalan dengan baik. Hal ini disebabkan oleh wadah individual yang digunakan dibebaskan pada masyarakat sedangkan Kota Kitakyushu menetapkan wadah individual masyarakatnya berupa kantong sampah dengan empat jenis sampah yaitu sampah rumah tangga, sampah kaleng dan botol kaca, sampah botol plastik PET, serta sampah pembungkus dan plastik. Wadah komunal Kota Padang biasanya berupa kontainer dan bin sampah di pinggir jalan dengan sebagian diberikan ketentuan pemilahan, sedangkan sebagian lainnya tidak. Wadah komunal di Kota Kitakyushu digunakan untuk jenis sampah selain empat jenis sampah yang telah diatur wadah individualnya oleh pemerintah.

Kondisi pewadahan Kota Padang tidak begitu baik dan jumlahnya belum memenuhi kebutuhan timbulan masyarakat. Hal tersebut seringkali mengakibatkan sampah bertumpuk hingga melebihi kapasitas pewadahan. Pewadahan yang ada juga belum informatif, sehingga masyarakat sulit memahami sampah mana yang harusnya dibuang di tempat sampah tersebut.

Menyikapi hal demikian, pemerintah hendaknya dapat tegas dan berkomitmen terhadap kebijakan yang telah dibuat dengan memperbaiki dan memetakan kebutuhan pewadahan yang diperlukan masyarakat, memberikan informasi yang cukup terhadap penggunaan pewadahan serta sanksi yang tegas pelanggaran yang dapat terjadi.

b. Pengumpulan

Pengumpulan yang dilakukan Kota Padang sama dengan pengangkutan secara umum. Sampah dikumpul atau diangkut dari sumber dan atau TPS menuju TPA tanpa adanya pengolahan pendahuluan antara sumber dan TPA.

Pengumpulan ini menggunakan mobil truk dan juga gerobak motor dengan jadwal yang telah ditentukan namun tidak berjalan dengan baik. Sampah yang dikumpulkan oleh Dinas Lingkungan Hidup hanya 65% dari sampah yang dihasilkan masyarakat, sisanya tidak terkelola melainkan dibuang ke sungai atau dibakar oleh masyarakat (Raharjo dkk, 2013). Kadangkala, meski telah ada pemilahan yang dilakukan pada pewadahan, sistem kumpul atau angkut yang dilakukan masih mencampur sampah yang telah dipilah, sehingga tidak ada fungsi pemilahan yang direncanakan.

Melihat Kota Kitakyushu dapat mengumpulkan sampah 100% maka Kota Padang pun dapat pula mencapai hal tersebut dengan mencukupkan kebutuhan sarana pengumpulan dan peningkatan kedisiplinan tenaga pengumpul sampah berdasarkan jadwal pengumpulan sampah menurut jenisnya. Kedepannya, diharapkan pengumpulan bukan lagi dari sumber/TPS ke TPA melainkan dari sumber ke tempat pengolahan seperti TPS3R dan Bank Sampah.

c. Pengolahan

Fasilitas pengolahan telah tersedia di Kota Padang meliputi TPS3R, Bank Sampah dan TPST. Namun pemanfaatan fasilitas pengolahan masih belum maksimal. Total persentase pengolahan yang dilakukan ialah 5%, 2% pengomposan di TPST dan 3% daur ulang oleh sektor informal atau pemulung dan Bank Sampah (Raharjo, 2013). Teknologi pengolahan belum mendukung maksimalnya pengolahan yang dilakukan. Teknologi yang dimiliki masih sederhana yaitu teknologi pengomposan dan pencacahan. Hasil dari pengolahan ini berupa kompos dan beberapa sampah yang bernilai ekonomis.

Kota Kitakyushu memiliki pengolahan yang lengkap mulai dari daur ulang hingga daur energi dengan teknologi yang memadai. Banyak produk baru dihasilkan untuk digunakan kembali dan bahan baku dihasilkan untuk diolah menjadi produk lainnya.

Kota Padang dapat meningkatkan pengolahan sampah menggunakan teknologi yang lebih canggih dan memadai seperti Kota Kitakyushu. Pemerintah Kota Padang dapat menjalin kerjasama dengan pihak yang memiliki kemampuan untuk membantu pemerintah dalam pengadaan dan penggunaan teknologi seperti *sister city* (Kota Kitakyushu) dan juga industri besar di Kota Padang.

d. Pengangkutan

Pengangkutan Kota Padang didefinisikan sama dengan pengumpulan (sumber/TPS ke TPA) karena sistem yang digunakan Kota Padang masih kumpul-angkut-buang. Sampah yang telah dikumpulkan dibawa langsung ke TPA menggunakan truk berjenis *arm roll* dan juga *dump* truk. Kota Kitakyushu telah mengaplikasikan sistem

pengangkutan dengan mengangkut residu pengolahan sampah dari bangunan pengolahan menuju TPA.

Kota Padang dapat pula mengaplikasikan yang dilakukan oleh Kota Kitakyushu dengan mengoptimalkan aspek teknis sebelumnya seperti tercapainya pemilahan pada pewadahan, pengumpulan sampah dengan jadwal sesuai dengan jenis sampah, dan penggunaan teknologi dan sarana pengolahan yang memadai.

e. Pemrosesan akhir

TPA di Kota Padang dengan sistem *Controlled Landfill* dengan beban pengurugan yang besar berupa sampah tercampur kota. Sebelum diurug, sampah tersebut dilakukan pengolahan sebesar 5% yaitu daur ulang yang dilakukan oleh pemulung dan Bank Sampah serta pengomposan yang dilakukan oleh petugas TPA. Lahan yang digunakan untuk TPA adalah lahan yang luas pada daratan. Fasilitas pengolahan gas metan dan lindi tidak berjalan dengan baik. Sehingga dampak yang dihasilkan dari proses pengurugan masih menjadi potensi besar dalam pencemaran lingkungan.

TPA di Kota Kitakyushu memiliki beban urug yang rendah dengan sistem *Sanitary Landfill*. Residu yang akan diurug berupa abu hasil insinerasi dan residu pengolahan sampah lainnya. Residu tersebut diurug dengan metode reklamasi laut sehingga menjadi daratan baru. TPA Kota Kitakyushu juga dilengkapi dengan pengolahan air laut karena potensi pencemaran residu sampah terhadap air laut.

Kota Padang dapat mengaplikasikan pengurangan beban urug sampah di TPA dengan cara mengoptimalkan aspek teknis pewadahan (tercapainya pemilahan yang ditentukan pemerintah), pengumpulan (terjadwal sesuai jenis sampah), dan pengolahan (optimasi penggunaan teknologi dan sarana pengolahan yang memadai).

3.1.3. Aspek Non Teknis Pengelolaan Sampah Domestik

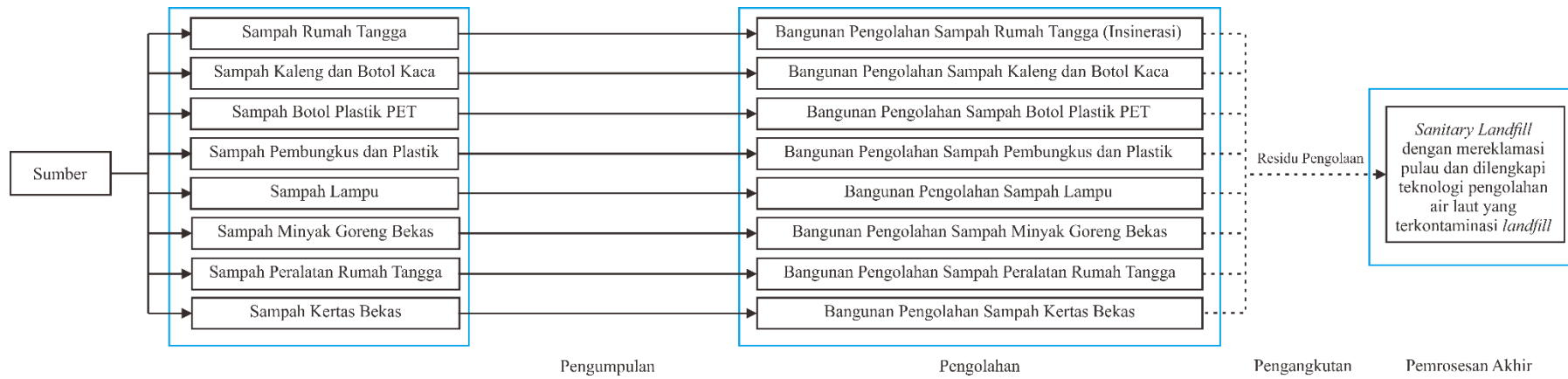
Masyarakat Kota Kitakyushu memiliki pemahaman yang baik dalam pengelolaan sampah. Sebagian masyarakat bergabung dengan komunitas peduli lingkungan yang secara berkala mengadakan aksi lingkungan di Kota Kitakyushu. Industri juga turut serta dalam pengelolaan sampah domestik di Kota Kitakyushu. Industri diberi tanggung jawab oleh pemerintah untuk mengelola proses-proses pengolahan yang dilakukan oleh Kota Kitakyushu. Pemerintah memberikan lahan bagi industri untuk mendirikan sarana pengolahan yang dibutuhkan. Pusat pengolahan sampah di Kota Kitakyushu terletak di EcoTown Centre. Kota Kitakyushu juga menerapkan program minimasi sampah yang menarik. Selain dengan cara menerapkan sistem kantong belanja berbayar, Kota Kitakyushu juga menetapkan untuk penggunaan kantong sampah berbayar.

Sebaliknya, Peran masyarakat dalam pengelolaan sampah Kota Padang tidak terlalu nampak, bahkan masyarakat cenderung tidak tahu/ tidak peduli dengan kebijakan yang ditetapkan pemerintah. Akibat pengetahuan masyarakat yang rendah tentang pentingnya pengelolaan sampah yang baik, masyarakat tidak begitu peduli terhadap lingkungannya. Sebagian masyarakat masih membuang sampahnya dengan cara dibakar ataupun dihanyutkan ke sungai. Hanya sebagian kecil dari masyarakat yang peduli dan aktif dalam kegiatan lingkungan di sekitarnya.

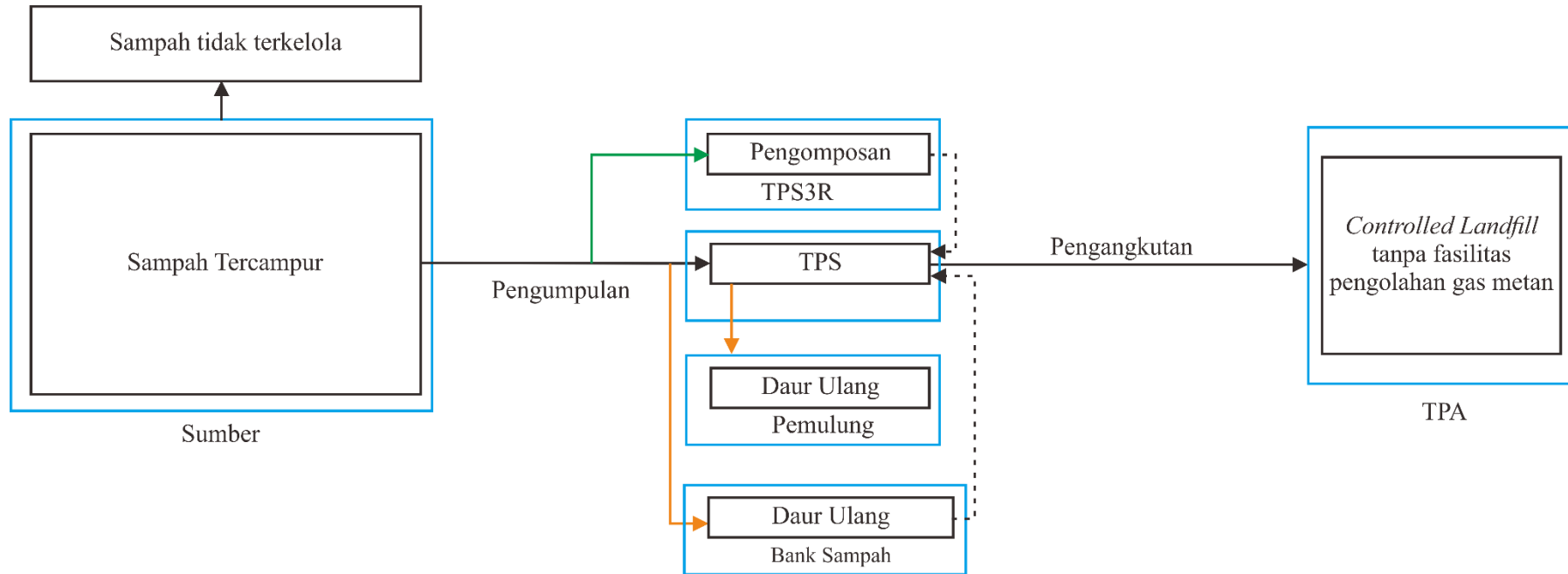
Sejauh ini hanya industri terlibat pada program CSR yang dimiliki industri. Padahal industri memiliki potensi besar terlibat dalam pengolahan sampah karena mereka memiliki dana dan juga teknologi yang memadai dibandingkan dengan pemerintah. Industri juga masih menghasilkan produk-produk yang tidak atau belum ramah terhadap lingkungan. Hasil analisis komparatif aspek non teknis pengelolaan sampah Kota Kitakyushu dan Kota Padang dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Analisis Komparatif Aspek Non Teknis Pengelolaan Sampah Kota Kitakyushu dan Kota Padang

Kota Kitakyushu	Kota Padang
Aspek Non Teknis	
Peran Masyarakat	
<ul style="list-style-type: none"> Berperan dan taat aturan Memiliki pengetahuan dan Peduli lingkungan yang besar Kebiasaan mengelola sampah baik (minimasi dan pemilahan sampah) Sebagian aktif menjadi aktivis lingkungan 	<ul style="list-style-type: none"> Tidak terlalu banyak peran, tidak tahu dan tidak taat aturan Memiliki pengetahuan dan peduli lingkungan yang rendah Kebiasaan mengelola sampah buruk (Terbiasa membuang sampah di sungai atau membakarnya) Hanya sebagian kecil yang menjadi aktivis lingkungan
Peran Industri	
<ul style="list-style-type: none"> Industri terlibat dalam pengolahan sampah Industri mendapatkan lahan dari pemerintah untuk membangun fasilitas pengolahan sampah Industri menghasilkan produk-produk yang ramah lingkungan (diminati oleh masyarakat) 	<ul style="list-style-type: none"> Industri tidak berperan dalam pengolahan sampah, hanya pengadaan pewadahan saja Pemerintah belum ada kerja sama dalam pengolahan sampah Industri masih menghasilkan produk yang tidak ramah lingkungan dan tidak mengolah limbahnya dengan baik
Program Minimasi Sampah	
<ul style="list-style-type: none"> Kantong sampah berbayar Kantong belanja berbayar atau membawa kantong belanja sendiri Harga produk volume kecil lebih mahal dari pada produk volume besar 	<ul style="list-style-type: none"> Program 3R dan Bank Sampah/TPS3R namun tidak berjalan dengan baik



Gambar 1. Skema Eksisting Pengelolaan Sampah Domestik Kota Kitakyushu



Gambar 2. Skema Eksisting Pengelolaan Sampah Domestik Kota Padang

3.2. Analisis SWOT

Analisis SWOT yang dilakukan dengan melibatkan hubungan faktor internal dan faktor eksternal pengelolaan sampah Kota Padang.

Penyusunan strategi mempertimbangkan hasil analisis komparatif kondisi terbaik (Kota Kitakyushu) yang dapat diadopsi di Kota Padang. Analisis SWOT dapat dilihat pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Analisis SWOT Pengelolaan Sampah Kota Padang

		Kekuatan (<i>Strength</i>)	Kelemahan (<i>Weakness</i>)
Eksternal	Internal	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pemerintah punya kewenangan mengatur dan menetapkan kebijakan ke pihak eksternal pemerintah (masyarakat, Industri, LSM, perguruan tinggi dll) 2. Adanya penganggaran tahunan dan retribusi pengelolaan sampah 3. Adanya petunjuk teknis pengelolaan sampah yang diharapkan di Indonesia yaitu Permen PU No.3 tahun 2013 4. Amanat UU No.18 tahun 2008 5. Adanya Perda Kota Padang No.21 tahun 2012 yang mengatur pengelolaan sampah daerah Kota Padang 6. Peraturan Presiden No. 97 tahun 2017 (Jakstranas) 7. Peraturan Walikota tentang Kebijakan Strategis Daerah (Jakstrada) Kota Padang tentang Target Pengurangan Sampah 30% dan Pengelolaan Sampah 70% pada tahun 2025 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Alokasi anggaran tahunan dan retribusi pengelolaan sampah belum cukup untuk mengelola sampah dengan baik 2. Kondisi sampah bercampur dari sumber - TPA 3. Fasilitas pewadahan dalam kondisi tidak baik dan tidak informatif 4. Pengumpulan sampah hanya 75% dan sampah langsung dibawa ke TPA 5. Fasilitas pengumpulan masih mengangkut sampah bercampur 6. Proses pengolahan tidak maksimal (hanya 5% sampah dari sampah terkumpul) 7. Fasilitas pengolahan sampah (TPST, TPS3R, Bank Sampah, Bangunan Pengolahan) belum maksimal 8. Sampah yang masuk ke TPA 70% dari 75% sampah terkumpul 9. Sanksi dari pelanggaran aturan pengelolaan sampah belum tegas 10. Kemampuan Tenaga Pengelola belum baik 11. Belum ada peraturan sampah B3 rumah tangga dan sampah elektronik
	Eksternal		
		Peluang (<i>Opportunities</i>)	Strategi S-O
		<ol style="list-style-type: none"> 1. Industri berpotensi untuk terlibat dalam pengelolaan sampah 2. Potensi SDM dari lulusan Teknik Lingkungan 3. Kerjasama Perguruan Tinggi dalam bidang penelitian 4. Kerjasama antar Kota (<i>sister city</i>) 5. Potensi daur ulang sampah 65,16% (Hafiz, 2017) 6. Adanya LSM yang bergerak di bidang lingkungan 7. Perkembangan Bank Sampah dan TPS3R 8. Adanya sektor informal (pemulung) 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pemerintah membuat aturan pelibatan Industri, LSM dan sektor informal dalam pengelolaan sampah 2. Pemerintah menjalin kerjasama dengan Perguruan Tinggi 3. Pemerintah bekerja sama dengan <i>Sister City</i> seperti Kota Kitakyushu dalam alih teknologi pengolahan sampah 4. Memaksimalkan fungsi Bank Sampah dan TPS3R dalam upaya pengurangan sampah
		Strategi W-O	
		<ol style="list-style-type: none"> 1. Pengadaan dan perbaikan fasilitas pewadahan, pengumpulan dan pengangkutan dengan bekerjasama dengan Industri (CSR) 2. Merencanakan sistem pengumpulan terpisah dengan penjadwalan 3. Penerapan teknologi pengolahan sampah seperti Kota Kitakyushu untuk memaksimalkan potensi daur ulang sampah 4. Peningkatan kapasitas Tenaga Pengelola 	
		Ancaman (<i>Threats</i>)	Strategi S-T
		<ol style="list-style-type: none"> 1. Pemahaman masyarakat yang rendah mengenai pengelolaan sampah 2. Masyarakat terbiasa membuang sampah ke sungai atau di bakar 3. Munculnya pencemaran lainnya dan protes masyarakat terhadap pencemaran tersebut akibat uji coba teknologi pengolahan sampah yang baru 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Peningkatan pelibatan masyarakat melalui Komunikasi, Informasi, dan Edukasi
		Strategi W-T	
		<ol style="list-style-type: none"> 1. Penguatan Penegakan Hukum 2. Pemerintah membuat kebijakan terkait aturan pengelolaan sampah B3 dan Sampah Elektronik Rumah Tangga 	

Dengan mempertimbangkan strategi yang dihasilkan pada analisis SWOT, maka disusunlah program-program yang mendukung terwujudnya strategi yang diusulkan dan dapat dilihat pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Usulan Strategi dan Program

Strategi dan Program
1. Strategi S-O
1.1 Pemerintah membuat aturan pelibatan Industri, LSM dan sektor informal dalam pengelolaan sampah
1.1.1 Membuat peraturan setiap Industri/Badan Usaha yang menghasilkan produk wajib mengelola sampah dari produknya
1.1.2 Mewajibkan industri besar terlibat dalam pengolahan sampah kota bersama pemerintah
1.1.3 Pemerintah menyediakan lahan untuk didirikannya tempat pengolahan sampah (<i>eco-recycling centre</i>)
1.1.4 Pemerintah melibatkan LSM dalam program pengelolaan sampah ke masyarakat
1.1.5 Pembinaan sektor informal (pemulung)
1.2 Pemerintah menjalin kerjasama dengan Perguruan Tinggi
1.2.1 Kerjasama dalam penelitian
1.2.2 Kerjasama dalam pendampingan pengelolaan sampah
1.2.3 Kerjasama dalam pendidikan lingkungan
1.3 Pemerintah bekerja sama dengan <i>Sister City</i> seperti Kota Kitakyushu dalam alih teknologi pengolahan sampah
1.3.1 Daur Ulang
1.3.2 Pengomposan
1.3.3 Insinerasi
1.3.4 <i>Landfill Gas</i> (LFG)
1.3.5 Anaerobik Digester
1.4 Memaksimalkan fungsi Bank Sampah dan TPS3R dalam upaya pengurangan sampah
1.4.1 Memusatkan upaya pengurangan sampah pada Bank Sampah dan TPS3R
1.4.2 Meningkatkan sarana dan prasarana pada Bank Sampah dan TPS3R
1.4.3 Membuat Sistem Informasi terintegrasi mengenai pengelolaan sampah di setiap Bank Sampah dan TPS3R
1.4.4 Menerapkan sistem insentif dan disinsentif untuk Bank Sampah dan TPS3R yang memiliki kinerja yang baik dan yang kurang baik
2. Strategi W-O
2.1 Pengadaan dan perbaikan fasilitas pewadahan, pengumpulan dan pengangkutan dengan bekerjasama dengan Industri (CSR)
2.1.1 Pewadahan dibagi atas tiga pemilahan: sampah anorganik (plastik, kertas, kaca dan logam); sampah organik (sampah dapur dan halaman); sampah lainnya (tekstil, kulit, karet, kayu, lainnya)
2.1.2 Pewadahan dikondisikan dengan baik (tidak rusak, tidak dimasuki air hujan, tidak sulit dijangkau)
2.1.3 Pewadahan memiliki informasi yang cukup dimengerti masyarakat (informatif)
2.1.4 Pengumpulan menggunakan mobil atau becak motor yang tertutup dengan rute sumber – pengolahan
2.1.5 Pengangkutan menggunakan mobil yang tertutup dengan rute pengolahan – TPA
2.2 Merencanakan sistem pengumpulan terpisah dengan penjadwalan Sampah Organik : Senin, Rabu, Jum'at, Minggu Sampah Anorganik : Selasa, Sabtu Sampah Lainnya : Kamis Waktu Pengumpulan : 05.00 – 07.00 dan 19.00 – 21.00
2.3 Penerapan teknologi pengolahan sampah seperti Kota Kitakyushu untuk memaksimalkan potensi daur ulang sampah

Strategi dan Program
2.3.1 Daur Ulang
2.3.2 Pengomposan
2.3.3 Insinerasi
2.3.4 <i>Landfill Gas</i> (LFG)
2.3.5 Anaerobik Digester
2.4 Peningkatan kapasitas Tenaga Pengelola
2.4.1 Merekrut Tenaga Pengelola dari lulusan Teknik Lingkungan
2.4.2 Memberikan beasiswa kepada Tenaga Pengelola untuk studi banding ke Negara lain terkait pengelolaan sampah
3. Strategi S-T
3.1 Peningkatan pelibatan masyarakat melalui Komunikasi, Informasi, dan Edukasi
3.1.1 Mengedukasi masyarakat melalui pendidikan ekstrakurikuler, perpustakaan berjalan, pelatihan untuk PKK, kurikulum mata pelajaran, dan taman edukasi
3.1.2 Mengadakan workshop pengelolaan sampah paradigma baru lengkap dengan bahaya kebiasaan masyarakat membakar dan membuang sampah ke sungai
3.1.3 Mengadakan sosialisasi penggunaan teknologi pengolahan sampah terbaru serta dampak yang akan dirasa untuk tahap uji coba
3.1.4 Mengadakan perlombaan antar skop daerah mengenai pengelolaan sampah terbaik yang dilakukan di daerah masing-masing
3.1.5 Mengadakan pameran atau peringatan acara lingkungan dengan mengenalkan dan membudayakan hidup peduli lingkungan pada pameran tersebut
3.1.6 Memodelkan TPS3R dan Bank Sampah sebagai pusat pelibatan masyarakat dalam pengelolaan sampah
3.1.7 Peningkatan kesadaran dan kemauan masyarakat untuk membayar jasa layanan pengelolaan sampah
4. Strategi W-T
4.1 Penguatan Penegakan Hukum
4.1.1 Peningkatan kapasitas aparat penegak hukum
4.1.2 Meningkatkan pengawasan terhadap ketaatan pelaksanaan pengelolaan sampah yang diterapkan
4.2 Pemerintah membuat kebijakan terkait aturan pengelolaan sampah B3 dan Sampah Elektronik Rumah Tangga

4. KESIMPULAN

Hasil analisis komparatif menunjukkan bahwa Kota Padang masih memiliki banyak kekurangan dalam praktik pengelolaan sampah domestik dibandingkan dengan Kota Kitakyushu. Kota Padang dapat meningkatkan kualitas pengelolaan sampah domestik dengan melibatkan potensi yang berasal dari faktor internal (sistem pengelolaan sampah dan pemerintah) dan faktor eksternal (kerjasama dengan industri, perguruan tinggi, *sister city*, LSM, sektor informal dan peningkatan kinerja fasilitas pengolahan sampah yang telah ada). Strategi pengelolaan sampah domestik Kota Padang yang diusulkan meliputi pembuatan kebijakan pelibatan pihak eksternal pemerintah, menjalin kerjasama dengan Perguruan Tinggi, Industri dan *Sister City* (seperti Kota Kitakyushu), memaksimalkan fungsi Bank Sampah dan TPS3R, merencanakan sistem pengumpulan terpisah dengan penjadwalan, menerapkan teknologi pengolahan sampah, peningkatan kapasitas tenaga pengelola, peningkatan pelibatan masyarakat melalui komunikasi, informasi, dan edukasi (KIE),

penguatan penegakan hukum, dan pembuatan kebijakan mengenai sampah B3 dan sampah elektronik rumah tangga. Strategi tersebut diturunkan menjadi beberapa program sehingga dapat lebih rinci untuk diaplikasikan di Kota Padang.

DAFTAR PUSTAKA

- Aziz, R., Febriardy. (2016). Analisis Sistem Pengelolaan Sampah Perkantoran Kota Padang menggunakan Metode Life Cycle Assessment. *Jurnal Teknik Lingkungan Unand*, 13(2), 60-67. <https://doi.org/10.25077/dampak.13.2.60-67.2016>.
- Candra, Spto Andika., Aini, Nur. (2018, Februari 04). Mengurai Permasalahan Sampah di Kota Padang. <https://republika.co.id/berita/nasional/daerah/18/02/04/p3m0jk382-mengurai-permasalahan-sampah-di-kota-padang>.
- Hafizh, M. (2016). Studi Timbulan, Komposisi, Karakteristik, dan Potensi Daur Ulang Sampah Domestik Kota Padang Tahun 2016. Tugas Akhir: Sarjana. Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Andalas.
- Menteri Negara Lingkungan Hidup. (2012). Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 13 Tahun 2012 tentang Pedoman Pelaksanaan *Reduce, Reuse, Dan Recycle* Melalui Bank Sampah.
- Menteri Pekerjaan Umum. (2013). Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 3 Tahun 2013 tentang Penyelenggaraan Prasarana dan Sarana Persampahan dalam Penanganan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Rumah Tangga.
- Presiden RI. (2008). Undang-Undang Nomor 18 tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah.
- Presiden RI. (2012). Undang-Undang Nomor 81 tahun 2012 tentang Pengelolaan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga.
- Presiden RI. (2017). Peraturan Presiden Nomor 97 tahun 2017 tentang Kebijakan dan Strategi Nasional Pengelolaan Sampah Rumah Tangga Dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga.
- Rachman, I. (2017). Presentasi Bagaimana Kitakyushu Mengelola Sampah?. Kitakyushu: University of Kitakyushu.
- Raharjo, S., Matsumoto, T., Ihsan, T., Rachman, I., Gustin, L. (2015). Community-based Solid Waste Bank Program for Municipal Solid Waste Management Improvement in Indonesia: a case study of Padang City: *Journal of Material Cycles and Waste Management*.
- Routio, P. (2007). Comparative Study. Finlandia: www2.uiah.fi/projekti/metodi
- Takeuchi, S. (2010). Presentasi Waste Management in Kitakyushu City. Kitakyushu: Environment Bureau International Environment Strategies Division.



Seminar Nasional Sains dan Teknologi Lingkungan III

|ISSN (Print) 2356-4938 |ISSN (Online) 2541-3880|



Total Carbon dan Total Nitrogen di Tanah Pada Sistem Olah Tanah dengan Pemanfaatan Ampas Tebu (*Saccharum officinarum*) sebagai Mulsa Organik

Shinta Silvia

Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Andalas

KATA KUNCI

olah tanah,
Carbon,
Nitrogen,
mulsa organik,
ampas tebu

KORESPONDENSI

E-mail: shintasilvia2476@gmail.com

A B S T R A C T

Pemanfaatan mulsa organik yang merupakan bahan alami tidak terpakai dapat berperan mengurangi limbah dan meningkatkan kontribusi pada kesuburan tanah. Melalui proses dekomposisi, dengan bantuan mikroorganisme alami tanah, dapat mengembalikan unsur hara ke dalam tanah. Penelitian dilakukan pada perkebunan tebu (*Saccharum officinarum*) dengan pemberian mulsa berupa ampas tebu yang tidak terpakai. Pengamatan mikroorganisme tanah dalam penelitian dilakukan pada empat perlakuan: 1) sistem olah tanah dengan mulsa; 2) olah tanah tanpa mulsa; 3) tanpa olah tanah dengan mulsa; 4) tanpa olah tanah tanpa mulsa. Pengamatan dilakukan pada makro nutrisi seperti Carbon dan Nitrogen di tanah. Hasil penelitian memperlihatkan kondisi total Carbon dan total Nitrogen di tanah pada masing masing perlakuan. Kondisi total Carbon dan Nitrogen terbanyak didapatkan pada perlakuan tanpa olah tanah dengan penambahan mulsa organik.

1. PENDAHULUAN

Ampas tebu (bagas) adalah sisa batang tebu setelah dihancurkan. Ampas tebu sebagai limbah padat masih berpotensi untuk digunakan kembali di industri tebu dan juga dapat bermanfaat di areal perkebunan tebu. Di lokasi penelitian ini, di Lampung Indonesia, Gunung Madu Plantation (GMP) yang merupakan perkebunan tebu dan industri gula, menggunakan ampas tebu sebagai mulsa dan juga menggunakannya untuk kompos.

Mulsa dapat berupa lapisan jerami basah, daun, yang terdapat di sekitar, dapat digunakan untuk memperkaya unsur hara tanah. Di daerah tropis, mulsa mempengaruhi suhu tanah. Penutupan ini penting untuk menjaga kelembaban tanah dan untuk pertumbuhan tanaman. Tampilan dan tingkat efek mulsa organik pada sifat-sifat kimia tanah yang dipengaruhi tidak hanya oleh jumlah dan komposisi sisa tanaman yang digunakan tetapi juga oleh konsentrasi awal nutrisi dalam tanah serta kondisi lingkungan seperti suhu dan curah hujan. Pemanfaatan mulsa efektif dalam pencegahan erosi permukaan tanah (Sarno, 2004). Bahan sisa tanaman; seperti jerami padi, jagung, dengan C dan N tinggi dapat digunakan sebagai

mulsa organik yang dapat mengurangi erosi dan meningkatkan ketersediaan air tanah (Utomo, 2012).

Untuk menentukan praktek praktek olah tanah yang dapat memperbaiki kondisi tanah, mencegah degradasi dan meningkatkan produksi tanaman, perlu dianalisis masalah organik tanah seperti C dan N. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan pengaruh sistem pengelolaan tanah terhadap C dan N di tanah dengan dan tanpa mulsa ampas tebu.

2. METODOLOGI

Lokasi penelitian di Lampung Indonesia, Gunung Madu Plantation (GMP) yang merupakan perkebunan tebu dan industri gula, menggunakan ampas tebu sebagai mulsa dan juga menggunakannya untuk kompos. Penelitian ini mengamati setelah satu tahun sistem tanpa olah tanah dengan mulsa (NTM), tanpa olah tanah (NT), tanpa olah tanah dengan mulsa (CTM) dan olah tanah tanpa mulsa (CT) dilakukan.

Pengukuran Carbon dan Nitrogen Tanah

Asam Hippuric disiapkan sebagai standar pada 25, 40, 65, dan 80 mg. Dua gram sampel tanah diukur dan diletakkan di atas plat nikel. Kemudian, plat nikel itu dimasukkan pada pemanas flash untuk analisis. C dan N secara otomatis diukur dengan menggunakan MACRO CORDER JM1000CN. Untuk mengukur C dan N tanah, terlebih dahulu harus menghitung berat nyata pada data. Berat nyata adalah berat yang dihitung dengan mengukur kandungan air dan berat kering setelah dioven (24 jam).

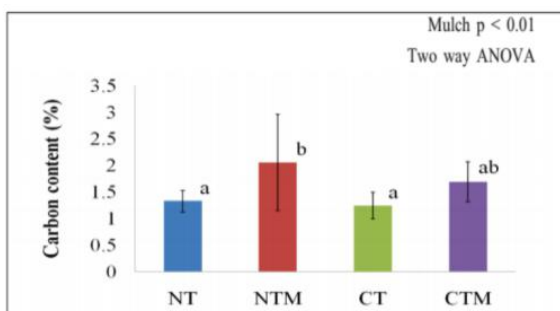
Analisis Statistik

Efek dari pengelolaan tanah pada komunitas mikroba dari yang berbeda perawatan dianalisis analisis multivariat permutasi multivariat (PERMANOVA). Jumlah total kuadrat, C, N, hasil dianalisis dengan menggunakan split plot analisis dua arah varians (ANOVA). Analisis perbandingan ganda dan t-test digunakan untuk membandingkan setiap perlakuan. Analisis statistiknya adalah dilakukan menggunakan R 2.7.2 (R Development Core Team, 2011).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Carbon dan Nitrogen di tanah

Carbon tanah dalam perlakuan NTM, NT, CTM dan CT masing masingnya adalah 1,1, 1,05, 0,83 dan 0,59%, (Gambar 3.1). Carbon yang terdapat pada tanah setelah beroperasi setahun menunjukkan bahwa sistem tanpa olah tanah (NTM dan NT) lebih tinggi dari sistem dengan mengolah lahan (CTM dan CT). Sistem tanpa olah tanah dengan pemberian mulsa (NTM) memperlihatkan kontribusi Carbon tertinggi di tanah. Hal ini memperlihatkan bahwa kondisi tanpa olah tanah dapat mempertahankan Carbon yang terdapat di dalam tanah dan dengan pemberian mulsa kondisi Carbon di tanah dapat terjaga dan lebih tinggi keberadaannya.



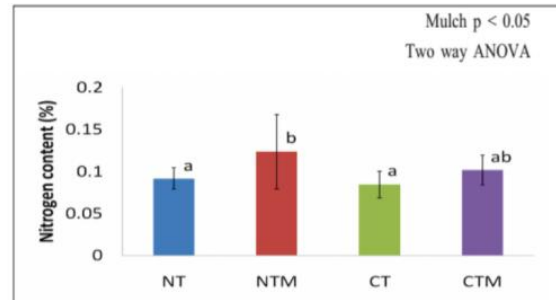
Gambar 3.1 Carbon di tanah pada masing masing perlakuan

Keterangan:

- NT = No Tillage (tanpa olah tanah)
- NTM = No Tillage with Mulch (tanpa olah tanah dengan mulsa)
- CT = Conventional Tillage (olah tanah)
- CTM = Conventional Tillage with Mulch (olah tanah dengan mulsa)

Nitrogen pada tanah dalam perlakuan NTM, NT, CTM dan CT masing-masingnya adalah 0,08, 0,07, 0,06 dan

0,04% (Gambar 3.2). Nitrogen pada tanah pada tahun pertama juga menunjukkan sistem tanpa olah tanah lebih tinggi daripada sistem persiapan lahan. Untuk menguji efek pengelolaan tanah pada tanah C dan N dianalisis menggunakan ANOVA dan Kruskal-Wallis ($p < 0,05$). Hasilnya menunjukkan sistem tanpa olah tanah memiliki jumlah C yang lebih besar, dan juga N dibanding dengan sistem olah lahan.



Gambar 3.2 Nitrogen di tanah pada masing masing perlakuan

Keterangan:

- NT = No Tillage (tanpa olah tanah)
- NTM = No Tillage with Mulch (tanpa olah tanah dengan mulsa)
- CT = Conventional Tillage (olah tanah)
- CTM = Conventional Tillage with Mulch (olah tanah dengan mulsa)

4. KESIMPULAN

Studi ini menetapkan bahwa pengolahan tanah dan ampas ampas memiliki efek pada Carbon dan Nitrogen di tanah.. C dan N lebih tinggi dalam praktik tanpa pengolahan tanah (NT dan NTM) dibandingkan dengan yang ada dalam praktik persiapan lahan (CT dan CTM). Ini menunjukkan bahwa persiapan lahan (olah lahan) memiliki efek kehilangan C dan N di tanah.

Koagulan PAC lebih efektif dibandingkan dengan Aluminium Sulfat karena dosis optimum PAC pada rentang kekeruhan 6,7-5.632 NTU sebesar 5-20 ppm dan Aluminium Sulfat 5-60 ppm sehingga PAC lebih murah dibandingkan dengan Aluminium Sulfat yaitu dengan selisih biaya rata-rata Rp100.000,-/hari;

Koagulan PAC lebih efisien dibandingkan dengan Aluminium Sulfat karena lebih cepat dalam pembentukan dan pengendapan flok yaitu selama 20 menit, sedangkan dengan Aluminium Sulfat selama 45 menit.

DAFTAR PUSTAKA

- Bronick, C. J., & Lal, R. (2005). Soil structure and management: a review. *Geoderma*, 124(1-2), 3–22. doi:10.1016/j.geoderma.2004.03.005
- Hobbs, P. R., Sayre, K., & Gupta, R. (2008). The role of conservation agriculture in sustainable agriculture. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*, 363(1491), 543–555. doi:10.1098/rstb.2007.2169

- Houghton, R. A. (1995). Land-use change and the carbon cycle. *Global Change Biology*, 1, 275–287. doi:10.1111/j.1365-2486.1995.tb00026.x
- Hue, N. V., & Silva, J. A. (2000). Chapter 15. Organic soil amendements for sustainable agriculture: Organic sources of Nitrogen, Phosphorus, and Potassium. *Plant Nutrient Management in Hawaii's soil. Approaches for tropical and subtropical agriculture*. Retrieved from <http://www.ctahr.hawaii.edu/oc/freepubs/pdf/pnm15.pdf>
- IPCC. (2000). Land Use, Land-Use Change, and Forestry. *Forestry*. doi:DOI: 10.2277/0521800838
- Larson, W. E., & Pierce, F. J. (1994). The dynamics of soil quality as a measurement of sustainable management. *Defining Soil Quality for a Sustainable Environment*, 551(1), 37–51. Retrieved from <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:THE+DYNAMICS+OF+SOIL+QUALITY+AS+A+MEASURE+OF+SUSTAINABLE+MANAGEMENT#0>
- Niles, J. O., Brown, S., Pretty, J., Ball, A. S., & Fay, J. (2002). Potential carbon mitigation and income in developing countries from changes in use and management of agricultural and forest lands. *Philosophical Transactions. Series A, Mathematical, Physical, and Engineering Sciences*, 360(1797), 1621–1639. doi:10.1098/rsta.2002.1023
- Pretty, J. N., Ball, a S., Xiaoyun, L., & Ravindranath, N. H. (2002). The role of sustainable agriculture and renewable-resource management in reducing greenhouse-gas emissions and increasing sinks in China and India. *Philosophical Transactions. Series A, Mathematical, Physical, and Engineering Sciences*, 360(1797), 1741–1761. doi:10.1098/rsta.2002.1029
- R Development Core Team, 2011. www.r-project.org/
- Sarno, Lumbanraja, J., Afandi, Adachi, T., Oki, Y., Senge, M., & Watanabe, A.(2004). Effect of weed management in coffee plantation on soil chemical properties. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 69, 1–4.
- Utomo, M., Buchari, H., & Banuwa, I. S. (2012). *Conservation tillage: Mitigation technology of green house gas from food agriculture*. Lampung, Indonesia: Lampung University Research Centre.



Seminar Nasional Sains dan Teknologi Lingkungan III

| ISSN (Print) 2356-4938 | ISSN (Online) 2541-3880 |



PENGOLAHAN LUMPUR TINJA DARI PEMUKIMAN PENDUDUK DI KOTA TALUK KUANTAN

Aryo Sasmita, Jecky Asmura

Universitas Riau, Kampus Binawidya KM 12.5 Panam, Pekanbaru, 28293, Indonesia

KATA KUNCI

Fecal Sludge, Fecal Sludge Treatment Facility, Biological Oxygen Demand, Total Suspended Solid

KORESPONDENSI

E-mail: aryosasmita@lecturer.unri.ac.id

A B S T R A C T

Taluk Kuantan City does not have a fecal sludge treatment facility so the septic tank drainage is immediately discharged into open land. This can cause serious environmental problems amongst the water stream. To overcome this need to be planned fecal sludge treatment facility in Taluk Kuantan City. From the results of laboratory test it is known that the characteristics of sludge with BOD value of 6700 mg / L and TSS 17740 mg / L. Sample of waste comes from a truck that has been sucking feces from a resident's house. The processing system applied is physical processing with sludge separation chamber (SSC) which will separate the solids from the fecal sludge at the beginning of the treatment, with process efficiency for BOD 35% and TSS 85%. Further biological treatment with anaerobic baffle reactor (ABR) with processing efficiency 95% for BOD and TSS is 85%. From result of calculation, effluent of water from fecal sludge treatment have fulfilled quality standard based on ministry of environment policy No. 5 year 2014 with BOD value 36 mg / L and TSS value 155 mg / L.

1. PENDAHULUAN

Dalam rangka pencapaian target *Sustainable Development Goals* (SDG's) yakni setiap negara diharapkan telah mampu mewujudkan 100% akses sanitasi untuk penduduknya (Tujuan ke-6). Indonesia meletakkan pencapaian lebih awal, yaitu akhir tahun 2019 sebagaimana diamanatkan dalam rencana pembangunan jangka menengah nasional (RPJMN) 2015-2016. Kota Taluk Kuantan merupakan Ibukota Kabupaten Kuantan Singingi, dimana secara administrasi adalah wilayah dari kecamatan Kota Taluk Kuantan. Berdasarkan data badan pusat statistik Kabupaten Kuantan Singingi 2017, tercatat jumlah penduduk Kota Taluk Kuantan pada tahun 2016 adalah 47.874 jiwa dengan kepadatan penduduk mencapai 177 jiwa/km².

Air limbah yang berasal dari aktifitas domestik (rumah tangga), berupa aktifitas cucian, kamar mandi, toilet (Nazar dkk, 2010). Air limbah domestik adalah hasil buangan dari perumahan, bangunan perdagangan, perkantoran dan sarana sejenisnya yang menjadi sumber pencemar utama terhadap badan air di daerah perkotaan (Suparman dan Suparmin, 2001).

Lumpur tinja merupakan sumber pencemar air tanah, yang terdiri atas padatan terlarut didalam air yang sebagian besar

mengandung materi-materi organik. Lumpur tinja juga mengandung berbagai macam mikroorganisme seperti: bakteri, virus dan lain sebagainya. (Metcalf dan Eddy, 1991).

Tercemarnya air tanah akan menimbulkan berbagai macam penyakit, sehingga perlu dilakukan perbaikan dalam pelayanan sanitasi kota dan membangun tangki septik yang kedap air. Dalam upaya menghindari timbulnya permasalahan lain saat kapasitas tangki septik telah mencapai batas maksimum, perlu dilakukan pengurusan tangki septik secara berkala, waktu pengurusan berkisar antara 1 – 3 tahun. Pengurusan lumpur pada tangki septik dilakukan dengan penyedotan menggunakan truk tinja, kemudian truk tinja akan membawa lumpur ini ke instalasi pengolahan lumpur tinja (Heinss, 1998).

Berdasarkan pengamatan yang dilakukan pada usaha sedot wc yang beroperasi di Kota Taluk Kuantan, diketahui bahwa rata-rata pengurusan tangki septik untuk rumah yang sama dilakukan sekitar lebih dari 3 tahun sekali bahkan ada yang tidak pernah disedot sama sekali. Lumpur tinja yang disedot dari tangki septik langsung dibuang pada lahan terbuka yang dimiliki oleh usaha sedot wc tersebut, tanpa dilakukannya pengolahan terlebih dahulu dan tidak memperhatikan dampak buruk yang dihasilkan dari aktifitas ini. Pembuangan lumpur tinja ke lingkungan ini didasari karena tidak memiliki fasilitas pengolahan lumpur tinja

Kota Taluk Kuantan, sehingga pembuangan lumpur tinja dibuang ke lahan terbuka dan membuat tercemarnya kondisi air tanah di Kota Taluk Kuantan. Oleh sebab itu dilakukanlah perencanaan instalasi pengolahan lumpur tinja (IPLT).

Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) adalah instalasi pengolahan air limbah yang dirancang hanya menerima dan mengolah lumpur tinja yang diangkut melalui mobil (truk tinja). Pengolahan lumpur tinja di IPLT merupakan pengolahan lanjutan karena lumpur tinja yang telah diolah di tangki septik, lumpur tinja dari tangki septik masih mengandung air dan bahan organik, sehingga belum layak dibuang di media lingkungan. Lumpur tinja yang terakumulasi di cubluk dan tangki septik yang secara reguler dikuras atau dikosongkan kemudian diangkut ke IPLT dengan menggunakan truk tinja (Oktarina dan Helmi, 2013).

2. METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan di Kota Taluk Kuantan Kabupaten Kuantan Singingi. Kota Taluk Kuantan merupakan wilayah Kecamatan Kuantan Tengah. Kecamatan Kota Taluk Kuantan adalah salah satu wilayah kecamatan di Kabupaten Kuantan Singingi.

Tidak ada wilayahnya yang berbatasan dengan laut, namun ada sebagian wilayahnya yang dibatasi oleh sungai, sebagai batas alam dengan kecamatan lain. Sebagian besar desa di kecamatan Kuantan Tengah dilintasi oleh sungai Kuantan yang merupakan salah satu sungai terbesar yang berada di Kuantan Singingi.

Metode Pengumpulan Data

Sumber data yang digunakan dalam perancangan instalasi pengolahan lumpur tinja ini berupa data primer dan data sekunder.

Data Primer

Data yang diperlukan untuk perencanaan ini adalah :

a. Karakteristik lumpur tinja.

Pengambilan data primer di lapangan dengan melakukan investigasi dan pengukuran karakteristik lumpur tinja yang didapatkan dari truk tinja yang beroperasi di sekitar Kota Taluk Kuantan dan kemudian dilakukan pengujian di laboratorium.

b. Kondisi eksisting rencana lokasi IPLT

Data primer mengenai kondisi eksisting rencana lokasi IPLT ini didapatkan dengan melakukan pengamatan atau observasi lapangan dengan melihat langsung keadaan yang ada di lapangan, dapat berupa rencana lokasi penempatan IPLT, akses jalan untuk membawa lumpur tinja. Pengambilan sampel lumpur tinja untuk diuji di laboratorium dan mengumpulkan data berkaitan aspek penting pemilihan lokasi IPLT

Data Sekunder

Data yang diperlukan untuk perencanaan ini adalah :

a. Peta administrasi Kota Taluk Kuantan.

Adapun kegunaan peta administrasi Kota Pekanbaru untuk memperlihatkan wilayah administrasi Kota Taluk Kuantan

b. Jumlah penduduk

Data jumlah penduduk Kota Taluk Kuantan akan digunakan untuk menentukan debit lumpur tinja yang akan masuk ke bangunan pengolahan lumpur tinja.

c. Persyaratan desain perencanaan

Diperlukan untuk menentukan tipe konstruksi bangunan pengolahan

Perencanaan Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT)

Lumpur tinja yang akan diolah pada IPLT adalah kotoran manusia yang sudah terkumpul pada tangki septik yang kemudian akan disedot dan dibawa oleh truk tinja. Tahapan dalam perencanaan instalasi pengolahan lumpur tinja (IPLT) ini antara lain :

1. Penentuan kapasitas IPLT

Perhitungan untuk menentukan kapasitas IPLT menggunakan data jumlah penduduk tahun 2017 yang akan dilayani di Kota Taluk Kuantan, kemudian mengalikan dengan laju timbulan lumpur tinja

2. Penentuan unit pengolahan

Untuk penentuan unit pengolahan lumpur tinja, perlu diketahui karakteristik lumpur tinja dengan melakukan pengujian di laboratorium.

3. Penerapan alternatif terpilih

Pemilihan alternatif pengolahan mempertimbangkan kelebihan dan kekurangan dari setiap teknologi pengolahan sangat berguna untuk memilih teknologi yang paling tepat sehingga dihasilkan teknologi pengolahan air limbah yang efektif dan efisien dengan menghasilkan kualitas *effluen* yang sesuai dengan baku mutu yang ditetapkan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan Debit Lumpur Tinja

Kapasitas IPLT ditentukan dengan menghitung jumlah sarana tangki septik yang berada di daerah pelayanan. Data ini dapat diperoleh dari puskesmas-puskesmas ataupun dinas kesehatan yang berada di dalam wilayah terkait. Bila data jumlah tangki septik sulit didapat atau diinventarisasi, maka dapat digunakan pendekatan (50-60)% dari jumlah penduduk yang ada di dalam daerah layanan memiliki tangki septik. Selanjutnya, perhitungan kapasitas IPLT juga memerlukan informasi perkiraan jumlah penghuni atau pengguna tangki septik dan periode pengurasan lumpur dari tangki septik.

Kapasitas (debit) IPLT selanjutnya dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

Debit lumpur tinja = Persentasi pelayanan x jumlah penduduk daerah layanan x laju timbulan lumpur tinja

Keterangan:

- Debit lumpur tinja dalam liter/hari atau dibagi dengan 1.000 untuk konversi menjadi m³/hari adalah jumlah lumpur yang akan masuk dan diolah di IPLT setiap harinya
- Persentasi pelayanan dapat menggunakan pendekatan (50-60)%
- Laju timbulan lumpur tinja dapat menggunakan pendekatan 0,5 liter/orang/hari

Dari data BPS 2017 diketahui bahwa jumlah penduduk Kota Taluk Kuantan adalah 47.323 jiwa. Dari data Buku Putih Sanitasi yang diterbitkan oleh pemerintah kabupaten Kuantan Singing, jumlah rumah yang telah memiliki *septic tank* yang layak (kondisi baik dan dasarnya kedap) adalah sebesar 58%. Oleh karena itu digunakan angka 58% untuk persen pelayanan.

Debit lumpur tinja

$$Q = 58\% \times 47.323 \text{ org} \times 0,5 \text{ liter/org.hari}$$

$$\text{Debit lumpur tinja} = 13509 \text{ liter/hari} = 13,5 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Berdasarkan dari perhitungan didapatkan debit lumpur tinja yang akan diolah adalah 13,5 m³/hari.

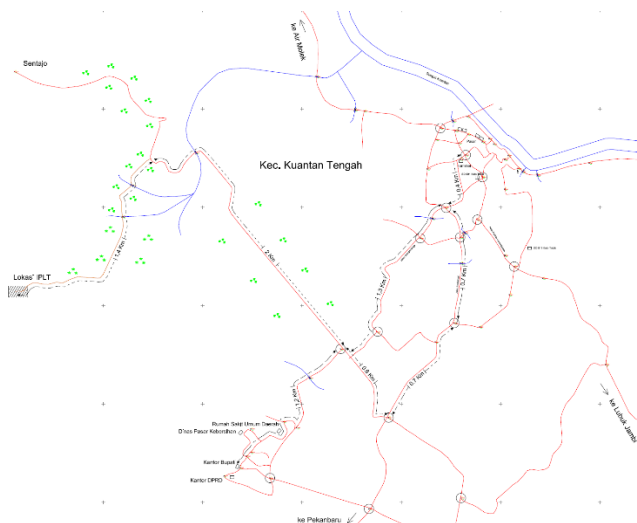
Hasil Uji Karakteristik Lumpur Tinja

Lumpur tinja yang akan diuji diambil dari hasil penyedotan oleh truk tinja yang beroperasi di daerah Kota Taluk Kuantan, kemudian sampel diuji ke Laboratorium Kesehatan dan Lingkungan, berikut tabel hasil pengujian sampel lumpur tinja.

Tabel 1 Karakteristik Lumpur Tinja

Parameter	Satuan	Hasil	Metode
BOD ₅	mg/L	6.400	SNI 06-2503-1991
TSS	mg/L	29.900	APHA 2540D-2012

Berdasarkan hasil survey dilapangan dibuatlah perencanaan mengenai daerah pelayanan. Pemilihan daerah yang dilayani berdasarkan kedekatan lokasi IPLT dan daerah pelayanan. Dari kegiatan diatas didapatkan suatu kesimpulan bahwa penduduk yang dilayani IPLT ini adalah masyarakat yang berdomisili di Kota Taluk Kuantan/Kecamatan Kuantan tengah, Kabupaten Kuantan Singingi. Pelayanan ini juga di batasi dengan jarak yang tidak terlalu jauh dari Kota Taluk Kuantan. Berikut adalah gambar hasil perhitungan jarak antara lokasi IPLT dan daerah pelayanan. Lokasi IPLT berada di TPA Kota Taluk Kuantan.



Gambar 1 Jarak lokasi IPLT dari daerah pelayanan

Unit Pengolahan dan Perhitungan Kesetimbangan Massa (Mass balance)

Pengolahan lumpur tinja di Kecamatan Tampan yaitu dengan unit *sludge separation chamber* (SSC), dan *anaerobic baffle reactor* (ABR). Unit SSC direncanakan dapat menyisihkan BOD 35% dan TSS 85%, kemudian dilanjutkan dengan 2 unit ABR, direncanakan penyisihan masing-masing bak ABR BOD 95% dan 85% kemudian TSS 85% dan 80%.

Perhitungan kesetimbangan massa sebagai berikut :

1. Sludge separation chamber

$$Q \text{ lumpur tinja} = 13,5 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$BOD = 6.400 \text{ mg/L} = 6,4 \text{ kg/m}^3$$

$$BOD = [BOD] \times Q = 6,4 \text{ kg/m}^3 \times 13,5 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 86,4 \text{ kg/hari}$$

$$TSS = 29.900 \text{ mg/L} = 29,9 \text{ kg/m}^3$$

$$TSS = [TSS] \times Q = 29,9 \text{ kg/m}^3 \times 13,5 \text{ m}^3/\text{hari} = 403,65 \text{ kg/hari}$$

$$\% \text{ removal BOD} = 35\%$$

$$\% \text{ removal TSS} = 85\%$$

Effluen Sludge separation chamber menjadi sludge

(waste):

$$BOD_{\text{teremoval}} = BOD_{\text{in}} \times \% \text{ removal}$$

$$= 86,4 \text{ kg/hari} \times 35\% = 30,24 \text{ kg/hari}$$

$$TSS_{\text{teremoval}} = TSS_{\text{in}} \times \% \text{ removal}$$

$$= 403,65 \text{ kg/hari} \times 85\% = 343,1025 \text{ kg/hari}$$

Effluen sludge separation chamber:

$$BOD = BOD_{\text{in}} - BOD_{\text{teremoval}}$$

$$= 86,4 \text{ kg/hari} - 30,24 \text{ kg/hari} = 56,16 \text{ kg/hari}$$

$$TSS = TSS_{\text{in}} - TSS_{\text{teremoval}}$$

$$= 403,65 \text{ kg/hari} - 343,1025 \text{ kg/hari} = 60,5475 \text{ kg/hari}$$

kg/hari

Diasumsikan berat solid 6% dari lumpur, sehingga :

$$\text{Volume Lumpur} = \text{berat solid} \times \text{debit}$$

$$= 6\% \times 13,5 \text{ m}^3/\text{hari} = 0,81 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Karakteristik effluent

$$[Q]_{\text{eff}} = Q_{\text{awal}} - \text{Volume lumpur}$$

$$= 13,5 \text{ m}^3/\text{hari} - 0,81 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 12,69 \text{ m}^3/\text{hari}$$

BOD effluen SSC

$$BOD]_{\text{eff}} = \frac{Q_{\text{effluen}}}{12,69 \text{ m}^3/\text{hari}}$$

$$= \frac{56,16 \text{ kg/hari}}{12,69 \text{ m}^3/\text{hari}}$$

$$= 4,426 \text{ kg/m}^3 = 4.426 \text{ mg/l}$$

$$= 4,426 \text{ kg/m}^3 = 4.426 \text{ mg/l}$$

$$= 4,426 \text{ kg/m}^3 = 4.426 \text{ mg/l}$$

TSS effluen SSC

$$[TSS]_{\text{eff}} = \frac{Q_{\text{effluen}}}{12,69 \text{ m}^3/\text{hari}}$$

$$= \frac{60,5475 \text{ kg/hari}}{12,69 \text{ m}^3/\text{hari}}$$

$$= 4,771 \text{ kg/m}^3 = 4771,277 \text{ mg/l}$$

$$= 4,771 \text{ kg/m}^3 = 4771,277 \text{ mg/l}$$

2. Anaerobic Baffle Reactor1 (ABR1)

$$\text{Debit } [Q]_{\text{in}} = 12,69 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$[BOD]_{\text{in}} = 4,426 \text{ kg/m}^3$$

$$[BOD]_{\text{in}} = [BOD] \times Q = 4,426 \text{ kg/m}^3 \times 12,69 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 56,16 \text{ kg/hari}$$

$$[TSS]_{\text{in}} = 4,771 \text{ kg/m}^3$$

$$[TSS]_{\text{in}} = [TSS] \times Q = 4,771 \text{ kg/m}^3 \times 12,69 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 60,5475 \text{ kg/hari}$$

$$\% \text{ removal BOD} = 95\%$$

$$\% \text{ removal TSS} = 85\%$$

Effluen ABR1 menjadi *sludge*:

$$BOD_{\text{teremoval}} = BOD_{\text{in}} \times \% \text{ removal}$$

$$= 56,16 \text{ kg/hari} \times 95\% = 53,352 \text{ kg/hari}$$

$$TSS_{\text{teremoval}} = TSS_{\text{in}} \times \% \text{ removal}$$

$$= 60,5475 \text{ kg/hari} \times 85\% = 51,465 \text{ kg/hari}$$

Effluent ABR1:

$$BOD = BOD_{\text{in}} - BOD_{\text{teremoval}}$$

$$= 56,16 \text{ kg/hari} - 53,352 \text{ kg/hari} = 2,808 \text{ kg/hari}$$

kg/hari

$$TSS = TSS_{\text{in}} - TSS_{\text{teremoval}}$$

$$= 60,5475 \text{ kg/hari} - 51,465 \text{ kg/hari} = 9,082 \text{ kg/hari}$$

kg/hari

Diasumsikan berat solid 6% dari lumpur, sehingga :

$$\rho \text{ lumpur} = 1,03 \text{ kg/L}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa lumpur} &= \text{berat solid} \times \text{massa lumpur} \\ &= \frac{100}{6} \times 51,465 \text{ kg/hari} = 857,756 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume Lumpur} &= \frac{\text{Massa lumpur}}{\rho_{\text{cake}} \times 1000} \\ &= \frac{857,756 \text{ kg/hari}}{1,03 \frac{\text{kg}}{\text{L}} \times 1000} = 0,833 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Karakteristik *effluent*

$$\begin{aligned} [Q]_{\text{eff}} &= Q_{\text{awal}} - \text{Volume lumpur} \\ &= 12,69 \text{ m}^3/\text{hari} - 0,833 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 11,857 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} [\text{BOD}]_{\text{eff}} &= \frac{\text{BOD}_{\text{effluen ABR}_1}}{Q_{\text{effluen}}} \\ &= \frac{2,808 \text{ kg/hari}}{11,857 \text{ m}^3/\text{hari}} \\ &= 0,237 \text{ kg/m}^3 = 237 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} [\text{TSS}]_{\text{eff}} &= \frac{\text{TSS}_{\text{effluen ABR}_1}}{Q_{\text{effluen}}} \\ &= \frac{9,082 \text{ kg/hari}}{11,857 \text{ m}^3/\text{hari}} \\ &= 0,766 \text{ kg/m}^3 = 76,6 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

3. Anaerobic baffle reactor 2 (ABR2)

$$\begin{aligned} [Q]_{\text{in}} &= 11,857 \text{ m}^3/\text{hari} \\ [\text{BOD}]_{\text{in}} &= 0,237 \text{ kg/m}^3 \\ [\text{BOD}]_{\text{in}} &= [\text{BOD}] \times Q = 0,237 \text{ kg/m}^3 \times 11,857 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 2,808 \text{ kg/hari} \\ [\text{TSS}]_{\text{in}} &= 0,766 \text{ kg/m}^3 \\ [\text{TSS}]_{\text{in}} &= [\text{TSS}] \times Q = 0,766 \text{ kg/m}^3 \times 11,857 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 9,082 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

$$\% \text{ removal BOD} = 85\%$$

$$\% \text{ removal TSS} = 80\%$$

Effluen ABR2 menjadi sludge (waste):

$$\begin{aligned} \text{BOD}_{\text{teremoval}} &= \text{BOD}_{\text{in}} \times \% \text{ removal} \\ &= 2,808 \text{ kg/hari} \times 85\% = 2,387 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{TSS}_{\text{teremoval}} &= \text{TSS}_{\text{in}} \times \% \text{ removal} \\ &= 9,082 \text{ kg/hari} \times 80\% = 7,266 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

Effluen ABR2 :

$$\begin{aligned} \text{BOD} &= \text{BOD}_{\text{in}} - \text{BOD}_{\text{teremoval}} \\ &= 2,808 \text{ kg/hari} - 2,387 \text{ kg/hari} = 0,421 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{TSS} &= \text{TSS}_{\text{in}} - \text{TSS}_{\text{teremoval}} \\ &= 9,082 \text{ kg/hari} - 7,266 \text{ kg/hari} = 1,816 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

Diasumsikan berat solid 6% dari lumpur, sehingga :

$$\rho_{\text{lumpur}} = 1,03 \text{ kg/L}$$

$$\text{Massa lumpur} = \text{berat solid} \times \text{massa lumpur}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{100}{6} \times 7,266 \text{ kg/hari} \\ &= 121,095 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume Lumpur} &= \frac{\text{Massa lumpur}}{\rho_{\text{cake}} \times 1000} \\ &= \frac{121,095 \text{ kg/hari}}{1,03 \text{ kg/L} \times 1000} = 0,1176 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Karakteristik *effluent*

$$\begin{aligned} [Q]_{\text{eff}} &= Q_{\text{awal}} - \text{Volume lumpur} \\ &= 11,857 \text{ m}^3/\text{hari} - 0,1176 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 11,739 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

$$[\text{BOD}]_{\text{eff}} = \frac{\text{BOD}_{\text{effluen ABR}_2}}{Q_{\text{effluen}}}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{0,421 \text{ kg/hari}}{11,739 \text{ m}^3/\text{hari}} \\ &= 0,036 \text{ kg/m}^3 = 36 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} [\text{TSS}]_{\text{eff}} &= \frac{\text{TSS}_{\text{effluen ABR}_2}}{Q_{\text{effluen}}} \\ &= \frac{1,816 \text{ kg/hari}}{11,739 \text{ m}^3/\text{hari}} \\ &= 0,155 \text{ kg/m}^3 = 155 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan di dapatkan nilai Effluen air limbah adalah sebagai berikut:

Tabel 2 Karakteristik Air limbah Setelah Pengolahan

Parameter	Satuan	Setelah Pengolahan	Baku Mutu Kepmen LH no 5 tahun 2015
BOD ₅	mg/L	36	50
TSS	mg/L	155	200

Nilai Effluen BOD dan TSS dari hasil pengolahan berdasarkan perhitungan mass balance telah berada di bawah baku mutu air limbah berdasarkan KepMen LH no 5 tahun 2014

Perhitungan Perancangan Bangunan IPLT

Perancangan bangunan IPLT di Kecamatan Tampan terdiri dari 3 unit pengolahan, pada bagian pertama menggunakan unit SSC yang berfungsi untuk menahan padatan lumpur tinja. Kemudian dilanjutkan dengan 2 unit ABR sebagai pengolahan secara biologi. Untuk perhitungan dimensi unit pengolahan diuraikan sebagai berikut :

1. Perhitungan Dimensi *Sludge Separation Chamber* (SSC)

Desain SSC

$$[Q]_{\text{in}} = 13,5 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{Bentuk} = \text{Persegi panjang}$$

$$\text{Waktu tinggal (td)} = 7 \text{ hari tiap bak}$$

$$\text{Jumlah bak} = 4 \text{ bak SSC}$$

$$\text{Freeboard} = 1,097 \text{ m}$$

$$\text{ketebalan lumpur} = 0,3 \text{ m}$$

$$\text{ketebalan kerikil} = 0,3 \text{ m}$$

$$\text{ketebalan plat perforated} = 0,005 \text{ m}$$

$$\text{variasi lobang} = 0,002 \text{ m}$$

$$\text{ketebalan lantai kerja} = 0,1 \text{ m}$$

$$\text{kemiringan bak} = 20\% \text{ dari tinggi total}$$

Dimensi SSC

$$\text{Volume lumpur harian} = 0,81 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Komposisi lumpur terdiri dari 20% air dan 80% solid, sehingga:

$$\begin{aligned} \text{Volume solid} &= \% \text{ solid} \times \text{Volume lumpur} \\ &= 80\% \times 0,81 \text{ m}^3/\text{hari} = 0,648 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume bak} &= \text{volume solid} \times \text{waktu tinggal} \\ &= 0,648 \text{ m}^3/\text{hari} \times 7 \text{ hari} = 4,536 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas bak lumpur} &= \text{volume bak} / \text{ketebalan lumpur} \\ &= 4,536 \text{ m}^3 / 0,03 \text{ m} = 151 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Rasio panjang lebar 4 : 1, sehingga :

$$\text{Luas bak lumpur} = P \times L = 4L \times L$$

$$L = \sqrt{\frac{151 \text{ m}^2}{4}} = 6,14 \text{ m}$$

$$L \text{ aktual} = 6,5 \text{ m}$$

$$P = 4 \times L = 4 \times 6,14 \text{ m}$$

$$= 24,59 \text{ m} \sim 25 \text{ m}$$

Disediakan bak outlet sebelum dialirkan ke unit ABR dengan panjang 1 m, sehingga :

$$P_{\text{total}} = P_{\text{inlet bak}} + P_{\text{bak lumpur}} + P_{\text{bak outlet}}$$

$$= 1 \text{ m} + 25 \text{ m} + 1 \text{ m} = 27 \text{ m}$$

Tinggi total bak SSC = H freeboard + H lumpur + H kerikil + H plat perforated + H lantai kerja

$$= 1,097 \text{ m} + 0,3 \text{ m} + 0,005 \text{ m} + 0,1 \text{ m} = 1,5 \text{ m}$$

Desain screen, direncanakan :

Lebar batang = 0,015 m
 Jarak antar batang = 0,05 m
 Lebar saluran = 6,5 m
 Jumlah batang = lebar saluran / (lebar batang + jarak antar batang)

$$= \frac{6,5 \text{ m}}{0,015 \text{ m} + 0,05 \text{ m}} = 217 \text{ batang}$$

Saluran outlet

Diameter pipa = 5 inchi = 0,127 m
 Debit effluen = 126,9 m³/hari = 0,001469 m³/detik
 Kecepatan aliran = $\frac{Q_r}{1/4 \times \pi \times d^2}$

$$= \frac{0,001469 \text{ m}^3/\text{detik}}{1/4 \times \pi \times 0,127^2} = 0,116 \text{ m/detik}$$

Disediakan 4 bak SSC

Luas bangunan = 4 x P x L = 4 x 26 m x 6,5 m = 676 m²

2. Anaerobic Baffle Reactor 1 (ABR1)

Desain ABR 1

Q_{in} = 12,69 m³/hari
 BOD_{teremoval} = 53,352 kg/hari
 TSS_{teremoval} = 34,31 kg/hari
 Bentuk = Persegi panjang
 Freeboard = 0,3 m
 Waktu tinggal (td) = 15 jam
 Koefisien *yield* = 0,03 (Tchobanoglous, et al, 2003)
 Berat jenis lumpur = 1,03 kg/l (Tchobanoglous, et al, 2003)

Dimensi ABR1

Volume ABR = Q x waktu tinggal = 0,5288 m³/jam x 150 jam = 79,31 m³

Direncanakan H = 1 m

Luas kolam = volume ABR / H = 79,31 m³ / 1 = 79,31 m²

Rasio panjang lebar 3 : 1, sehingga :

Luas bak lumpur = P x L = 3L x L

$$L = \sqrt{\frac{79,31 \text{ m}^2}{3}} = 5,062 \text{ m} \sim 5 \text{ m}$$

P = 3 x L = 4 x 5 m = 15 m

H + freeboard = 1 m + 0,3 m = 1,3 m

Volume aktual = P x L x H aktual = 15 m x 5 m x 1,3 m = 98 m³

Dimensi kompartemen :

H kompartemen = 1,3 m

L kompartemen = 5 m

P kompartemen = 3 m

Volume kompartemen = P x L x H = 3 m x 5 m x 1,3 m = 20 m³

Jumlah kompartemen = volume ABR / volume kompartemen = $\frac{98 \text{ m}^3}{20 \text{ m}^3} = 5$ kompartemen

Perhitungan lumpur

Berat endapan BOD = Koefisien *yield* x BOD_{teremoval} = 0,03 x 53,352 kg/hari = 1,6006 kg/hari

Berat endapan TSS = Koefisien *yield* x TSS_{teremoval} = 0,03 x 34,31 kg/hari = 1,0293 kg/hari

Jumlah lumpur = Berat endapan BOD + Berat endapan TSS = 1,6006 kg/hari + 1,0293 kg/hari = 2,6299 kg/hari

Volume lumpur = $\frac{\text{jumlah lumpur}}{\text{berat soid} \times \text{berat jenis lumpur}}$ = $\frac{2,6299 \text{ kg/hari}}{6\% \times 1,03 \text{ kg/L}} = 42,5545 \text{ L/hari}$

Dimensi ruang lumpur

Direncanakan pengambilan lumpur setiap sebulan sekali

Volume lumpur = volume lumpur harian x waktu tinggal lumpur = 42,5545 L/hari x 30 hari = 1.276 L = 1.276 m³

Direncanakan P = 15 m

L = 5 m

H lumpur = volume lumpur / (P x L) = 1.276 m³ / (15 m x 5 m) = 0,017 m

Cek bilangan Reynold, direncanakan :

Kecepatan aliran = 1,5 m/jam = 0,000417 m/detik

L kompartemen = 5 m

H aktual = 1,3 m

Keliling basah = $\frac{L + H}{L + 2H} = \frac{5 \text{ m} + 1,3 \text{ m}}{5 \text{ m} + (2 \times 1,3 \text{ m})}$

= 0,8 m

N_{Re} = $\frac{V R}{\mu} = \frac{0,000417 \text{ m/detik} \times 0,8 \text{ m}}{8 \times 10^{-7} \text{ m/detik}}$

= 431,74 < 2.000 (memenuhi)

Saluran outlet

Diameter pipa = 5 inchi = 0,102 m

Debit effluen = 121,348 m³/hari = 0,001404 m³/detik

Kecepatan aliran = $\frac{Q_r}{1/4 \times \pi \times d^2}$ = $\frac{0,001404 \text{ m}^3/\text{detik}}{1/4 \times \pi \times 0,102^2} = 0,173 \text{ m/detik}$

Luas bangunan = P x L = 15 m x 5 m = 75 m²

3. Anaerobic Baffle Reactor 2 (ABR)

Dimensi ABR 2

Volume ABR = Q x waktu tinggal = 0,5037 m³/jam x 150 jam = 75,56 m³

Direncanakan H = 1 m

Luas kolam = volume ABR / H = 75,56 m³ / 1 = 75,56 m²

Rasio panjang lebar 3 : 1, sehingga :

Luas bak lumpur = P x L = 3L x L

$$L = \sqrt{\frac{76,86 \text{ m}^2}{3}} = 5,062 \text{ m} \sim 5 \text{ m}$$

P = 3 x L = 4 x 5 m = 15 m

H + freeboard = 1 m + 0,3 m = 1,3 m

Volume aktual = P x L x H aktual = 15 m x 5 m x 1,3 m = 98 m³

Dimensi kompartemen :

H kompartemen = 1,3 m

L kompartemen = 5 m
 P kompartemen = 3 m
 Volume kompartemen = $P \times L \times H$
 = $3 \text{ m} \times 5 \text{ m} \times 1,3 \text{ m} = 20 \text{ m}^3$
 Jumlah kompartemen = volume ABR / volume kompartemen
 = $\frac{98 \text{ m}^3}{20 \text{ m}^3} = 5 \text{ kompartemen}$

Perhitungan lumpur
 Berat endapan BOD = Koefisien *yield* x BOD_{teremoval}
 = $0,03 \times 2,3868 \text{ kg/hari} = 0,0716 \text{ kg/hari}$

Berat endapan TSS = Koefisien *yield* x TSS_{teremoval}
 = $0,03 \times 4,8438 \text{ kg/hari} = 0,1453 \text{ kg/hari}$

Jumlah lumpur = Berat endapan BOD + Berat endapan TSS
 = $0,0716 \text{ kg/hari} + 0,1453 \text{ kg/hari} = 0,2169 \text{ kg/hari}$

Volume lumpur = $\frac{\text{jumlah lumpur}}{\text{berat soid} \times \text{berat jenis lumpur}}$
 = $\frac{0,2169 \text{ kg/hari}}{6\% \times 1,03 \text{ kg/L}} = 35,1 \text{ L/hari}$

Dimensi ruang lumpur
 Direncanakan pengambilan lumpur setiap enam bulan sekali
 Volume lumpur = volume lumpur harian x waktu tinggal lumpur
 = $35,1 \text{ L/hari} \times 180 \text{ hari} = 631,8 \text{ L} = 0,6318 \text{ m}^3$

Direncanakan P = 15 m
 L = 5 m
 H lumpur = volume lumpur / (P x L)
 = $0,6318 \text{ m}^3 / (15 \text{ m} \times 5 \text{ m}) = 0,008 \text{ m}$

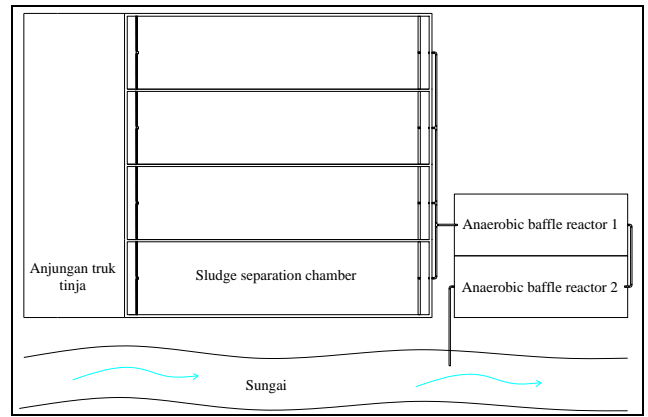
Cek bilangan Reynold, direncanakan :
 Kecepatan aliran = 1,5 m/jam = 0,000417 m/detik
 L kompartemen = 5 m
 H aktual = 1,3 m

Keliling basah = $\frac{L+H}{L+2H} = \frac{5 \text{ m} + 1,3 \text{ m}}{5 \text{ m} + (2 \times 1,3 \text{ m})}$
 = 0,8 m
 $N_{Re} = \frac{VR}{\mu} = \frac{0,000417 \text{ m/detik} \times 0,8 \text{ m}}{8 \times 10^{-7} \text{ m/detik}} = 431,74 < 2.000$ (memenuhi)

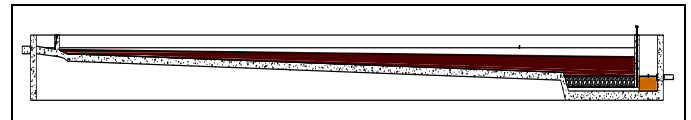
Saluran outlet
 Diameter pipa = 5 inchi = 0,102 m
 Debit effluen = 120,564 m³/hari = 0,001395 m³/detik
 Kecepatan aliran = $\frac{Q_r}{1/4 \times \pi \times d^2}$
 = $\frac{0,001395 \text{ m}^3/\text{detik}}{1/4 \times 3,14 \times 0,102^2} = 0,172 \text{ m/detik}$

Luas bangunan = P x L = 15 m x 5 m = 75 m²
 Total luas bangunan alternatif terpilih = Luas SSC + Luas ABR1 + Luas ABR2
 = $676 \text{ m}^2 + 75 \text{ m}^2 + 75 \text{ m}^2 = 826 \text{ m}^2$

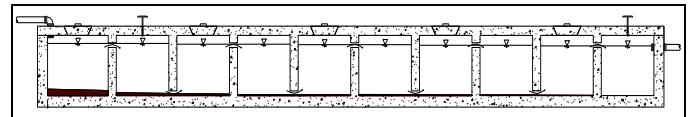
Adapun contoh sketsa gambar instalasi pengolahan lumpur tinja dapat dilihat pada Gambar 2,3 dan 4 berikut.



Gambar 2 Denah IPLT



Gambar 3. Potongan Sludge Separation Chamber



Gambar 4. Potongan Anaerobic Baffle Reactor 1 dan 2

4. KESIMPULAN

Debit lumpur tinja pada tahun rencana 2018 di Kota Taluk Kuantan adalah 13,5 m³/hari. Pengolahan lumpur tinja dilakukan menggunakan pengolahan secara fisik dengan unit *sludge separation chamber* (SSC) dan pengolahan secara biologi dengan 2 unit *anaerobic baffle reactor* (ABR). Dimensi untuk SSC terdiri dari 4 bak, masing-masing bak memiliki panjang 27 m, lebar 6,5 m dan tinggi 1,5 m. Sedangkan untuk unit pengolahan ABR, kedua bak mempunyai dimensi yang sama yaitu panjang 15 m, lebar 5 m, dan ketinggian 1,3 m. Pengolahan lumpur tinja di Kecamatan Tampan sudah efisien dan efektif diterapkan. Berdasarkan air hasil pengolahan lumpur tinja yang akan dibuang ke sungai sudah memenuhi baku mutu air limbah menurut Permen LH No 5 tahun 2014 dengan nilai BOD 36 mg/liter dan nilai TSS adalah 155 mg/liter.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada LPPM Universitas Riau atas bantuan dana yang diberikan.

DAFTAR PUSTAKA

Badan Pusat Statistik Kabupaten Kuantan Singingi. (2017). *Kota Taluk Kuantan dalam Angka 2017*
 Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No 5 tahun 2014 tentang baku mutu air limbah
 Heinss, Udo, at al., 1998. *Solid Separation and Pond Systems for the Treatment of Faecal Sludges In the Tropics, Lessons Learnt and Recommendations for Preliminary Design*. Duebendorf/Accra
 Metcalf and Eddy, 1991. *Wastewater Engineering : Treatment, Disposal dan Reuse*. New York: McGraw-Hill

Nazar, H., Kasri, A., Saam, Z. 2010. Kebijakan Pengendalian Pencemaran Sumber Air Bersih Perumahan Sederhana di Kota Pekanbaru. *Journal of Environmental Science*, ISSN 1978-5283: 63-80

Oktarina dan Helmi, 2013. Perencanaan Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja Sistem Kolam Kota Palembang (Studi Kasus IPLT Sukawinatan), *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, Vol.1, No.1 : 74-79

Soeparman. H.M. dan Suparmin, 2002. *Pembuangan Tinja dan Limbah Cair dan Limbah Cair : Suatu Pengantar*. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC



Seminar Nasional Sains dan Teknologi Lingkungan III

| ISSN (Print) 2356-4938 | ISSN (Online) 2541-3880 |



Potensi Mikroalga *Chlorella pyrenoidosa* dari Limbah Cair Kelapa Sawit Menjadi Bioetanol Sebagai Sumber Energi Alternatif

Shinta Elystia, Sri Rezeki Muria, Diana Aprila, Sandy Juliana Sari

Program Studi Teknik Lingkungan S1, Fakultas Teknik Universitas Riau
Kampus Bina Widyia Jl. HR. Soebrantas Km 12,5 Simpang Baru, Panam,
Pekanbaru 28293

KATA KUNCI

Mikroalga *Chlorella pyrenoidosa*, hidrolisis, fermentasi, bioetanol

KORESPONDENSI

E-mail: shintaelystia@yahoo.com

A B S T R A C T

Peningkatan populasi penduduk yang pesat mengakibatkan peningkatan kebutuhan terhadap energi. Dengan konsumsi energi yang terus meningkat dan cadangan bahan bakar fosil yang terus menipis, maka diperlukan alternatif sumber energi. Bioetanol telah ditunjukkan sebagai solusi untuk berbagai masalah energi dan lingkungan. Bahan baku yang berpotensi untuk dijadikan bioetanol adalah mikroalga, salah satunya mikroalga *Chlorella pyrenoidosa*. *Chlorella pyrenoidosa* mempunyai kandungan karbohidrat dalam bentuk selulosa dan hemiselulosa pada dinding selnya sehingga dapat dimanfaatkan dalam pembuatan bioetanol. *Chlorella pyrenoidosa* banyak ditemukan pada kolam pengolahan limbah cair kelapa sawit yang mengandung bahan organik dan nutrisi yang tinggi. *Chlorella pyrenoidosa* dihidrolisis menjadi glukosa untuk difermentasi lebih lanjut menjadi bioetanol. Penelitian ini bertujuan untuk mengamati kondisi terbaik pada proses hidrolisis dan fermentasi dengan memvariasi rasio massa mikroalga dengan volume H_2SO_4 adalah 1: 8; 1:10 dan 1:12, suhu hidrolisis pada $60^{\circ}C$, $80^{\circ}C$, dan $120^{\circ}C$ dan waktu fermentasi adalah 3, 5, dan 7 hari. Pengukuran konsentrasi bioetanol menggunakan refraktometer. Analisis menunjukkan bahwa konsentrasi glukosa tertinggi adalah 1,57 mg / ml pada rasio 1:12, suhu hidrolisis pada $80^{\circ}C$ menghasilkan glukosa tertinggi adalah sebanyak 2,18 mg / ml dan konsentrasi bioetanol tertinggi adalah 0,28% dalam 3 hari.

1. PENDAHULUAN

Pemanasan global telah menjadi salah satu isu internasional di bidang lingkungan (Sulistiyono, 2012). Suhu bumi yang cenderung meningkat serta terjadinya perubahan iklim yang drastis merupakan dampak dari pemanasan global yang diakibatkan karena meningkatnya konsentrasi gas rumah kaca (Jamilatun, 2010). Gas rumah kaca yang berkontribusi terhadap pemanasan global adalah karbon dioksida (CO_2), methane (CH_4), dinitro-oksida (N_2O), perfluorocarbon (PFC), hydrofluorocarbon (HFC) dan sulphur hexafluoride (SF_6) (Sugiyono, 2006). CO_2 merupakan gas rumah kaca yang kontribusinya paling tinggi terhadap pemanasan global, yakni mencapai lebih dari 60% dari total gas rumah kaca yang ada (Jamilatun, 2010). Berdasarkan data dari Kementerian Energi dan Sumberdaya Mineral (2016), bahwa pada tahun 2015 emisi

gas rumah kaca dari sektor energi mencapai 261,89 juta ton CO_2 dengan rata-rata peningkatan sebesar 2,43% per tahun. Dari kelima sektor pengguna energi, sektor transportasi menjadi penghasil emisi CO_2 terbesar kedua yakni mencapai 137,94 juta ton CO_2 (KESDM, 2016).

Emisi CO_2 yang dihasilkan pada sektor transportasi berasal dari pembakaran bahan bakar fosil oleh kendaraan bermotor. Salah satu bahan bakar fosil yang paling banyak digunakan adalah Bahan Bakar Minyak (BBM). BBM merupakan bahan bakar yang tidak dapat diperbaharui (*unrenewable fuels*) dan ketersediaannya di alam sangat terbatas (Putnarubun dkk, 2012). Indonesia mengalami peningkatan konsumsi BBM, dari 30 juta KL pada tahun 1991 menjadi 60 juta KL pada tahun 2011 (Soedomo, 2001). Hasil pembakaran BBM pada kendaraan bermotor akan menghasilkan emisi gas buang seperti CO , PM_{10} , NO_x , SO_x , HC dan Pb yang dapat menyebabkan dampak negatif bagi manusia berupa gangguan

saluran pernafasan, gangguan organ dalam seperti paru-paru, hati dan lainnya, gangguan syaraf, gangguan reproduksi, menurunkan kecerdasan pada anak dan kematian serta menyebabkan efek rumah kaca bagi lingkungan (Winarno, 2014).

Untuk mengurangi emisi CO₂ di atmosfer serta menangani permasalahan krisis energi, dapat dilakukan dengan mengganti sumber energi fosil dengan sumber energi terbarukan yang lebih ramah lingkungan (Sulistyono, 2012). Salah satu energi *renewable* yang dapat dijadikan pengganti bahan bakar fosil adalah bioetanol. Bioetanol sebagai bahan bakar alternatif memiliki keunggulan antara lain kandungan oksigen lebih tinggi (35%) sehingga terbakar lebih sempurna, bernilai oktan tinggi (118), dan lebih ramah lingkungan karena mengandung emisi gas karbon monoksida lebih rendah yakni sebesar 19-25% dibandingkan BBM (Jamilatun, 2010).

Selama ini, bahan baku yang digunakan untuk dijadikan bioetanol masih terkendala pada ketersediaan dan persaingan dengan bahan pangan. Selain itu, penggunaan bahan baku yang mengandung lignoselulosa sulit dalam produksinya karena adanya kandungan lignin sehingga perlu dilakukan *pretreatment* dan konversi yang dihasilkan sedikit. Oleh karena itu, saat ini mulai dikembangkan pembuatan bioetanol dengan bahan baku yang berasal dari mikroalga (Erlangga dkk, 2015). Mikroalga memiliki prospek yang sangat baik untuk dikembangkan sebagai bahan baku bioetanol. Mikroalga dipilih karena memiliki kemampuan tumbuh dengan cepat, tidak berkompetisi dengan bahan pangan, tidak memerlukan area yang luas serta dapat tumbuh di air laut, air tawar maupun air limbah. Selain itu, dalam masa tumbuhnya mikroalga menyerap karbondioksida di udara sehingga dapat mengurangi kadar CO₂ sebagai penyebab efek rumah kaca (Widjaja, 2009). Pemanfaatan mikroalga sebagai bahan baku bioetanol dikarenakan kandungan karbohidrat yang dimilikinya. Mikroalga membutuhkan media yang mengandung nutrisi untuk pertumbuhannya. Menurut Loebis dan Tobing (1989), limbah cair pabrik pengolahan kelapa sawit mengandung unsur hara yang tinggi seperti N, P, K, Mg, dan Ca, sehingga limbah cair tersebut berpeluang untuk digunakan sebagai sumber hara bagi pertumbuhan berbagai jenis mikroalga yang bernilai ekonomis tinggi. Berdasarkan uraian tersebut, maka digunakan mikroalga (*Chlorella pyrenoidosa*) yang tumbuh di limbah cair kelapa sawit sebagai bahan baku untuk pembuatan bioetanol.

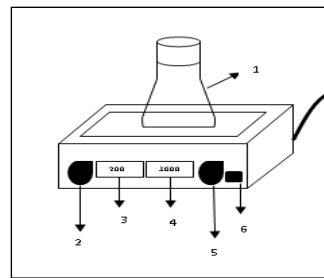
2. METODOLOGI

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi mikroalga yang diperoleh dari kolam 10 limbah cair industri kelapa sawit PTPN V Sei Pagar, Kabupaten Kampar, Provinsi Riau, ragi *Saccharomyces cerevisiae*, aquades, H₂SO₄ dan NaOH, Pottasium Pospat (KH₂PO₄), Magnesium Sulfat heptahidrat (MgSO₄·7H₂O), *yeast extract*, Reagen Nelson-Somogyi, yang terdiri dari Garam Rochelle atau Natrium Sodium Tartrate (C₄H₄O₆·4H₂O), Natrium Karbonat Anhidrat (Na₂CO₃), Natrium Sulfat Anhidrat (Na₂SO₄), Tembaga (II) Sulfat Pentahidrat (CuSO₄·5H₂O), Natrium Arsenat (Na₂HAsO₄·7H₂O), Natrium Bikarbonat (NaHCO₃), dan Ammonium Molybdat ((NH₄)₆Mo₇O₂₄·4H₂O).

Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi plankton net, jerigen 5 liter sebagai wadah sampel mikroalga, *autoclave*, *incubator*, *shaker*, *magnetic stirrer*, *erlenmeyer*, oven, pH meter, cawan porselin, timbangan analitik, ayakan, tabung reaksi dan rak, gelas ukur, labu ukur, gelas kimia, pipet tetes, batang pengaduk, mortar, kertas saring, dan corong.



1. Erlenmeyer
2. Kontrol Kecepatan Pengadukan
3. Layar Tampilan Kecepatan Pengadukan
4. Layar Tampilan Waktu Pengadukan
5. Kontrol Waktu Pengadukan
6. Tombol Power

Gambar 1 *Shaker*

Variabel Penelitian

Variabel Tetap

Variabel tetap dalam penelitian ini yaitu:

1. Massa mikroalga 20 gram (Erlangga dkk, 2015)
2. Konsentrasi asam H₂SO₄ sebesar 4%
3. Waktu hidrolisis 75 menit (Erlangga dkk, 2015).
4. Volume *starter* inokulum sebesar 10% (Azizah dkk, 2012).
5. Medium fermentasi (Angela, 2017).
6. Konsentrasi penambahan ragi 20 % (Karta dkk, 2015).
7. Kecepatan pengadukan 200 rpm (Wibowo, 2015).
8. Suhu operasi pada suhu ruang (Kusuma, 2010).
9. pH fermentasi 5 (Erlangga dkk, 2015).
10. Konsentrasi NaOH 4 M (Karta dkk, 2015).

Variabel Bebas

Variabel bebas dalam penelitian ini yaitu:

1. Rasio massa mikroalga dengan volume H₂SO₄ adalah 1: 8; 1:10 dan 1:12
2. Suhu hidrolisis sebesar 60 °C, 80 °C, 100 °C, dan 120 °C.
3. Waktu fermentasi selama 3 hari, 5 hari, dan 7 hari.

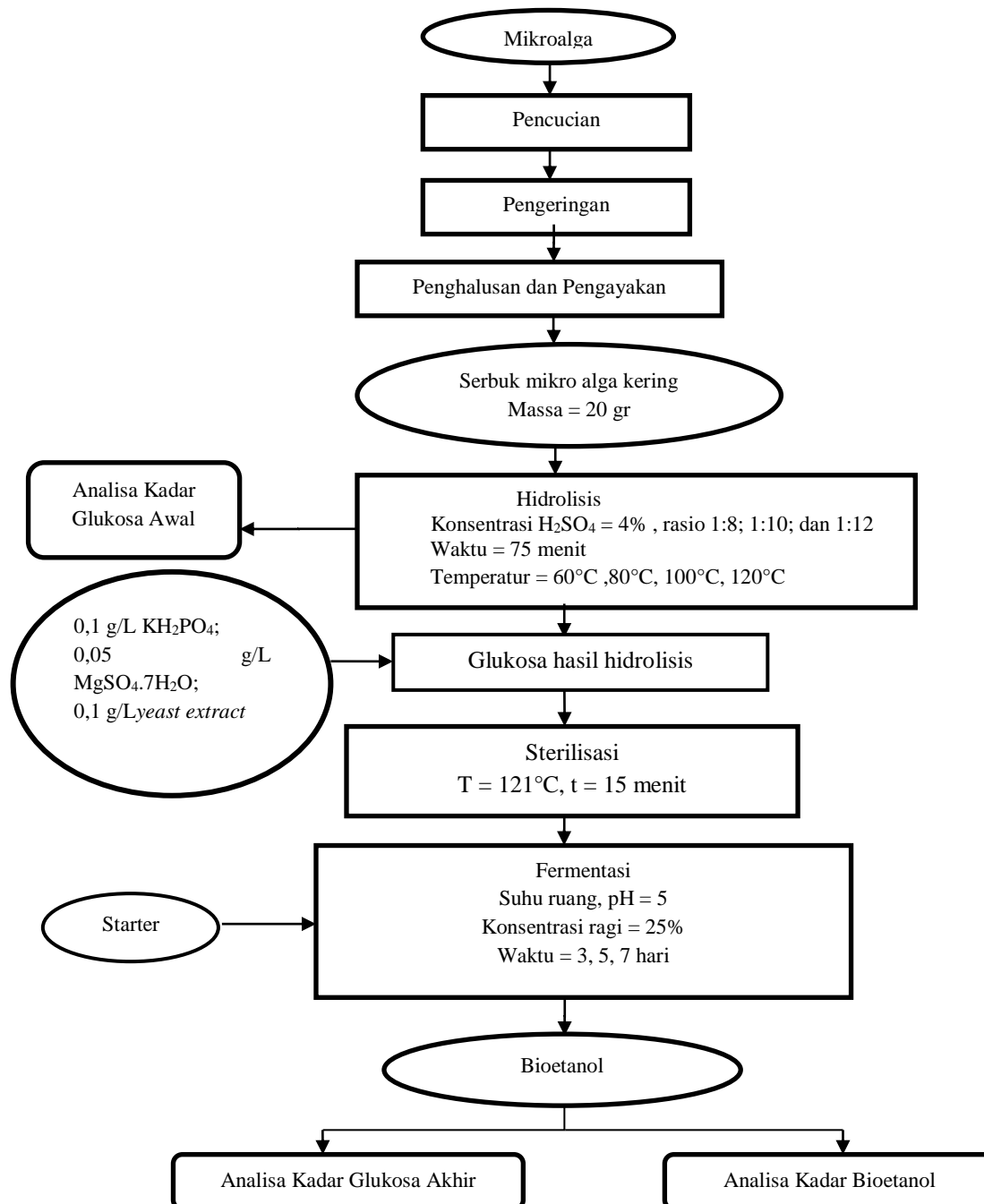
Prosedur penelitian

1. Persiapan Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan dalam pembuatan bioetanol ini adalah mikroalga yang diperoleh dari limbah cair pada kolam 10 (kolam stabilisasi yang digunakan untuk *land application*) PTPN V Sei Pagar, Provinsi Riau. Pengambilan sampel dilakukan di satu titik yang terdapat populasi mikroalga terbanyak menggunakan plankton net. Selanjutnya, mikroalga tersebut dibawa ke laboratorium untuk diidentifikasi di Laboratorium Botani FMIPA Universitas Riau dan didapatkan jenis mikroalga yang terdapat di dalam limbah cair kelapa sawit PTPN V Sei Pagar tersebut adalah jenis *Chlorella pyrenoidosa*. Kemudian, dilakukan pencucian mikroalga dengan aquades dan dikeringkan dengan oven selama 5 jam pada suhu 105°C sehingga kadar air maksimal 10%. Mikroalga kemudian digerus menggunakan mortar hingga berbentuk bubuk dan diayak menggunakan ayakan -100 +120 mesh.

2. Hidrolisis

Mikroalga sebanyak 20 gr dimasukkan ke dalam erlenmeyer, kemudian ditambahkan larutan H₂SO₄ dengan konsentrasi 4% dengan rasio 1:8, 1:10 dan 1:12. Larutan sampel dihidrolisis pada temperature 60°C, 80°C, 100°C, dan 120°C dengan waktu hidrolisis selama 75 menit. Larutan hasil hidrolisis kemudian dianalisa kadar glukosa awalnya menggunakan metode Nelson-Somogyi dan diukur konsentrasinya menggunakan spektrofotometer sinar tampak pada panjang gelombang 540 nm (Sudarmadji, 1997).



Gambar 2. Skema Prosedur Penelitian

3. Persiapan Starter (Inokulum)

Larutan hasil hidrolisis yang telah dianalisa kadar glukosa awalnya, kemudian ditambahkan NaOH 4 M hingga pH larutan menjadi 4 - 5. Kemudian, medium *starter* dibuat dengan menggunakan larutan sebanyak 10% dari volume medium fermentasi sebagai media tumbuh *Saccharomyces cerevisiae*. Selanjutnya ditambahkan dengan 0,1 g/L KH_2PO_4 ; 0,05 g/L $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; dan 0,1 g/L *yeast extract* sebagai nutrisi ke dalam medium starter. Setelah semua bahan dimasukkan, dihomogenkan terlebih dahulu dengan menggunakan *shaker* dan disterilisasi dengan autoclave pada suhu 121°C selama 15 menit. *Starter* didinginkan hingga mencapai suhu ruangan. Setelah dingin, ragi *Saccharomyces cerevisiae* dengan konsentrasi 25% dari massamikroalga dimasukkan ke dalam

medium *starter*. Selanjutnya diinkubasi pada suhu ruang selama 24 jam.

4. Fermentasi

Kondisi terbaik yang menghasilkan kadar glukosa tertinggi dari tahap hidrolisis, kemudian ditambahkan 0,1 g/L KH_2PO_4 ; 0,05 g/L $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; dan 0,1 g/L *yeast extract*, lalu dihomogenkan menggunakan *shaker*. Selanjutnya disterilisasi menggunakan autoclave pada suhu 121°C selama 15 menit dan didinginkan hingga mencapai suhu ruang. Larutan ini digunakan untuk pembuatan medium untuk proses fermentasi. Selanjutnya, medium fermentasi dimasukkan ke dalam erlenmeyer dan ditambahkan *starter*. Fermentasi dilakukan dengan waktu sesuai dengan variabel penelitian yaitu 3 hari, 5 hari, dan 7 hari.

Kemudian dianalisa kadar glukosa akhir dan bioetanol yang dihasilkan.

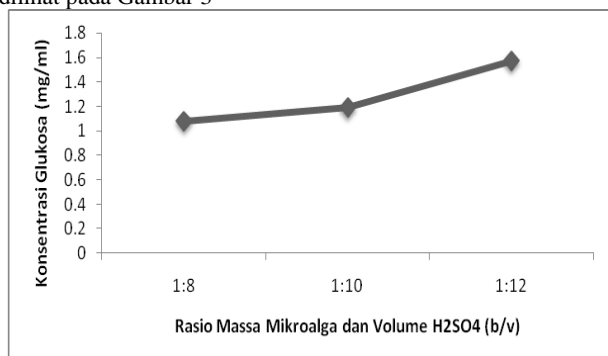
5. Pengukuran Konsentrasi Bioetanol dengan Refraktometer

Pengukuran konsentrasi bioetanol bertujuan untuk mengetahui seberapa besar kandungan bioetanol yang dihasilkan. Pada penelitian ini, analisa kadar bioetanol dilakukan dengan menggunakan refraktometer.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengaruh Rasio Massa Mikroalga dan Volume H₂SO₄ Terhadap Perolehan Glukosa

Untuk mengetahui pengaruh dari variasi rasio massa mikroalga dan volume H₂SO₄ terhadap perolehan glukosa dapat dilihat pada Gambar 3

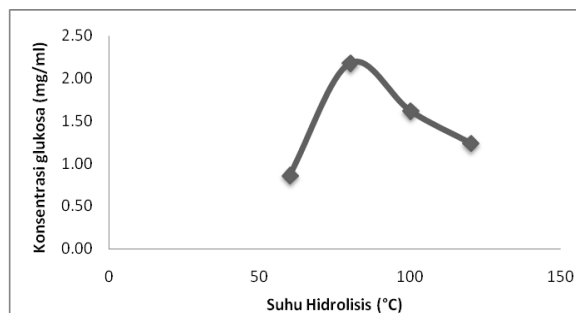


Gambar 3. Pengaruh Rasio Massa Mikroalga dan Volume H₂SO₄ Terhadap Konsentrasi Glukosa

Berdasarkan Gambar 3 dapat diketahui bahwa konsentrasi glukosa semakin meningkat seiring dengan pertambahan rasio massa mikroalga dan volume H₂SO₄. Konsentrasi glukosa tertinggi didapatkan pada rasio 1:12 (20 gram mikroalga dengan asam sulfat sebanyak 240 ml) yaitu sebesar 1,57 mg/ml. Penambahan volume asam menyebabkan perubahan komposisi selulosa dan hemiselulosa menjadi glukosa semakin meningkat (Pratiwi dkk, 2013). Pada proses hidrolisis, gugus H⁺ dari H₂SO₄ akan mengubah gugus serat dari selulosa menjadi gugus radikal bebas. Gugus radikal bebas serat selulosa yang kemudian akan berikatan dengan gugus OH⁻ dari air dan bereaksi menghasilkan gula reduksi (glukosa). Pada saat penambahan volume H₂SO₄ 4% dengan perbandingan 1:8 (20 gr mikroalga dengan 160 ml H₂SO₄) dan 1:10 (20 gr mikroalga dengan 200 ml H₂SO₄) pada suhu 80°C selama 75 menit, kemungkinan kebutuhan H⁺ dari asam belum mencukupi sehingga tidak banyak terbentuk gugus radikal bebas dari serat selulosa sehingga menyebabkan konsentrasi glukosa yang dihasilkan belum maksimal yaitu sebesar 1,08 mg/l untuk perbandingan 1:8 dan 1,19 mg/ml untuk perbandingan 1:10. Pada saat penambahan volume H₂SO₄ dengan perbandingan 1:12 (20 gr mikroalga dengan 240 ml H₂SO₄), gugus selulosa yang terdegradasi menjadi gugus radikal bebas semakin banyak sehingga konsentrasi glukosa semakin meningkat hingga mencapai 1,57 mg/ml dengan yield glukosa sebesar 1,89%. Oleh karena itu, penambahan volume dengan perbandingan 1:12 merupakan kondisi terbaik dalam penelitian ini untuk menghidrolisis mikroalga *Chlorella pyrenoidosa* sehingga menghasilkan glukosa terbanyak.

B. Pengaruh Suhu Hidrolisis Terhadap Perolehan Glukosa

Pada proses hidrolisis dilakukan variasi suhu sebesar 60°C, 80°C, 100°C, dan 120°C. Konsentrasi glukosa yang diperoleh pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 4.



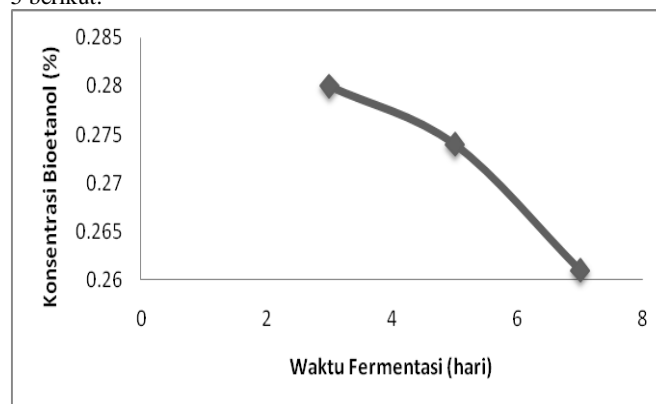
Gambar 4. Pengaruh Suhu Hidrolisis Terhadap Konsentrasi Glukosa Awal

Berdasarkan Gambar 4 dapat dilihat pengaruh suhu hidrolisis terhadap konsentrasi glukosa. Pada penelitian ini, konsentrasi glukosa tertinggi dihasilkan pada proses hidrolisis pada suhu 80°C, yaitu sebesar 2,18 mg/ml. Pada suhu 60°C hingga 80°C, konsentrasi glukosa meningkat yaitu sebesar 0,86 mg/ml menjadi 2,18 mg/ml. Hal ini disebabkan karena peningkatan suhu berpengaruh dalam mempercepat laju reaksi (Laura, 2012). Menurut Obed, dkk (2012) bahwa semakin tinggi suhu yang digunakan pada saat hidrolisis maka semakin cepat pula reaksi hidrolisis berlangsung. Kenaikan suhu akan meningkatkan energi rata-rata molekul sehingga molekul akan bergerak lebih cepat dan jumlah tumbukan antar molekul mengalami peningkatan, maka reaksi hidrolisis akan semakin cepat dan jumlah gula pereduksi yang dihasilkan akan lebih banyak.

Pada suhu 100°C dan 120°C, konsentrasi glukosa menurun menjadi 1,62 mg/ml dan 1,24 mg/ml. Hal ini disebabkan karena asam sulfat cenderung membentuk senyawa 5-hidroksimetilfurfural. Menurut Larsson (2000), monosakarida pada suhu tinggi akan mudah terdegradasi menjadi senyawa furfural, 5 hidroksimetilfurfural, asam asetat, dan asam formiat yang sekaligus menjadi inhibitor untuk proses hidrolisis lanjutan. Selain itu, menurut Kurnia (2016), apabila suhu terlalu tinggi, maka katalis akan menguap yang mengakibatkan melambatnya reaksi hidrolisis dan akan menurunkan konsentrasi glukosa yang diperoleh.

C. Pengaruh Variasi Waktu Fermentasi Terhadap Perolehan Bioetanol

Bioetanol merupakan produk akhir yang ingin diperoleh pada penelitian ini. Pada penelitian ini dilakukan variasi konsentrasi ragi sebesar 25% terhadap waktu fermentasi selama 3, 5, dan 7 hari. Konsentrasi bioetanol yang diperoleh pada masing-masing variabel penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 5 berikut.



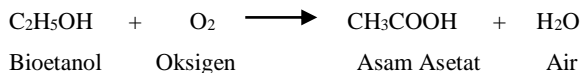
Gambar 5. Pengaruh Waktu Fermentasi Terhadap Perolehan Bioetanol

Pada Gambar 5 dapat dilihat bahwa konsentrasi bioetanol tertinggi diperoleh pada waktu fermentasi selama 3 hari dengan konsentrasi sebesar 0,28%. Hal ini disebabkan karena pada waktu fermentasi 3 hari masih terdapat glukosa

yang dapat menunjang kehidupan mikroorganisme dalam ragi. Pada hari ketiga, kemungkinan *Saccharomyces cerevisiae* berada pada fase pertumbuhan. Menurut Azizah, dkk (2012) pada fase pertumbuhan, *Saccharomyces cerevisiae* mengalami pertumbuhan yang sangat cepat dan pada fase ini terjadi pemecahan gula secara besar-besaran guna memenuhi kebutuhan pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae*. Hasil pemecahan gula oleh *Saccharomyces cerevisiae* dalam keadaan anaerob menghasilkan alkohol, dan pada fase ini dihasilkan alkohol paling tinggi.

Pada waktu fermentasi setelah 3 hari, konsentrasi bioetanol yang dihasilkan semakin menurun. Konsentrasi bioetanol pada waktu fermentasi 5 hari adalah sebesar 0,274% dan pada waktu 7 hari sebesar 0,261%. Penurunan konsentrasi bioetanol disebabkan karena gula yang dikonversi menjadi produk oleh mikroorganisme semakin sedikit dan nutrisi yang dibutuhkan ragi sudah habis (Erlangga dkk, 2015). Selain itu, penurunan konsentrasi bioetanol kemungkinan juga disebabkan oleh adanya sebagian oksigen yang masuk selama pengambilan sampel sehingga membuat proses anaerob yang tidak sempurna dan membuat proses menjadi sedikit aerob sehingga memungkinkan tumbuhnya *Acetobacter acetil* yang dapat mengkonversi alkohol menjadi asam asetat yang ditandai dengan bau masam pada sampel sehingga menurunkan konsentrasi bioetanol yang dihasilkan (Jeckson, 2014).

Berikut reaksi yang terjadi:



Berdasarkan reaksi di atas, terjadi reaksi oksidasi bioetanol menjadi asam asetat apabila etanol telah melewati rentang waktu fermentasinya, maka akan terjadi proses fermentasi lanjutan berupa fermentasi asam asetat dimana mula-mula terjadi pemecahan gula sederhana menjadi etanol, selanjutnya etanol menjadi asam asetat (Gunam, 2011).

Pada waktu fermentasi 7 hari, konsentrasi bioetanol yang diperoleh sama dengan konsentrasi bioetanol pada waktu fermentasi 5 hari, yaitu sebesar 0,236%. Pada penelitian Fauzi, dkk (2012) diperoleh konsentrasi bioetanol yang konstan pada waktu fermentasi 8 hari dan 9 hari yaitu sebesar 2,56%. Konsentrasi bioetanol yang cenderung konstan ini disebabkan karena siklus hidup *Saccharomyces cerevisiae* diperkirakan sudah memasuki fase stasioner, dimana jumlah mikroba yang tumbuh semakin melambat kemudian diikuti dengan fenomena jumlah mikroba yang mati dan hidup hampir sama, sehingga tidak ada penambahan jumlah mikroba yang akan mengubah glukosa menjadi etanol, dan kemudian akan berlanjut menjadi fase kematian (Fauzi dkk, 2012).

4. KESIMPULAN

1. Konsentrasi bioetanol tertinggi yang dihasilkan dari mikroalga yang berasal dari limbah cair kelapa sawit PTPN V Sei Pagar Provinsi Riau adalah sebesar 0,280%.
2. Penambahan rasio massa mikroalga dan volume H_2SO_4 dapat meningkatkan perolehan konsentrasi glukosa. Penambahan rasio massa mikroalga dan volume H_2SO_4 sebesar 1:12 dapat menghasilkan konsentrasi glukosa tertinggi yaitu sebanyak 1,57 mg/ml.
3. Peningkatan suhu dapat meningkatkan perolehan glukosa hingga mencapai kondisi optimumnya. Suhu hidrolisis 80°C menghasilkan glukosa tertinggi yaitu sebanyak 2,18 mg/ml.
4. Semakin lama waktu fermentasi menyebabkan penurunan konsentrasi bioetanol. Waktu fermentasi terbaik untuk menghasilkan bioetanol

dari hasil hidrolisis mikroalga *Chlorella pyrenoidosa* adalah pada hari ke-3 dengan konsentrasi sebesar 0,280%

DAFTAR PUSTAKA

1. Ashriyani, A. (2009). Pembuatan Bioetanol dari Substrat Makroalga Genus *Eucheuma* dan *Glacilaria*. Skripsi. Universitas Indonesia. Depok.
2. Azizah, N., AL-Baari, A.N., dan Mulyani, S. (2012). Pengaruh Lama Fermentasi terhadap Kadar Alkohol, pH, dan Produksi Gas pada Proses Fermentasi dari Whey Bioetanol dengan Substitusi Kulit Nanas. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 1(2), 72-77
3. Erlangga, A.Y., Nugroho, C., dan Miskah, S. (2015). Pembuatan Bioetanol dari Mikroalga dengan Variasi Konsentrasi Asam, Waktu Hidrolisis, dan Fermentasi. *Jurnal Teknik Kimia*. Universitas Sriwijaya.
4. Fauzi R.A., Haryadi, D., dan Priyanto, S. (2012). Pengaruh Waktu Fermentasi Dan Efektivitas Adsorben Dalam Pembuatan Bioetanol Fuel Grade Dari Limbah Pod Kakao (Theobroma Cacao). Universitas Diponegoro. *Semarangof Tropical Forest Science*, 18(2), 137 – 143.
5. Gunam, I.B.W., Buda, K., Guna, I.M.Y.S. (2011). Pengaruh Perlakuan Delignifikasi dengan Larutan NaOH dan Konsentrasi Substrat Jerami Padi Terhadap Produksi Enzim Selulase dari *Aspergillus niger* NRRL A-II, 264. *Jurnal Biologi*, 14 (1), 55-61.
6. Pratiwi, I.Y., dan Sulastri, P.S. (2014). *Refraktometer*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang, Semarang.
7. Putnarubun, C., Suratno, W., Adyaningsih, P., dan Haerudin, H. (2008). Penelitian Pendahuluan Pembuatan Biodiesel dan Bioetanol dari *Chlorella sp* Secara Simultan. *Jurnal Sains MIPA*, Vol. 18, No.1, Hal: 1-6.
8. Soedomo, M. 2001. *Pencemaran Udara*. Bandung : ITB Press.
9. Winarno, J. 2014. Studi Gas Buang Kendaraan Bermesin Bensin Pada Berbagai Merk Kendaraan dan Tahun Pembuatan. *Jurnal Teknik Mesin*, Universitas Janabadra.
10. Widjaja, A. (2009). Lipid Production From Microalgae as a Promising Candidate for Biodiesel Production. *Makara Teknologi*, Vol.13, No.1. Hal 47-51.
11. Hadiyanto. (2013). Valorisasi Mikroalga Untuk Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit dan Sebagai Sumber Energi dan Pangan Alternatif. *Center of Biomass and Renewable Energy*, Universitas Diponegoro. ISSN: 1411-4216.
12. Kurnia, I. 2016. Optimasi Pertumbuhan Dan Hidrolisis Lignoselulosa Dari Mikroalga *Chlorella Vulgaris* Untuk Meningkatkan Kadar Glukosa Sebagai Bahan Baku Bioetanol. Skripsi Sarjana, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas, Padang.
13. Larsson, S. 2000. Ethanol from Lignocellulose-Fermentation Inhibitors, Detoxification and Genetic Engineering of *Saccharomyces cerevisiae* for Enhanced Resistance. Dept. of Applied Microbiology, Lund University of Technology, Lund.



Seminar Nasional Sains dan Teknologi Lingkungan III

[ISSN (Print) 2356-4938 | ISSN (Online) 2541-3880]



Degradasi Lignin Cacahan Tandan Kosong Sawit Menggunakan Jamur *Coprinus comatus* Sebagai Bahan Baku Pembuatan Kompos

Elvi Yenie^a, Syelvia Putri^b, Azzah Fidza^a

^aTeknik Lingkungan Universitas Riau, Kampus Bina Widya KM 12.5, Simpang Baru, Tampan, Pekanbaru, 28293, Indonesia

^bTeknik Kimia Universitas Riau, Kampus Bina Widya KM 12.5, Simpang Baru, Tampan, Pekanbaru, 28293, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

KATA KUNCI

Tandan Kosong Sawit, degradasi, lignin, jamur *C.comatus*, rasio C/N, pengomposan, lumpur anaerob

KORESPONDENSI

Telepon: 08127670454

E-mail: elvিয়েnie@yahoo.co.id

A B S T R A C T

Tumpukan limbah Tandan kosong sawit (TKS) berdampak negatif terhadap lingkungan dikarenakan proses degradasinya membutuhkan waktu yang lama dan jumlahnya besar yaitu 23%/ton Tandan buah segar olahan. *Coprinus comatus* adalah jamur yang tumbuh alami di TKS dan berperan dalam degradasi lignin. Lumpur anaerob sebagai nutrisi tambahan pada proses pengomposan. Tujuan dari penelitian ini yaitu mempelajari pengaruh kondisi lingkungan pertumbuhan jamur *Coprinus comatus* seperti pH, suhu, dan kadar air terhadap degradasi lignin TKS. Selanjutnya pengomposan TKS tanpa ditumbuhi jamur (A0) dan TKS sisa media tumbuh jamur *Coprinus comatus* (A1) dengan variasi penambahan lumpur anaerob yaitu (1:0) (1:1) (1:2) (1:3) (1:4) terhadap rasio C/N kompos. Penelitian ini terdiri atas dua tahapan yaitu: (1) pertumbuhan jamur; (2) Proses pengomposan. Hasil penelitian didapatkan kondisi lingkungan pada pertumbuhan jamur yaitu nilai pH pada rentang (7,1 – 8), suhu pada rentang (25,4 – 38,9) °C, dan kadar air pada rentang (64 – 97)%, artinya tercapai kondisi lingkungan optimum untuk pertumbuhan jamur *Coprinus comatus*, dengan penurunan kadar lignin TKS sebesar 55%. Tercapainya kondisi lingkungan optimum pertumbuhan jamur *Coprinus comatus* seperti pH, suhu, dan kadar air berpengaruh pada degradasi lignin TKS. Variasi terbaik pada pengomposan adalah A1 dengan rasio TKS : lumpur anaerob (1:4) tercapai rasio C/N 16,48 sesuai SNI 19-7030-2004 dan dengan waktu pengomposan selama 7 hari. *Pretreatment* Tandan Kosong Sawit menggunakan jamur *Coprinus comatus* mampu menurunkan kadar lignin dan rasio C/N kompos sesuai SNI 19-7030-2004 serta mempersingkat waktu pengomposan.

1. PENDAHULUAN

Pada tahun 2016 luas area perkebunan kelapa sawit di Indonesia yaitu 11,9 juta Ha dan produksinya mencapai 39,8 juta ton (Direktorat Jendral Perkebunan, 2016). Kelapa sawit (*Elaeis guineensis*, *Jacq*) merupakan salah satu tanaman perkebunan yang mempunyai peran penting bagi subsektor perkebunan dan sangat potensial sebagai salah satu sumber bahan baku dalam pembuatan minyak nabati.

Pengelolaan industri yang berwawasan lingkungan khususnya pabrik kelapa sawit mencakup upaya pengelolaan limbah dengan sasaran menurunkan daya cemar, meningkatkan pemanfaatan dan ekonomi limbah.

Proses pengolahan tandan buah segar (TBS) menjadi *Crude Palm Oil* (CPO) menghasilkan limbah padat dengan persentase

terbesar yaitu tandan kosong sawit (TKS) sebesar 230 kg (23 % per ton) (Lacrosse, 2004 dalam Wibowo, 2015). Pemanfaatan TKS belum optimal sekarang ini, dikarenakan TKS hanya dibuang ke lahan mengakibatkan tumpukan biomassa dalam jumlah yang sangat besar akan terjadi proses dekomposisi secara anaerobik atau proses pembusukan skala besar. Secara global gas-gas yang terproduksi seperti gas CH₄, H₂S, NH₃, dan NO_x mengakibatkan efek rumah kaca, sedangkan secara lokal dapat mengakibatkan bau dan mengganggu kesehatan. Melihat besarnya potensi pencemaran terhadap lingkungan maka limbah TKS harus dikelola dengan teknologi yang tepat dan secara bijaksana.

Struktur TKS kompleks dan didominasi oleh bahan-bahan sulit lapuk seperti hemiselulosa, selulosa, dan lignin (Palamae dkk., 2016) yang mengakibatkan TKS bersifat keras dan sulit didegradasi, atau terurai secara alami yaitu memerlukan waktu ± 6 bulan (Hidayati dkk., 2015), sehingga diperlukan suatu metode

agar kadar lignin pada TKS dapat berkurang. Komposisi serat pada TKS terdiri dari selulosa sekitar 45.95%; hemiselulosa sekitar 16.49% dan lignin sekitar 22.84% (Wardani dan Widiawati, 2014).

Coprinus comatus adalah jamur dengan divisi *basidiomycetes*, yang dapat menghasilkan tiga enzim utama yaitu LiP, MnP, dan laccase, memiliki peran dalam degradasi lignin (Srinivasan dkk., 1995). Jamur ini termasuk dalam kelompok jamur pelapuk putih (*White Root Fungi*) yang merupakan mikroorganisme yang paling efisien dalam mendegradasi lignin. Berdasarkan studi secara mikroskopis, pada degradasi lignin memperlihatkan jamur pelapuk putih mampu menghilangkan polimer di dalam dinding sel dengan kemampuan jamur tersebut dalam memanfaatkan enzim sebagai media untuk menghilangkan lignin (Perez dkk., 2002). Berdasarkan penelitian Zhou dkk. (2015) menyatakan bahwa penurunan kadar lignin bersamaan dengan penurunan rasio C/N.

Faktor lingkungan seperti suhu, kelembaban dan pH sangat berpengaruh dalam pertumbuhan miselium jamur, dan aktivitas jamur serta secara signifikan berdampak pada degradasi lignin (Madadi dan Abbas, 2017).

TKS mengandung berbagai unsur hara makro dan mikro yang sangat penting bagi pertumbuhan tanaman, antara lain: 42,8% C; 2,9% K₂O; 0,8% N; 0,22% P₂O₅; 0,30% MgO, 23 ppm Cu, dan 51 ppm Zn (Singh dkk., 1989). Berdasarkan kandungan nutrisi yang dimiliki, TKS berpotensi untuk dimanfaatkan kembali, yaitu dengan cara pengomposan karena dapat diperoleh dalam jumlah besar dan murah.

Lumpur sawit merupakan larutan buangan yang dihasilkan selama proses pemerasan dan ekstraksi minyak yang berasal dari kolam pengolahan *Palm Oil Mill Effluent* (POME) mengandung sejumlah nutrisi dan dapat digunakan sebagai unsur hara bagi tanaman. Kandungan unsur hara yang berasal dari limbah lumpur kelapa sawit sekitar 0,4 % (N), 0,029-0,05 % (P₂O₅), 0,15-0,2 % K₂O (Astianto, 2012 dalam Yenie dan Syarfi, 2017). Lumpur anaerob akan menjadi sumber nitrogen dan tandan kosong sawit menjadi sumber karbon untuk melengkapi proses pengomposan (Ishak dkk., 2014). Pengomposan adalah proses degradasi limbah organik yang mengalami perubahan bentuk dan stabil oleh aktivitas metabolisme dari berbagai campuran mikroba (Baharuddin dkk, 2009).

Pada penelitian ini bahan baku proses pengomposan menggunakan sisa media tanam jamur *Coprinus comatus* yang telah ditumbuhkan sebelumnya pada media TKS untuk mengurangi kadar lignin dengan memperhatikan pengaruh faktor lingkungan seperti suhu, pH dan kadar air. Selanjutnya dianalisis bagaimana pengaruh penggunaan TKS sisa media tumbuh jamur *Coprinus comatus* pada proses pengomposan terhadap rasio C/N dan waktu pengomposan.

2. METODOLOGI

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Pencegahan Pencemaran Jurusan Teknik Kimia Universitas Riau.

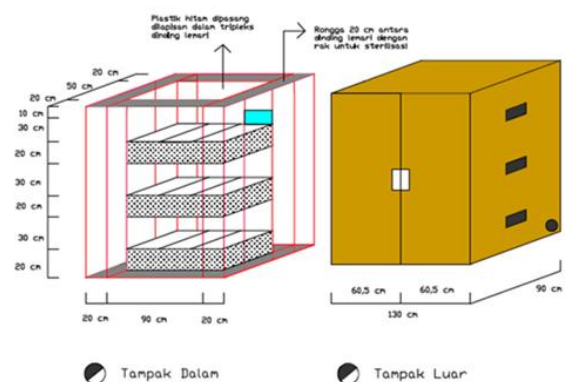
Bahan yang digunakan yaitu cacahan TKS dengan diameter 0,6 – 0,7 mm, dedak padi, pupuk TSP, urea, kapur, air, lumpur anaerob dari kolam pengolahan POME, alkohol 98%, aquades, dan bahan-bahan untuk analisa lignin, dan rasio C/N.

Alat yang akan digunakan pada penelitian ini diantaranya laci untuk pertumbuhan jamur dengan ukuran 60 × 25 × 25 cm, ruang isolasi, autoclave, sekop kecil, pH meter, thermometer, hygrometer, sarung tangan, masker, terpal, komposter, timbangan, ember, sprayer, plastik dan seluruh alat untuk analisa lignin, N, P, K dan rasio C/N.

Penelitian ini terdiri dari 2 tahap percobaan.

Percobaan 1 yaitu tahap pertumbuhan jamur *Coprinus comatus* pada media cacahan tandan kosong sawit. TKS ditambahkan nutrisi sebanyak : TSP (0,125%), urea (0,25%), dedak (5%) dan air, didiamkan selama 2 hari. Selanjutnya sterilisasi menggunakan *autoclave* bersuhu 121°C selama 15 menit (Siddique dkk., 2016), dimasukkan ke dalam lemari jamur (Gambar.1) dengan ketebalan 20 – 25 cm (Riduwan dkk., 2013). Pada penelitian ini ukuran yang dipakai 25 cm. Kondisi media diatur berupa suhu terendah 25°C (Jang dkk., 2009) dan kadar air 70-90 % (Riduwan dkk., 2013). Dilakukan pengujian persentase lignin setiap 5 hari sekali, pengukuran pH, suhu, dan kadar air setiap hari. Penyiraman media 2 kali sehari. Pertumbuhan jamur dimulai dari hari ke-0 hingga hari ke-25.

Percobaan 2 yaitu tahap pengomposan. Digunakan pengomposan sistem *in vessel* dengan komposter (Ishak dkk., 2014) berukuran diameter 27 cm dan tinggi 38 cm dapat dilihat pada Gambar. 2. Penelitian dilakukan 2 kali pengulangan.



Gambar 2.1 Lemari pertumbuhan jamur

Bahan baku berupa cacahan TKS sisa media tumbuh jamur (A1) ditambah lumpur anaerob dengan variasi sebagai berikut :

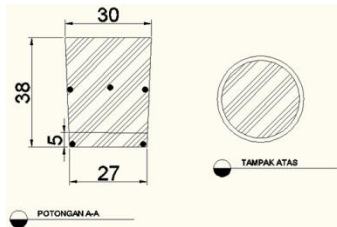
- Komposter 1 = 500 gr bahan baku + 0 kg lumpur (kontrol)
- Komposter 2, 3 = 500 gr bahan baku + 0,5 kg lumpur
- Komposter 4, 5 = 500 gr bahan baku + 1 kg lumpur
- Komposter 6, 7 = 500 gr bahan baku + 1,5 kg lumpur
- Komposter 8, 9 = 500 gr bahan baku + 2 kg lumpur

Bahan baku pengomposan TKS (*raw material*) tanpa ditumbuhkan jamur (A0) ditambahkan lumpur anaerob dengan variasi sebagai berikut :

- Komposter 1 = 500 gr bahan baku + 0 kg lumpur (kontrol)
- Komposter 2, 3 = 500 gr bahan baku + 0,5 kg lumpur
- Komposter 4, 5 = 500 gr bahan baku + 1 kg lumpur

Komposter 6, 7 = 500 gr bahan baku + 1,5 kg lumpur
 Komposter 8, 9 = 500 gr bahan baku + 2 kg lumpur

Pengadukan kompos dilakukan tiap 3 hari sekali (onwosi dkk., 2017) guna sirkulasi udara di dalam komposter dan menciptakan kondisi aerobik selama proses pengomposan. Selain itu dilakukan juga pengukuran pH, suhu dan kadar air setiap hari. Selama pengomposan dilakukan pengukuran rasio C/N setiap 7 hari sekali hingga rasio C/N berkisar 10-20 sesuai dengan SNI kompos 19-7030-2004.



Gambar 2.2 Sketsa komposter (Ishak dkk., 2014)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Karakteristik Awal Tandan Kosong Sawit

Tandan kosong sawit (TKS) yang digunakan sebagai sampel pada penelitian ini dengan hasil uji dapat dilihat pada tabel. 1. Berdasarkan hasil uji karakteristik awal TKS diketahui bahwa kadar lignin masih tinggi yaitu sebesar 33 % dan nilai C/N sebesar 183. Dengan perlakuan metode pertumbuhan jamur *Coprinus comatus* diharapkan kadar lignin dan nilai C/N dapat berkurang secara maksimal, sehingga mempercepat waktu pengomposan.

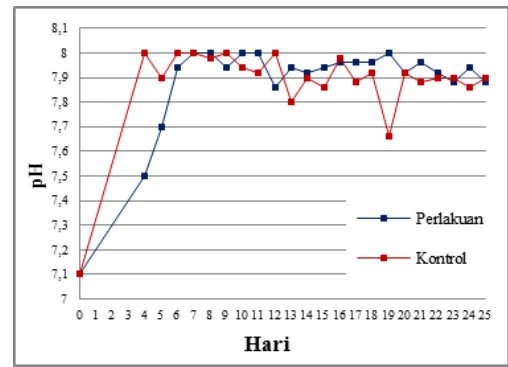
Tabel 1. Karakteristik Awal Tandan Kosong Sawit

Parameter	Nilai
pH	7,1
Suhu	24 °C
Kadar air	20 %
Rasio C/N	183
Lignin	33 %

(Sumber: Data Pengukuran, 2017)

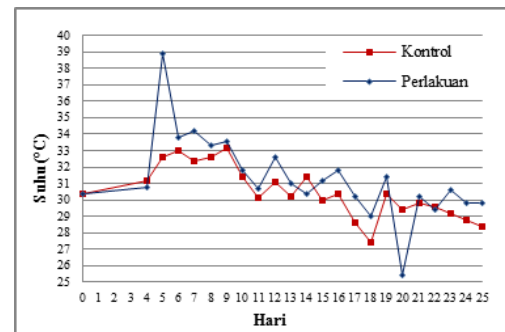
3.2. Faktor Lingkungan Selama Pertumbuhan Jamur *Coprinus comatus*

Kondisi lingkungan seperti pH, suhu, dan kadar air selama tahap pertumbuhan jamur *Coprinus comatus* pada media TKS dapat dilihat pada Gambar 3.1, 3.2, dan 3.3 berikut.



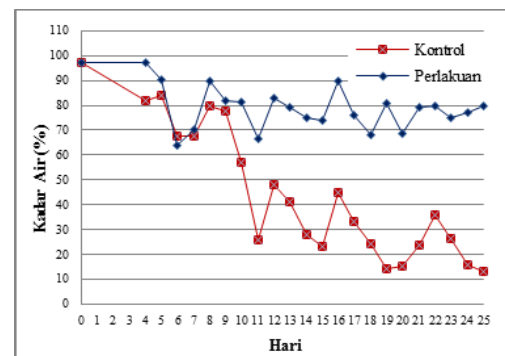
Gambar 3.1 Profil pH media pertumbuhan jamur

pH kondisi kontrol berkisar di 7,1 - 8, dan pH media pada kondisi perlakuan berkisar 7,1 - 8. pH media TKS kondisi kontrol memiliki rentang yang sama dengan pH kondisi perlakuan. Nilai pH pada media TKS ini sesuai dengan pernyataan Zhou dkk., (2015) bahwa pH akan meningkat setelah media ditumbuhi oleh jamur *Coprinus comatus*.



Gambar 3.2 Profil Suhu media pertumbuhan jamur

Suhu media TKS pada kondisi kontrol berkisar 27°C - 33°C. Sedangkan suhu media TKS pada kondisi perlakuan berkisar 25°C - 39°C. Suhu kedua kondisi sudah tergolong kondisi optimum pertumbuhan jamur *Coprinus comatus* yaitu min 26°C (Jang dkk., 2009). Panas yang tinggi dapat menghalangi pertumbuhan jamur, sehingga harus diatur kondisi optimum suhu media direntang 25°C - 30°C untuk *white rot fungi* divisi *basidiomycetes* (Madadi dan Abbas, 2017). Jika suhu terlalu rendah mengakibatkan jamur sedikit tumbuh dan bahkan sulit untuk tumbuh sehingga kinerja jamur *Coprinus comatus* dalam mendegradasi lignin pada TKS tidak optimal.



Gambar 3.3 Profil kadar air media pertumbuhan jamur

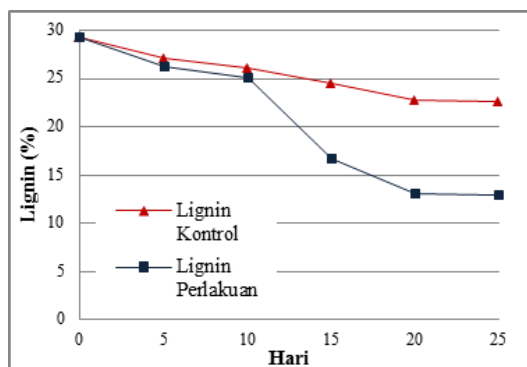
Kadar air media kondisi kontrol berkisar ± 13% – 98%, sedangkan kadar air media kondisi perlakuan berkisar ± 60% – 98%. Kadar air kondisi kontrol tidak optimum untuk

pertumbuhan jamur, namun pada kondisi perlakuan memiliki kadar air yang optimum, dimana kadar air optimum untuk tumbuh jamur *Coprinus comatus* yaitu >65% (Ahlawat dan Tewari, 2007). Kadar air media kondisi perlakuan konstan sebab dilakukannya penyiraman sebanyak 2 kali sehari (Yuliani, 2009), dengan jumlah air yang disiramkan sebanyak 50 ml untuk sekali penyiraman. Berbeda dengan kondisi kontrol yang tidak dilakukan penyiraman sehingga mengakibatkan kadar air semakin menurun. Kadar air berpengaruh terhadap pertumbuhan jamur dan produksi enzim yang secara signifikan berdampak pada degradasi lignin (Madadi dan Abbas, 2017).

Pengaturan kondisi lingkungan yang optimum seperti suhu, pH, dan kadar air berpengaruh terhadap pertumbuhan jamur *Coprinus comatus*. Menurut Saihua dkk.,(2017) menyatakan bahwa ketika kondisi lingkungan optimum tercapai, maka miselium, primordia, dan tubuh buah tumbuh dengan baik sehingga berakibat pada meningkatnya aktivitas enzim LiP dan MnP. Hal ini sangat mendukung untuk memaksimalkan proses degradasi lignin dan begitu pula sebaliknya.

3.2. Pengaruh Pertumbuhan Jamur *Coprinus comatus* Terhadap Kadar Lignin Tandan Kosong Sawit

Pada percobaan ini akan diukur berapa persentase kadar lignin yang mengalami degradasi selama 25 hari pertumbuhan jamur *Coprinus comatus*.



Gambar 3.4 Profil Kadar lignin media pertumbuhan jamur

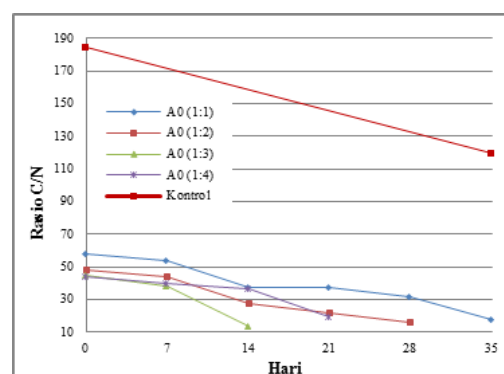
Pada Gambar 3.4 menunjukkan profil kadar lignin yang mengalami penurunan dimulai pada hari ke-0 hingga hari ke-25 pertumbuhan jamur. Pada kondisi kontrol kadar penurunan lignin di 10 hari pertama kecil, hal ini disebabkan pada media TKS ditumbuhi sedikit jamur *Coprinus comatus*. Pada kondisi perlakuan kadar lignin dari hari ke-0 hingga ke-5 turun dikarenakan mulai tumbuh miselium dari jamur *Coprinus comatus* di media TKS. Miselium tumbuh dengan sangat cepat pada 4 hari pertama menyelubungi media dengan sangat rapat dan puncak pertumbuhan miselium adalah hari ke-6. Pertumbuhan miselium memiliki pengaruh sangat penting dalam aktivitas enzim. Aktivitas enzim akan meningkat selaras dengan peningkatan pertumbuhan miselium begitu pula sebaliknya (Saihua dkk., 2017). Setelah itu penurunan kadar lignin berfluktuasi hingga hari ke-25. Berdasarkan perhitungan laju penurunan lignin pada 10 hari pertama, kondisi kontrol dan kondisi perlakuan dibawah 0,5% per hari. Pada hari ke-10 hingga ke-20, laju penurunan lignin kondisi kontrol tetap rendah

yaitu dibawah 0,5%, namun kondisi perlakuan memiliki laju penurunan kadar lignin lebih tinggi yaitu direntang 0,5 - 1% per hari. Dapat disimpulkan bahwa jamur *Coprinus comatus* berhasil menurunkan lignin dari 29,26 % menjadi 13 % pada media TKS.

3.3. Pengaruh Penambahan TKS Sisa Media Tumbuh Jamur *Coprinus comatus* sebagai Bahan Baku Pengomposan dan Lumpur Anaerob terhadap Rasio C/N Kompos

Penambahan TKS sisa media tumbuh jamur *Coprinus comatus* pada percobaan ini dengan variasi bahan baku yaitu cacahan TKS tanpa pertumbuhan jamur (A0) dan cacahan TKS sisa media tumbuh jamur (A1).

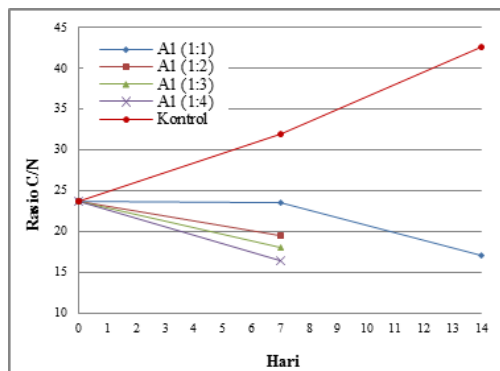
Rasio C/N pada proses pengomposan merupakan indikator kematangan kompos. Penurunan rasio C/N selama tahap pengomposan TKS dilihat pada gambar 3.5 dan 3.6 berikut.



Gambar 3.5 Profil rasio C/N pengomposan variasi A0

Pengomposan pada variasi A0 (1:1) memiliki nilai rasio C/N hari ke-0 yaitu 58, dan mengalami penurunan sampai hari ke-35 yaitu 18. Pengomposan pada variasi A0 (1:2) memiliki nilai rasio C/N hari ke-0 yaitu 48,08, dan mengalami penurunan sampai hari ke-28 yaitu 16,4. Pengomposan pada variasi A0 (1:3) memiliki nilai rasio C/N hari ke-0 yaitu 48,98, dan mengalami penurunan sampai hari ke-14 yaitu 13,42. Pengomposan pada variasi A0 (1:4) memiliki nilai rasio C/N hari ke-0 yaitu 43,71, dan mengalami penurunan sampai hari ke-21 yaitu 14. Pengomposan pada kondisi kontrol memiliki nilai rasio C/N hari ke-0 hingga ke-35 yaitu 185 menjadi 120.

Pengomposan tanpa menambahkan TKS sisa media tumbuh jamur *Coprinus comatus* (variasi A0) didapatkan waktu pengomposan 14 hari untuk A0 (1:3), waktu pengomposan 21 hari untuk A0 (1:4), waktu pengomposan 28 hari untuk A0 (1:2), dan waktu pengomposan 35 hari untuk A0 (1:1), yang mana hasil ini sesuai dengan penelitian Zainudin dkk., (2013) yaitu pengomposan TKS dengan lumpur anaerob dengan perbandingan (1:1) didapat waktu pengomposan 40 hari.



Gambar 3.5 Profil rasio C/N pengomposan variasi A1

Pengomposan pada variasi A1 (1:1) memiliki nilai rasio C/N hari ke-0 yaitu 23,61, dan mengalami penurunan sampai hari ke-14 yaitu 16,98. Pengomposan pada variasi A1 (1:2) memiliki nilai rasio C/N hari ke-0 yaitu 23,61, dan mengalami penurunan sampai hari ke- 7 yaitu 19,5. Pengomposan pada variasi A0 (1:3) memiliki nilai rasio C/N hari ke-0 yaitu 23,61, dan mengalami penurunan sampai hari ke- ke-7 yaitu 18.. Pengomposan pada variasi A0 (1:4) memiliki nilai rasio C/N hari ke-0 yaitu 23,61, dan mengalami penurunan sampai hari ke-ke-7 yaitu 16,48. Pengomposan pada kondisi kontrol memiliki nilai rasio C/N hari ke-0 yaitu 23,61 dan mengalami penurunan sampai hari ke- 7 yaitu 16,48. Meningkat menjadi 42 pada hari ke-14. Peningkatan rasio C/N ini terjadi karena kadar karbon tidak terjadi perubahan sementara kadar nitrogen semakin menurun.

Bahan organik diuraikan mikroba untuk menyediakan energi untuk metabolisme dan nutrisi guna keberlanjutan populasi. Oleh karena itu rasio C/N adalah indikator dari derajat penguraian bahan organik (Onwosi dkk., 2017). Karbon akan menjadi sumber energi bagi mikroorganisme dan nitrogen digunakan untuk sintesis protein. Karbon yang tersedia secara keseluruhan dimanfaatkan dan nitrogen yang berlebih akan hilang dalam bentuk NH₃ (Ishak dkk., 2014).

Berdasarkan hasil variasi (A0), dan (A1), kadar karbon mengalami penurunan dan yang paling signifikan pada (A1) yaitu dengan penambahan TKS sisa media tanam jamur *Coprinus comatus* pada proses pengomposan. Kadar karbon menurun disebabkan oleh fenomena dekomposisi bahan organik sebagai hasil dari aktivitas mikroorganisme pengurai (Wan Razali dkk., 2012).

Pada penelitian ini saat pengomposan kadar N meningkat yang mana sesuai dengan penelitian Baharudin dkk., (2010) yaitu kadar N meningkat dari 0,9% menjadi 2,3% dan Wan Razalii dkk., (2012) 0,6% menjadi 2,8%. Kenaikan N dikarenakan terjadinya proses mineralisasi dan degradasi secara aktif oleh mikroba yang mengakibatkan N lepas ke dalam kompos (Wei dkk., 2016).

Penelitian ini tidak ditetapkan lamanya waktu pengomposan, dengan tujuan untuk mengetahui berapa lama waktu yang diperlukan hingga rasio C/N mencapai rentang 10 – 20 (SNI 19 - 7030 – 2004). Penambahan TKS sisa media tumbuh jamur *Coprinus comatus* pada bahan baku pengomposan memperlihatkan waktu penurunan rasio C/N yang lebih cepat

daripada yang tanpa penambahan sehingga waktu pengomposan menjadi singkat yaitu pada variasi A0 selama 14 hari, dan pada variasi A1 waktu pengomposan selama 7 hari. Hal ini membuktikan bahwa *pretreatment* TKS menggunakan jamur *Coprinus comatus* dan dengan penambahan lumpur anaerob POME dapat menurunkan rasio C/N lebih cepat dan mempersingkat periode pengomposan TKS

4. KESIMPULAN

Kesimpulan pada penelitian ini adalah :

1. Tercapainya kondisi lingkungan optimum pertumbuhan jamur *Coprinus comatus* seperti pH, suhu, dan kadar air serta berpengaruh pada degradasi lignin TKS.
2. Variasi terbaik pada pengomposan adalah A1 dengan rasio TKS : lumpur anaerob (1:4) tercapai rasio C/N 16,48 dengan waktu pengomposan 7 hari. Pengomposan TKS sisa media tanam jamur ditambah dengan lumpur anaerob POME mampu mempercepat waktu pengomposan dan mencapai rasio C/N kompos sesuai SNI 19-7030-2004.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Riau yang membantu dana pada penelitian ini. Adapun sumber dana berasal dari DIPA Universitas Riau Tahun 2018, dengan No. Kontrak :763 /UN/19.5.1.3/PP/2018.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahlawat O. P. dan R. P. Tewari. 2007. Cultivation Technology Of Paddy Straw Mushroom (Volvariella volvace). India
- Badan Standarisasi Nasional. 2001. SNI 19 – 7030 – 2004 mengenai Spesifikasi Kompos dari Sampah Organik Domestik. Bandung.
- Baharuddin, A.S., M. Wakisaka, Y. Shirai, S.Abd-Aziz, N.A.A. Rahman, and M.A. Hassan.2009. Co-Composting of Empty Fruit Bunches and Partially Treated Palm Oil Mill Effluents in Pilot Scale. International Journal of Agricultural Research. 4 (2) : 69 – 78.
- Direktorat Jendral Perkebunan. 2016. Statistik Perkebunan Indonesia Komoditas Kelapa Sawit Indonesia 2014 – 2016. Jakarta.
- Hidayati, M. R. Hidayat, dan Asmawit. 2015. Pemanfaatan Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit Sebagai Media Pertumbuhan Jamur Tiram Putih. Biopropal Industri. 6(2): 73 – 80.

- Ishak, N. F., A. L. Ahmad, dan S. Ismail. 2014. Feasibility of Anaerobic Co-Composting Empty Fruit Bunch with Activated Sludge from Palm Oil Mill Wastes for Soil Conditioning. *Journal of Physical Science*. 25(1): 77 – 92.
- Jang, M. J., Y. H. Lee, J. J. Liu, dan Y. C. Ju. 2009. Optimal Condition for the Mycelial of *Coprinus comatus* Strains. *Mycobiology*. 37(2): 103 – 108.
- Madadi, M dan A. Aqleem. 2017. Lignin Degradation by Fungal Treatment. *Journal of Plant Pathology % Microbiology*. 8(2).
- Onwosi, C. O., V. C. Igbokwe, J. N Odimba, I. E. Eke, M. O. Nwankwoala, I. N. Iroh, and L. I. Ezeogu. 2017. Composting Technology in Waste Water Stabilization : on the Methods, Challenges and Future Prospects. *Journal of Environmental Management*. 190, 140 – 157.
- Palamae, S., P. Dechatiwongse, W. Choorit, Y. Chisti, dan P. Prasertsan. 2016. Cellulose and Hemicellulose Recovery from Oil Palm Empty Fruit Bunch (EFB) Fibers and Production of Sugar from the Fibers. *Carbohydrate Polymers*. 1 – 30.
- Perez J., J. Munoz-Dorado, T. de la Rubia and J. Martinez. 2002. Biodegradation and biological treatments of cellulose, hemicellulose and lignin: an overview. *Int. Microbiol*. 5:53-63.
- Saihua, H., H. Deyin, W. Qitan, H. Meifang, dan T. Xiaoyan, 2017. The Effect of Environmental C/N on the Activities of Lignin Degrading Enzymes Produced by *Phanerochaete chrysosporium*.
- Srinivasan, C., T. M. D'Souza, K. Boominathan, dan C. A. Reddy, 1995. Demonstration of Laccase in the White Rot Basidiomycete *Phanerochaete chrysosporium* BJM-F1767. *Applied and Environmental Microbiology*. 61(12) : 4274 – 4277.
- Sumarsih, Sri. 2010. *Untung Besar Usaha Bibit Jamur Tiram*. Jakarta: Penebar Swadaya
- Wardani A. P., Widiawati D. (2014). Pemanfaatan Tandan Kosong Kelapa Sawit Sebagai Material Tekstil Dengan Pewarna Alam Untuk Produk Kriya. *Jurnal Tingkat Sarjana bidang Senirupa dan Desain*, No. 1, p. 1-10
- Wei, V. S. J., C. H. Bing, A. Saptoroand, and J. Nandong. 2016. Effects of Temperature, Aeration Rate and Reaction Time on Composting of Empty Fruit Bunches of Oil Palm. *Iranica Journal of Energy & Environment*. 7(2): 156 – 162.
- Wibowo, A. 2015. Analisa Potensi Pembangkit Listrik Biogas Berbasis Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit Studi Kasus PKS PT. Intan Sejati Andalan, Riau. *Jurnal Teknik*. 5(2): 125 – 133.
- Yenie, E, Syarfi, D (2017). Pengomposan limbah lumpur dan serat buah kelapa sawit pada kondisi steril dan tidak steril menggunakan Mikroorganisme Lokal (MOL) *Jurnal Teknologi Kimia Unimal* 6:2 73– 83, <http://ojs.unimal.ac.id/index.php/jtk>
- Yuliani, F., 2009. Pertumbuhan dan Produksi Jamur Merang (*Volvariella Volvaceae*) yang Ditanam pada Media Jerami, Blotog, dan Ampas Tebu dengan Berbagai Frekuensi Penyiraman. *Sains and Teknologi*. 2(1). 1 – 15.
- Zhou, C., Z. Liu, Z. L. Huang, M. Dong, X. L. Yu, dan P. Ning, 2015. A New Strategy for Co-Composting Dairy Manure With Rice Straw : Addition of Different Inocula at Three Stages of Composting. *Waste Management* 40. 38 – 43.



Seminar Nasional Sains dan Teknologi Lingkungan III

| ISSN (Print) 2356-4938 | ISSN (Online) 2541-3880 |



ANALISIS KECUKUPAN RUANG TERBUKA HIJAU PUBLIK UNTUK MENANGKAP EMISI KARBONDIOKSIDA DARI SEKTOR TRANSPORTASI DI KOTA TALUK KUANTAN

Ivnaini Andesgur^a, Aryo Sasmita^a, Muhammad Reza^a

^aUniversitas Riau, Kampus Binawidya KM 12.5 Panam, Pekanbaru, 28293, Indonesia

KATA KUNCI

Green Open Space, CO₂ Transport Emissions, Taluk Kuantan City

KORESPONDENSI

E-mail: ivnainiandesgur@gmail.com

A B S T R A C T

One of the sectors that contribute greenhouse gas emissions in Taluk Kuantan City is urban transportation activity. Greenhouse Gases (GHG) emitted into the atmosphere continue to rise. So there is a change in the composition of GHG in the atmosphere that can cause climate change and global warming. The methodology is to analyze the adequacy of public green space by comparing the absorption of CO₂ by trees with the value of CO₂ emissions resulting from transportation activities. From the research results obtained value of CO₂ emissions from transportation in Taluk Kuantan City that is 51.212.465 tons CO₂ / year. The capability of CO₂ absorption by public RTH in Taluk Kuantan City is only 6.456,68 tons CO₂ / year. Therefore, the amount of public green space in Taluk Kuantan City in terms of absorption of CO₂ emissions from transportation is still not enough with a percentage of only 0.126%

1. PENDAHULUAN

Dengan peningkatan jumlah kendaraan di Kota Taluk Kuantan akan mempengaruhi besarnya emisi yang dihasilkan dari kendaraan. Selain itu karakteristik perangkat mesin, sistem pembakaran dan jenis bahan bakar juga menjadi faktor yang akan menentukan tingkat emisi pencemaran dari setiap jenis kendaraan (Soedomo, 2001). Sektor transportasi memiliki ketergantungan yang tinggi terhadap sumber energi. Hampir sebagian besar produk kendaraan bermotor yang digunakan dalam sektor transportasi menggunakan Bahan Bakar Minyak (BBM) sebagai sumber energi. Penggunaan BBM sebagai sumber energi tidak akan terlepas dari senyawa seperti karbondioksida (Eldewisa dkk, 2008).

Karbondioksida (CO₂) merupakan gas rumah kaca yang mempunyai kontribusi paling besar terhadap pemanasan global dan perubahan iklim. CO₂ merupakan sejenis senyawa kimia yang terdiri dari dua atom oksigen yang terikat secara kovalen dengan sebuah atom karbon. CO₂ ini berbentuk gas pada keadaan temperatur dan tekanan standar dan berada di atmosfer bumi. CO₂ adalah hasil dari pembakaran senyawa organik jika cukup jumlah oksigen yang ada. CO₂ juga dihasilkan oleh berbagai mikroorganisme dalam fermentasi dan dihembuskan oleh hewan. Rata-rata konsentrasi CO₂ di atmosfer bumi kira-kira 387 ppm,

jumlah ini bisa bervariasi tergantung pada lokasi dan waktu. Emisi CO₂ tersebut merupakan komponen utama Gas Rumah Kaca (GRK) yang dapat memperbesar Efek Rumah Kaca (ERK) (Sasmita, 2015). Dengan meningkatnya konsentrasi CO₂ di atmosfer, maka akan menyebabkan semakin banyaknya gelombang panas yang dipantulkan dari permukaan bumi diserap oleh atmosfer. Hal ini akan mengakibatkan meningkatnya suhu rata-rata permukaan bumi yang biasa dikenal dengan istilah *global warming*.

Emisi CO₂ yang dihasilkan dari kegiatan transportasi harus ditanggulangi karena menyebabkan dampak buruk bagi lingkungan dan makhluk hidup. Emisi CO₂ dapat ditanggulangi dengan berbagai upaya diantaranya teknologi *Carbon Dioxide Capture and Storage* (CCS) yaitu teknologi yang berupaya untuk menangkap CO₂ dan menyimpannya pada cekungan dalam dibawah permukaan bumi sebagai sarana langsung untuk mengurangi emisi. Negara-negara maju telah menerapkan teknologi ini namun teknologi ini tergolong mahal. Upaya pengurangan emisi CO₂ juga dapat dilakukan dengan penghematan energi, penggantian bahan bakar dengan jenis energi lain serta pemanfaatan teknologi kendaraan *hybrid* (Boedoyo, 2008). Selain itu upaya yang dapat dilakukan yaitu dengan menyediakan Ruang Terbuka Hijau (RTH), gerakan penghijauan juga bisa menjadi solusi efektif untuk mengendalikan emisi CO₂.

Ruang Terbuka Hijau merupakan bagian dari mitigasi pemanasan global sehingga dipandang sebagai salah satu upaya penanganan terhadap meningkatnya emisi gas rumah kaca yang paling implementatif dibandingkan cara lainnya (Rawung, 2015). Tanaman sebagai komponen utama pengisi RTH memiliki kemampuan dalam menyerap emisi CO₂ sehingga mampu mengurangi konsentrasi emisi CO₂ di alam. Selain itu, tanaman pada RTH juga mampu menghasilkan gas oksigen (O₂) yang sangatlah penting untuk mendukung proses metabolisme makhluk hidup (Setiawan dan Hermana, 2013). Selain sebagai penyerap CO₂, RTH juga bermanfaat untuk membentuk keindahan dan kenyamanan, pembersih udara yang sangat efektif, pemeliharaan akan kelangsungan persediaan air tanah, pelestarian fungsi lingkungan beserta segala isi flora dan fauna yang ada (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 5 Tahun 2008). Dengan dasar pertimbangan itulah RTH dianggap sebagai cara tepat dalam upaya mereduksi emisi CO₂ yang merupakan emisi terbesar dalam Gas Rumah Kaca (GRK).

2. METODOLOGI

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Kota Taluk Kuantan Kabupaten Kuantan Singingi. Kota Taluk Kuantan merupakan wilayah Kecamatan Kuantan Tengah. Kecamatan Kuantan Tengah adalah salah satu wilayah kecamatan di Kabupaten Kuantan Singingi. Kecamatan Kuantan Tengah yang luas wilayahnya lebih kurang 291,74 Km² ini mempunyai jumlah penduduk 47.874 jiwa yang berasal dari 23 desa yang ada di Kecamatan Kuantan Tengah (BPS Kabupaten Kuantan Singingi, 2017).

Pelaksanaan Sampling Traffic counting

Sampling traffic counting ini dilakukan selama 2 (dua) hari yaitu hari senin mewakili hari efektif dan hari minggu mewakili hari non efektif disetiap lokasi penelitian. Penelitian dilakukan pada waktu jam puncak (*peak hour*) yaitu pukul 17.00 – 19.00.

Pengumpulan Data

Adapun tahap pengumpulan data dalam penelitian ini adalah:

Pengumpulan Data Primer

Pengumpulan data primer dilakukan dengan *survey* lapangan untuk menghitung jumlah sesuai jenis kendaraan bermotor yang melalui jalanan yang menjadi objek penelitian dengan menggunakan *traffic counting*. Data komponen tanaman pengisi RTH eksisting, yang dimana perhitungannya berdasarkan pada jenis dan jumlah pohon pelindung yang ada di RTH Kecamatan Kuantan Tengah. Pengumpulan data komponen tanaman pengisi RTH dilakukan di seluruh RTH publik yang terdapat di Kecamatan Kuantan Tengah, meliputi RTH pada jalur hijau jalan, universitas, sekolah, rumah sakit dan kantor dinas milik pemerintah.

Pengumpulan Data Sekunder

Pengumpulan data sekunder seperti peta wilayah studi dan data pendukung lainnya seperti data faktor konversi jenis kendaraan ke satuan mobil penumpang. Data sekunder didapatkan dari beberapa instansi dan penelitian sebelumnya. Peta ruas jalan Kecamatan Kuantan Tengah diperoleh dari data Kecamatan Kuantan Tengah 2017, Badan Pusat Statistik Kabupaten Kuantan Singingi. Lokasi data RTH eksisting di Kecamatan Kuantan

Tengah. Sedangkan untuk data pendukung lainnya didapat dari studi literatur.

Teknik Pengumpulan Data

Pengambilan data berupa jumlah kendaraan sesuai jenis yang melintas di ruas jalan yang menjadi target. Penelitian dilaksanakan secara langsung di lapangan dengan menempatkan peneliti dan alat perekam visual (*video camera*) di lokasi yang saling berlawanan. Perhitungan dilakukan dengan melihat hasil rekaman setelah dilakukannya pengukuran. Hal ini dilakukan agar meminimalkan kesalahan jika dilakukan perhitungan langsung di lokasi. Pemilihan titik lokasi pemantauan pada ruas jalan yang menjadi target kajian adalah merupakan suatu titik pada ruas jalan dengan kondisi bagus dan lurus yang tidak ada belokan serta tidak ada persimpangan.

Data jumlah dan jenis kendaraan yang melalui ruas jalan di lokasi yang menjadi objek penelitian dilakukan secara langsung selama 2 (dua) hari setiap lokasinya, yaitu hari senin mewakili hari efektif dan hari minggu mewakili hari non efektif.

Pengolahan Data

Dari hasil pengukuran data primer dan didukung data sekunder yang diperoleh, maka selanjutnya akan di olah guna mendapatkan konsentrasi CO₂.

1. Penentuan Sampel

Dalam menentukan jumlah jalan untuk dijadikan lokasi penelitian dengan perhitungan statistik sebagai berikut :

$$n = N / (1 + Ne^2) \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan :

- n = Besar Sample
- N = Besar Populasi
- e² = Tingkat Kepercayaan

Dengan rumus tersebut dapat dihitung jumlah jalan yang dijadikan lokasi penelitian dengan tingkat kepercayaan e² = 95%,

2. Perhitungan Jumlah Kendaraan

Perhitungan jumlah kendaraan dilakukan pada hari Senin dan Minggu di jalan arteri, kolektor, dan lokal. Perhitungan dilakukan pada saat jam puncak yaitu pukul 17.00 – 19.00.

3. Konversi Jumlah Kendaraan saat sampling menjadi jumlah kendaraan perhari

Perhitungan dilakukan dengan cara:

$$n = m \times k \dots\dots\dots(2)$$

Dimana,

- n = jumlah kendaraan 1 hari
- m = Jumlah kendaraan saat sampling
- k = Faktor Konversi berdasarkan mkji (1997)

4. Perhitungan Emisi CO₂

Dari hasil pengukuran data primer dan didukung data sekunder yang diperoleh, maka selanjutnya akan diolah guna mendapatkan konsentrasi CO₂.

$$Q = n \times FE \times K \dots\dots\dots(3)$$

Dimana :

- Q = jumlah emisi (Kg CO₂)
- = jumlah kendaraan (SMP)
- FE = faktor emisi (Kg CO₂/liter)
- K = konsumsi bahan bakar (Liter/100km)

5. Pengolahan Data RTH Eksisting

Pengolahan data RTH eksisting yaitu berdasarkan pada jumlah dan jenis pohon pelindung pada RTH eksisting yang mampu menyerap karbon dioksida (CO₂) (Setiawan & Hermana, 2013)

6. Perhitungan Daya Serap RTH Eksisting

Perhitungan daya serap RTH eksisting yaitu berdasarkan pada jumlah serapan seluruh pohon pelindung yang dapat menyerap CO₂

7. Analisa Tingkat Kecukupan RTH

Tingkat kecukupan RTH dianalisa dengan membandingkan antara jumlah emisi karbon dioksida (CO₂) yang dihasilkan oleh kegiatan transportasi di Kota Taluk Kuantan dengan daya serap RTH eksisting.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemilihan jumlah dan lokasi pengambilan data traffic counting

Untuk menentukan jumlah jalan yang dijadikan lokasi traffic counting dengan menggunakan perhitungan statistik persamaan (1). Sehingga didapatkan hasil perhitungan berikut.

1. Jalan Arteri

Jalan arteri yang ada di Kota Taluk Kuantan = 3 jalan arteri

Tingkat kepercayaan yang digunakan = 95% = 0,95

maka :

$$n = N / (1 + N * e)$$

$$= 3 / (1 + 3 * 0,95)$$

$$= 0,8 \approx 1 \text{ jalan}$$

2. Jalan Kolektor

Jalan kolektor yang ada di Kota Taluk Kuantan = 9 jalan kolektor

Tingkat kepercayaan yang digunakan = 95% = 0,95

maka :

$$n = N / (1 + N * e)$$

$$= 9 / (1 + 9 * 0,95)$$

$$= 0,9 \approx 1 \text{ jalan}$$

3. Jalan Lokal

Jalan lokal yang ada di Kota Taluk Kuantan = 13 jalan lokal

tingkat kepercayaan yang digunakan = 95% = 0,95

maka :

$$n = N / (1 + N * e)$$

$$= 13 / (1 + 13 * 0,95)$$

$$= 13 / (1 + 13 * 0,95)$$

$$= 0,97 \approx 1 \text{ jalan}$$

Dilihat dari perhitungan tersebut untuk mewakili jalan yang ada di Kota Taluk Kuantan dalam penelitian ini dilakukan hanya satu jalan setiap jenis-jenis jalan. Tepatnya ruas Jalan Proklamasi yang mewakili jalan arteri, Jalan Ahmad Yani yang mewakili jalan kolektor dan Jalan Bangau yang mewakili jalan lokal Kota Taluk Kuantan.

Jumlah Kendaraan Bermotor

Hasil dari pengamatan dapat dilihat jumlah kendaraan yang paling banyak terdapat di jalan arteri yaitu Jalan Proklamasi.

Perekaman aktivitas lalu lintas diruas jalan yang menjadi lokasi penelitian ini dilakukan pada jam puncak lalu lintas. Setelah dilakukan pencatatan menggunakan manual counter berdasarkan hasil rekaman tersebut, didapatkan data jumlah kendaraan yang diambil dari jam 06.00 – 09.00 melewati masing masing lokasi penelitian yang dapat mewakili selama 24 jam.

Tabel 1 Jumlah Kendaraan Saat Pengambilan data

Jenis Kendaraan dan Bahan Bakar	Jalan Proklamasi (unit)	Jalan Ahmad Yani (unit)	Jalan Bangau (unit)
---------------------------------	-------------------------	-------------------------	---------------------

	Sedan Bensin	180	112	75
	Pick Up Solar	320	125	70
Kend. Ringan	Pick Up Bensin	225	100	52
	Mini Bis Solar	280	115	18
	Mini Bis Bensin	2515	1245	352
	Angkot Bensin	232	225	0
Kend. Berat	Bis Solar	153	5	3
	Truk Solar	295	39	5
	Sepeda Motor	1251	678	665

Dari Tabel 1 Menunjukkan bahwa sepeda motor memiliki jumlah kendaraan terbesar di setiap ruas jalan lokasi penelitian. Hal ini dikarenakan sepeda motor saat ini dijadikan sarana utama transportasi dengan harga yang terjangkau dan sistem pembelian kendaraan yang mudah.

Bila melihat jumlah kendaraan yang melintas di lokasi pengamatan tersebut, sangat perlu dilakukan pembatasan jumlah kendaraan roda 2. Hal ini dikarenakan perbedaan jumlah kendaraan roda dua atau sepeda motor dibandingkan dengan jenis kendaraan lainnya cukup signifikan.

Dari Tabel 1 dapat dilihat jumlah kendaraan yang melewati lokasi penelitian pada saat jam puncak. Jumlah kendaraan pada jam puncak dapat mewakili jumlah kendaraan selama 24 jam karena kendaraan yang melewati lokasi penelitian pada saat jam puncak merupakan kondisi terpadat. Untuk menghitung volume lalu lintas harian selama 24 jam dapat menggunakan persamaan 2.1 , hasil tersebut untuk lebih jelas dapat dilihat pada lampiran c.

Contoh perhitungan :

Diketahui :

Jumlah Kendaraan Jalan Proklamasi pada sedan = 1.954 unit

k = 0,06 berdasarkan MKJI 1997 untuk jalan dalam kota

Perhitungan dengan menggunakan persamaan 2.1

LHR = arus jam puncak ÷ k

= 180 unit ÷ 0,06

= 3000 unit

Tabel 2 Jumlah Kendaraan Total Harian

	Jenis Kendaraan dan Bahan Bakar	Jalan Proklamasi (unit)	Jalan Ahmad Yani (unit)	Jalan Bangau (unit)
	Sedan Bensin	3000	1867	1250
	Pick Up Solar	5333	2083	1167
Kend. Ringan	Pick Up Bensin	3750	1667	867
	Mini Bis Solar	4667	1917	300
	Mini Bis Bensin	4183	2067	583
	Angkot Bensin	3867	3750	0
Kend. Berat	Bis Solar	2550	83	50
	Truk Solar	4917	650	83
	Sepeda Motor	20850	11300	11083

Jumlah emisi CO2

Dari hasil perhitungan jumlah kendaraan, dapat diperoleh jumlah emisi CO₂ yang dihasilkan dengan menghitung konsumsi energi spesifik dari tiap jenis kendaraan itu. Jumlah emisi CO₂ terbesar yaitu di Jalan Proklamasi. Hal ini dikarenakan, jumlah kendaraan

di Jalan Proklamasi merupakan jumlah kendaraan terbesar sehingga emisi yang dihasilkan menjadi besar.

Hasil perhitungan jumlah kendaraan yang didapat di Jalan Proklamasi pada mobil sedan 3000 unit . Menggunakan persamaan (3). Berikut adalah contoh perhitungan di Jalan Proklamasi

Diketahui :

$$\begin{aligned} n &= 3000 \text{ unit} \\ K &= 11,79 \text{ liter } () = 0,31833 \text{ liter} \\ Q &= n \times K \times F \\ &= 3000 \text{ unit} \times 0,31833 \text{ liter} \times 2597,86 \text{ gram/liter} \\ &= 2.476.020 \text{ kg/CO}_2 = 2.476,02 \text{ ton/CO}_2 \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama dilakukan perhitungan pada seluruh jalan yang menjadi lokasi penelitian, dan pada setiap unit kendaraan bermotor. Dari hasil perhitungan jumlah emisi CO₂, dapat diperoleh total emisi CO₂ yang dihasilkan di Kota Taluk Kuantan dilihat pada tabel 3

Tabel 3 Jumlah Emisi CO₂ Total

Bahan Bakar	Total jumlah emisi CO ₂ (ton CO ₂)
Bensin (119.005,103
Solar	21.303,021
Total Jumlah Emisi CO ₂ perhari	140.308,124

Data total emisi CO₂ dari kendaraan yang didapatkan dari kendaraan berbahan bakar bensin sebesar **119.005,103** ton/CO₂ sedangkan kendaraan dari bahan bakar solar sebesar **21.303,021** ton/CO₂. Maka hasil total jumlah emisi yang di dapat perhari nya **140.308,124** ton/CO₂ dan total jumlah emisi pertahunnya didapatkan sebesar **51.212.465** ton/CO₂ Kusuma dkk (2010) , melakukan penelitian yang sama tentang emisi CO₂ dari kegiatan transportasi di Surabaya bagian barat di peroleh hasil 5.761.868,88 kg CO₂. Hal ini sesuai dengan jumlah kendaraan bermotor di Kota Surabaya sendiri lebih tinggi dari kota Taluk Kuantan.

Kondisi Ruang Terbuka Hijau (RTH) Publik di Kota Taluk Kuantan

Kondisi RTH di lokasi penelitian tersebut masih minim, belum banyak ditemukan Ruang Terbuka Hijau publik disepanjang lokasi penelitian.

Pada penelitian ini daya serap CO₂ yang dihitung yaitu daya serap pohon pelindung saja karena pohon pelindung memiliki kemampuan menyerap CO₂ paling besar dibandingkan dengan tanaman perdu dan semak. Menurut Badan Standarisasi Nasional (2011) vegetasi tanaman berkayu yang dapat dikategorikan sebagai pohon yaitu dengan diameter diatas 20 cm.

Berdasarkan data yang didapat dari survey lapangan jumlah dan jenis pohon pelindung pada RTH Eksisting di lokasi penelitian yang mampu menyerap emisi CO₂ dari kegiatan transportasi adalah :

Berkut adalah tabel jumlah pohon pelindung yang telah dihitung dari hasil survey berdasarkan jenis pohonnya.

Tabel 4. Total Pohon Pelindung di Kota Taluk Kuantan

No	Nama Lokal	Jumlah Pohon (batang)
1	Trembesi	150
2	Cassia	250
3	Kenanga	689
4	Beringin	60
5	Mahoni	923
6	Akasia	712
7	Nangka	224
Total		3008

Data yang didapat dari survei lapangan di Kota Taluk Kuantan pohon yang paling banyak di wilayah tersebut adalah Pohon Mahoni dengan jumlah pohon sebanyak 923. Sedangkan pohon yang paling sedikit adalah pohon beringin terdapat 60 pohon.

Pengolahan Data Ruang Terbuka Hijau (RTH) Eksisting

Berdasarkan data jumlah dan jenis pohon pelindung pada RTH eksisting yang mampu menyerap karbondioksida (CO₂) yang didapat dari survey lapangan di lokasi penelitian dengan melakukan perhitungan menggunakan rumus sebagai berikut :

Jumlah serapan = Daya Serap CO₂ x Jumlah Pohon

Contoh Perhitungan :

Daya serap CO₂ pada pohon trembesi 28.448,39 kg/pohon/tahun, jumlah pohon trembesi di Kota Taluk Kuantan sebanyak 150 pohon. Jadi jumlah serapan CO₂ yang didapat :

Jumlah serapan CO₂= Daya Serap CO₂ Pohon Trembesi x Jumlah Pohon Trembesi

$$= 28.448,39 \text{ kg/pohon/tahun} \times 150 \text{ pohon}$$

$$= 4.267.258,50 \text{ kg/pohon/tahun}$$

Tabel 5. Total Jumlah Serapan dari Tiap Tiap Pohon

No	Nama Lokal	Jumlah Pohon	Jumlah Serapan CO ₂
1	Trembesi	150	4.267.258,50
2	Cassia	250	1.323.867,50
3	Kenanga	689	521.290,51
4	Beringin	60	32.154
5	Mahoni	923	272.958,79
6	Akasia	712	10.815,28
7	Nangka	224	28.338,24
TOTAL		3008	6.456,68

Dari data tersebut jumlah serapan CO₂ paling banyak terdapat pada pohon Trembesi sebesar 4.267.258,50 kg/ tahun, walau pun jumlah pohon yang ada tidak banyak namun daya serap pohon Trembesi paling besar yaitu 28.488,39 kg/pohon/tahun, sedangkan pohon yang paling sedikit dalam kemampuan menyerap karbondioksida adalah pohon akasia dengan jumlah serapan yang didapat sebesar 10.815,28 kg/tahun.

Berdasarkan pada jumlah serapan seluruh pohon pelindung yang dapat menyerap emisi Karbondioksida (CO₂) dengan melakukan perhitungan sebagai berikut :

Total jumlah serapan CO₂ oleh seluruh pohon

= jumlah serapan CO₂ oleh Pohon Trembesi + jumlah serapan oleh Pohon Cassia + jumlah serapan oleh Pohon Kenanga + jumlah serapan oleh Pohon Beringin + jumlah serapan oleh Pohon Mahoni + jumlah serapan oleh Pohon Nangka

Contoh Perhitungan :

Hasil perhitungan daya serap CO₂ dari tiap tiap pohon yang ada di Kota Taluk Kuantan yang dijumlahkan untuk mendapatkan total jumlah serapan CO₂ dari seluruh pohon, jumlah serapan CO₂ pohon trembesi sebesar 4.267.258,50, jumlah serapan CO₂ pohon cassia sebesar 1.323.867,50, jumlah serapan CO₂ pohon kenanga sebesar 521.290,51, jumlah serapan CO₂ pohon beringin sebesar 32.154, jumlah serapan CO₂ pohon mahoni sebesar 272.958,79, jumlah serapan CO₂ pohon akasia sebesar 10.815,28. Jumlah serapan CO₂ pohon nangka sebesar 28.338,24. Maka di dapat total jumlah serapan CO₂ sebagai berikut :

$$D = C1+C2+C3+C4+C5+C6$$

$$D = 4.267.258,50 + 1.323.867,50 + 521.290,51 + 32.154 + 272.958,79 + 10.815,28 + 28.338,24$$

$$D = 6.456.682,82 \text{ kg/ tahun}$$

$$D = 6.456,68 \text{ ton/tahun}$$

Dari hasil perhitungan tersebut didapat total jumlah serapan CO₂ di Kota Taluk Kuantan berdasarkan taman/jalur hijau adalah sebesar **6.456,68 ton/tahun**.

Sisa Emisi Karbondioksida (CO₂) di Kota Taluk Kuantan

Taman/jalur hijau yang terdapat di Kota Taluk Kuantan dapat mempengaruhi nilai gas buang emisi Karbondioksida dari kegiatan transportasi yang terdapat di wilayah tersebut. Jumlah emisi Karbondioksida CO₂ total untuk satuan kendaraan di Kota Taluk Kuantan, yaitu **51.212.465 ton/CO₂**. Total daya serap taman/jalur hijau di Kota Taluk Kuantan adalah sebesar **6.456,68 ton/tahun**. Maka didapatkan sisa emisi di Kota Taluk Kuantan adalah :

$$\begin{aligned} \text{Sisa Emisi} &= \text{Jumlah Emisi Karbondioksida Transportasi} \\ &- \text{Daya Serap RTH} \\ &= 51.212.465 \text{ ton//tahun} - 6.456,68282 \\ &\text{ton/tahun} \\ &= 51.206.008 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

Persentasi Kecukupan Ruang Terbuka Hijau

Dengan membandingkan antara jumlah emisi karbondioksida CO₂ yang dihasilkan oleh kegiatan transportasi di Kota Taluk Kuantan. Hasil perhitungan yang didapat jumlah emisi CO₂ di Kota Taluk Kuantan sebesar 51.212.465 ton/tahun. Total daya serap taman/jalur hijau Kota Taluk Kuantan adalah sebesar 6.456,68 ton/tahun. Sedangkan sisa emisi karbondioksida yang didapat sebesar 51.206.008 ton/tahun. Jadi presentasi RTH di Kota Taluk Kuantan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Presentasi RTH} &= (\text{Total Daya Serap Ruang Terbuka Hijau} \div \\ &\text{Emisi Karbondioksida}) \times 100 \% \\ &= (6.456,68 \div 51.212.465) \times 100\% \\ &= 0,0126 \% \end{aligned}$$

Dari perhitungan tersebut diketahui bahwa RTH berupa pohon di Kota Taluk Kuantan masih kurang dalam menyerap beban emisi

CO₂. Perlu dilakukan pengayaan vegetasi yang lebih serta memanfaatkan lahan yang kosong.

Analisis Kecukupan Daya Serap CO₂ oleh Pohon Terhadap Besaran Emisi CO₂

Jumlah emisi CO₂ yang dihasilkan dari kegiatan transportasi di Kota Taluk Kuantan yaitu sebesar 51.212.465 ton CO₂/tahun, sedangkan daya serap RTH publik hanya sebesar 6.456,68 ton CO₂/tahun. Sehingga masih terdapat sisa emisi CO₂ yang belum terserap yaitu sebesar 51.206.008 ton CO₂/tahun. Persentasi penyerapan emisi CO₂ oleh RTH publik di Kota Taluk Kuantan hanya sebesar 0,0126%.

Dari hasil perhitungan dapat dilihat bahwa RTH publik yang ada di Kota Taluk Kuantan tidak mampu menyerap banyaknya emisi CO₂ yang dihasilkan dari sektor transportasi. Setelah dilakukan survei terhadap lokasi penelitian, umumnya ruas jalan yang berada di Kota Taluk Kuantan dilewati oleh transportasi yang banyak setiap harinya namun masih terdapat beberapa ruas jalan yang tidak memiliki RTH publik ataupun jumlah RTH publik yang sangat sedikit dimana RTH publik tersebut. Sebagai contoh, Jalan Proklamasi yang merupakan jalan arteri terbesar di Kota Taluk Kuantan memiliki RTH publik yang sedikit dimana RTH publik tersebut tidak mampu menyerap banyaknya emisi CO₂ yang dihasilkan oleh Transportasi yang melewati Jalan Proklamasi.

Rekomendasi Peningkatan Daya Serap CO₂ oleh Ruang Terbuka Hijau Kota Taluk Kuantan

Untuk menambah kemampuan daya serap CO₂ oleh RTH publik dibutuhkan adanya upaya peningkatan RTH tersebut dimana RTH tidak hanya memiliki manfaat sebagai penyerap emisi CO₂, tapi juga memiliki banyak manfaat bagi manusia dan lingkungan. Menurut Pradiptyas (2011), upaya yang dapat dilakukan yaitu dengan merekomendasi RTH publik yang belum dikelola oleh Dinas Kebersihan dan Pertamanan, sedangkan menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.5 Tahun 2008 peran serta masyarakat juga dibutuhkan dalam pembangunan Ruang Terbuka Hijau, selain itu menambah vegetasi tanaman berkayu pada jalur hijau jalan juga dapat menjadi upaya dalam meningkatkan kemampuan daya serap CO₂ oleh pohon RTH publik.

1. Menambah Vegetasi tanaman berkayu pada jalur hijau jalan Pohon memiliki kemampuan penyerapan emisi CO₂ paling tinggi dibandingkan tanaman lainnya. Beberapa ruas jalan yang ada di Kota Taluk Kuantan memiliki RTH yang sangat sedikit baik pohon maupun vegetasi lainnya. Penambahan pohon sebagai RTH publik di ruas jalan yang ada di Kota Taluk Kuantan sebagai penyerap emisi CO₂. Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.5 tahun 2008 tentang Pedoman Penyediaan dan Pemanfaatan RTH di Kawasan Perkotaan, Jenis pohon yang baik ditanam pada RTH Kota Taluk Kuantan yaitu pohon Trembesi dan Casia yang dimana tanaman ini memiliki daya serap yang tinggi dan baik. Agar mencukupi penyerapan CO₂ oleh pohon di Kota Taluk Kuantan dibutuhkan pohon sebanyak 1.025.698 pohon Trembesi dan 2.859.654 pohon Casia agar dapat menyerap CO₂ yang dihasilkan di Kota Taluk Kuantan dari Transportasi.
2. Dibutuhkan peran serta masyarakat dalam pembangunan RTH

Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.5 tahun 2008, menempatkan masyarakat dalam penyediaan dan pemanfaatan RTH sangat menentukan dalam proses pembangunan RTH dapat mengetahui manfaat dari RTH dan ikut serta membantu merawat RTH tersebut. Selain itu, diberikan pula penyuluhan untuk menanam pohon maupun vegetasi lainnya di rumah masyarakat sebagai RTH privat dimana RTH privat juga menyumbang 10% dari kebutuhan luas RTH kota (UU No. 26 tahun 2007).

3. Penerapan Sistem Transportasi Masal

Saat ini di Kota Taluk Kuantan hanya memiliki satu (1) mode transportasi masal yang dapat digunakan masyarakat secara luas yaitu angkot. Secara umum tingginya jumlah emisi CO₂ di Kota Taluk Kuantan ini dipengaruhi oleh banyaknya jumlah kendaraan pribadi yang digunakan seperti mobil dan sepeda motor. Dengan menggunakan transportasi umum ini dapat mengurangi penggunaan kendaraan pribadi yang akhirnya dapat mengurangi emisi CO₂ yang dihasilkan. Oleh karena itu Kota Taluk Kuantan perlu memiliki moda transportasi massal seperti bus kota. Sebagai contoh, sebuah bus Trans Metro Pekanbaru memiliki kapasitas 33 penumpang duduk dan 32 penumpang berdiri. Artinya 1 unit Trans Metro Pekanbaru dapat mengurangi pengguna sepeda motor sekitar 33 unit dan 8 unit mobil pribadi

4. KESIMPULAN

1. Berdasarkan perhitungan emisi CO₂ dari kegiatan transportasi di Kota Taluk Kuantan didapat jumlah emisi CO₂ total pertahun yaitu 51.212.465 ton CO₂/tahun.
2. Pola RTH di Kota Taluk Kuantan berbentuk taman/jalur hijau jalan dengan memiliki jumlah 3008 pohon. Potensi daya serap CO₂ oleh ruang terbuka hijau dari seluruh vegetasi pohon yang ada di Kota Taluk Kuantan yaitu 6.456,68 ton CO₂/tahun lebih rendah dari beban emisi CO₂ yang dihasilkan dari kendaraan.
3. Persentase penyerapan emisi CO₂ oleh RTH di Kota Taluk Kuantan hanya sebesar 0,0126% belum mencukupi dalam penyerapan beban emisi yang dihasilkan di Kota Taluk Kuantan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada LPPM Universitas Riau atas bantuan dana yang diberikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik Kabupaten Kuantan Singingi. 2017. *Kota Taluk Kuantan dalam Angka 2017*
- Badan Standarisasi Nasional. 2011. *Pengukuran dan Perhitungan Cadangan Karbon – Pengukuran Lapangan Untuk Penaksiran Cadangan Karbon Hutan (Ground Based Forest Carbon Accounting)*. SNI 7724:2011.
- Boedoyo, M.S. 2008. Penerapan Teknologi untuk Mengurangi Emisi Gas Rumah Kaca. *Jurnal Teknik Lingkungan* Vol. 9 No.1.
- Direktorat Jenderal Bina Marga, (1997), *MKJI (Manual Kapasitas Jalan Indonesia)*, Departemen Pekerjaan Umum
- Eldewisa Z. dan Driejana, (2008), *Perbandingan Estimasi Beban Emisi CO Dan CO₂ Dengan Pendekatan Konsumsi Bahan Bakar Dan Kecepatan Kendaraan (Studi Kasus : Bunderan Cibiru-Lembang)*, Tugas Akhir. Institut Teknologi Bandung: Bandung
- Kusuma, Wima Perdana, R. Boedisantoso, S. A. Wilujeng, (2010), *Studi Kontribusi Kegiatan Transportasi Terhadap Emisi Karbon di Surabaya Bagian Barat*, Tugas Akhir. Teknik Lingkungan ITS: Surabaya
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 05/PRT/M/2008 Tentang Pedoman Penyediaan dan Pemanfaatan RTH di Kawasan Perkotaan. Departemen PU, Ditjen Penataan Ruang
- Pradiptyas, D. 2011. *Analisis Kecukupan Ruang Terbuka Hijau Sebagai Penyerap Emisi CO₂ Di Perkotaan Menggunakan Program Stella (Studi Kasus: Surabaya Utara Dan Timur)*. Tugas Akhir. Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya
- Sasmita, Aryo., 2015. *Pengaruh Kegiatan Car Free Day (CFD) di Kota Pekanbaru untuk Pengurangan Emisi Karbon dari Kegiatan Transportasi*. Seminar Nasional Teknologi Lingkungan XII – ITS. 2015. ISBN No. 978-979-18985-1-5.
- Setiawan, Agus dan Hermana, Joni. 2013. *Analisa Kecukupan Ruang Terbuka Hijau Berdasarkan Penyerapan Emisi CO₂ dan Pemenuhan Kebutuhan Oksigen di Kota Probolinggo*. *Jurnal Teknik POMITS Vol. 2, No. 1*, (2013) ISSN: 2337-3539 (2301-9271 Print). Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya
- Soedomo, M., (2001). *Kumpulan Karya Ilmiah Pencemaran Udara*, Institut Teknologi Bandung: Bandung
- Undang-undang No. 26 Tahun 2007 tentang penataan ruang