



KEMENTERIAN PENDIDIKAN NASIONAL  
UNIVERSITAS RIAU  
FAKULTAS TEKNIK

Mengucapkan Terima Kasih Kepada:

**Adrianti, MT**

Sebagai

**Pemakalah**

SEMINAR NASIONAL FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS RIAU 2010 & MUSYAWARAH NASIONAL  
ASOSIASI BIOENERGI INDONESIA

**“Pengembangan dan Keberlanjutan Energi di Indonesia”**

Hotel Pangeran Pekanbaru

29-30 Juni 2010



Ketua Panitia

Padil, ST., MT

NIP. 19730616 199903 1 002



Dekan FT UR

Dr. Syariful Bahri, M.Si  
NIP. 19600103 198603 1 003





DAFTAR ISI

**Kumpulan Abstrak dan Jadwal Acara**  
**SEMINAR NASIONAL FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS RIAU**

Tema :  
**"PENGEMBANGAN**  
**DAN KEBERLANJUTAN ENERGI**  
**DI INDONESIA"**  
29-30 JUNI 2010

**UNIVERSITAS RIAU**  
**FAKULTAS TEKNIK**



**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS RIAU**

ISBN 978-602-96729-0-9





## DAFTAR ISI

	Halaman
Kata Pengantar	i
Daftar Isi	ii
Laporan Ketua Panitia Pelaksanaan Seminar Nasional FT-UR 2010	vi
Kata Pengantar Dekan FT-UR	ix
Susunan Panitia	x
Susunan Acara	xi
Jadwal Pemakalah	xiii
<i>Makalah Keynote Speaker</i>	
Keynote Speaker I : Kebijakan di Bidang Energi Baru dan Terbarukan	xxiv
Keynote Speaker II : Strategi Pengembangan Bioenergi di Indonesia	xxxii
<i>ABSTRAK</i>	
1A01 Pengaruh Fenomena Transfer Massa Terhadap Model Kinetika Berbasis Mekanisme Ping-Pong Bi Bi Untuk Interesterifikasi Trigliserida menjadi Biodiesel	1
1A02 Pengaruh Ekstraksi Solven pada Kualitas Briket Dari Limbah Batang Daun Tembakau	2
1A03 Unit Dehidrasi Bioethanol Berbasis Membran Pervaporasi	3
1A04 Pengolahan Minyak Biji Kapok Menjadi Biodiesel	4
1A05 Sintesis dan Karakterisasi Katalis Bimetal Ni-Mo Zeolit untuk Proses Pencairan langsung Biomasa menjadi Biooil	5
1A06 Bioetanol dari Lignoselulosa: Potensi Pemanfaatan Limbah Padat dari Industri Minyak Kelapa Sawit	6
1A07 Optimasi Produksi Biodiesel dari Minyak Biji Karet dengan <i>Response Surface Method</i>	7
1A08 Pengukuran Kinerja Beberapa Jenis Biobriket Limbah Padat Kelapa Sawit	8
1A09 Aplikasi Bioteknologi Untuk Isi Rumen Sapi, Kerbau Dan Kambing Sebagai Sumber Energi Untuk Biogas Yang Ramah Lingkungan	9
1A10 Sakarifikasi Dan Fermentasi Serentak Reject Pulp Untuk Produksi Bioethanol Menggunakan Enzim Sellulase, Xylanase Dan Selubiase Serta <i>Sacharomyces cerevisiae</i>	10
1B01 Potensi Biomassa dari Limbah Kelapa Sawit sebagai Bahan Baku Bioenergi	11
1B02 Campuran DME-LPG sebagai Bahan bakar Gas Komplementer	12
1B03 Transesterifikasi secara kontinyu untuk sintesis methyl oleate menggunakan mikroreaktor membran	13
1B04 Perombakan Anaerobik Substrat Multi Karbon Campuran Limbah Cair Industri Menggunakan 2 Reaktor (UASB) Untuk Menghasilkan Gas Metan	14
1B05 Pengaruh Penambahan Katalis ZSM-5 pada Pirolisis Tandan Kosong Sawit Menjadi Bio-Oil Dalam Reaktor Slurry.	15
1B06 Konstanta Kesetimbangan ion $Na^+$ didalam sistem FAME-Gliserol dan FAME - Air	16
1B07 Menentukan Laju Alir Bahan Bakar Gas, Udara dan Feed water yang Optimal pada Steam Generator	17
1B08 Pembuatan Arang Aktif dari Arang Sisa Pembuatan Asap Cair Cangkang Kelapa Sawit dengan Metode Aktivasi Kimia-Fisika	18
1B09 Pembuatan Biodiesel dari CPO Parit dengan Reaktor Membran	19
1B10 Sintesis Selulosa Asetat Dari Pulp Bagas <i>Ethanosolv</i> Sebagai Bahan Baku Membran	20





	pada PT. Semen Padang	
1E05	Prakiraan Kebutuhan Energi Listrik PT. PLN (Persero) Sub Sistem Distribusi Riau	51
1E06	Teknologi Pembangkit Listrik Tenaga Air Dengan Tinggi Tekan Kecil Di Saluran Irigasi	52
1E07	Kebijakan Energy Mix dan Potensi Enegeri Terbarukan di Indonesia	53
1E08	Multi-Criteria Evaluation Framework Of Electricity From Renewable Energy Sources Review Of Riau Energy Systems Planning	54
1E09	Analisis Operasi Motor Induksi Tiga Fasa Tegangan Masuk ke Stater Tidak Seimbang dengan Simulasi Monte Carlo	55
2E01	Peramalan Beban Listrik Jangka Pendek Dengan Menggunakan Metode <i>Weighted Moving Average</i> (WMA)	56
2E02	Analisis Desain Sistem Proteksi Petir Pada Pembangkit Listrik Tenaga Angin	57
2E03	Pengurangan Resiko Trip pada Motor Induksi Tiga Fasa sebagai Penggerak Blower	58
2E04	Perancangan Monitoring Kincir Angin Berbasis Kamera Visual pada System Pembangkit Listrik Tenaga Angin	59
2E05	Pengukur Kecepatan Gerak Benda Menggunakan Sensor Phototransistor Berbasis Mikrokontroler Atmega 8535	60
2E06	Analisis pengaruh perubahan kecepatan, kapasitansi dan beban pada generator induksi fasa dengan model rangkaian ekivalen Tipe T	61
2E07	Model Fisik Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro (PLTD)	62
1C01	Effect Of Circumferential Groove Waviness On The Load Carrying Capacity Of Journal Bearing With Bio-Based Lubricant	63
1C02	Peningkatan Efektifitas Peralatan Secara Keseluruhan Dengan Menentukan Interval Kerusakan	64
1C03	Pengaruh penjaralan droplet yang menumbuk permukaan panas di atas kondisi wetting limit temperature dan bilangan Weber menengah	65
1C04	Diagnosis Kerusakan Bantalan Gelinding Jenis Self Aligning Ball Bearing Menggunakan Sinyal Suara	66
1C05	Perancangan, Pembuatan dan Pengujian Mesin Pengayak Pasir dengan Metode Eksitasi Massa Tidak Seimbang	67
1D01	Respon Limbah Industri Abu Terbang Sisa Pembakaran Kulit Kayu Pada Campuran Beton	68
1D02	Efektifitas sumur resapan dalam mempercepat proses laju infiltrasi Pengaruh Kuat Tekan Beton Dengan Penambahan Sikament Nn	69
1D03	Karakteristik Pertumbuhan dan Produksi Jagung di Lahan Gambut	70
1D04	Aplikasi Mikoriza Dan Fosfat Alam Pada Medium Gambut Untuk Meningkatkan Pertumbuhan Bibit Tanaman JarakPagar ( <i>Jatropha Curcas L</i> )	71
1D05	Identifikasi Penyakit Tanaman yang Menyerang Tanaman Kelapa Sawit pada Tanaman yang telah Menghasilkan di Desa Pantai Cermin Km. 25 Pekanbaru	72
1D06	Kajian Teknis Optimalisasi Pemanfaatan Limbah Batang Sawit Untuk Bahan Bangunan Dan Mebel	73
1D07	Pengaruh Penambahan Dregs Terhadap Kualitas Mortar	74
1D08	Model persamaan matematis alokasi kendaraan angkutan sampah berdasarkan metode penggabungan berurut	75
1D09	Pengaruh Kuat Tekan Beton Dengan Penambahan Sikament Nn	76
1D10	PEMETAAN TINGKAT KERAWAN LERENG (Studi Kasus : Ruas Jalan Lintas Tengah Sumatera, 830 Km)	77
2D01	Pengujian Pasir Kwarsa Sebagai Campuran Mortar	78





1C06	Pembuatan Bioetanol dari Sari Buah Nenas ( <i>Annanas Comosus l merr</i> ) secara Fermentasi	21
1C07	Efektivitas Katalis Abu Tandan Sawit Pada Transesterifikasi Minyak Jarak Pagar	22
2A01	Proses Pencairan Biomassa dari Sabut Kelapa Sawit Menjadi Bio-Oil dengan Menggunakan <i>Thermo-Oil</i>	23
2A02	Optimasi Kondisi Proses Konversi Biodiesel Dari Palm Fatty Acid Distillate Menggunakan Katalis H-Zeolit	24
2A03	Proses Pembuatan Nitrosellulosa Berbahan Baku Biomassa Sawit	25
2A04	Kinetika Reaksi Abu Sawit Dengan NaOH	26
2A05	Kesetimbangan Adsorpsi Senyawa Fenol dengan Tanah Gambut	27
2A06	Penjerapan Ion Timbal ( $Pb^{+2}$ ) Oleh Tanah Gambut Secara Dinamis	28
2A07	Penentuan Temperatur Terhadap Kemurnian Selulosa - $\alpha$ Batang Sawit Menggunakan Ekstrak Abu TKS	29
2A08	Degumming CPO ( <i>crude palm oil</i> ) Menggunakan Membran Ultrafiltrasi	30
2B01	Termodinamika Kecampuran Polipropilen - Karet Alam	31
2B02	Sintesis ZSM-5 dari Fly Ash Sawit Sebagai Sumber Silika	32
2B03	Pengaruh pH dan Waktu Aging terhadap Proses Presipitasi Silika dari Fly Ash Sawit Menggunakan $CO_2$	33
2B04	Uji Kinerja Bioreaktor Hibrid Anaerob Bermedia Tandan Kosong dan Pelepah Sawit Skala Pabrik dalam Menyingkahkan Kandungan Padatan Limbah Cair	34
2B05	Penyisihan Phosfolipid Dan Ffa CPO Parit Dengan Membran Ultrafiltrasi Sistem Aliran Cross-Flow Dan Pencucian Kimia Membran	35
2B06	Proses Bleaching CPO dengan Bentonit Diaktivasi secara Fisika dan Kimia	36
2B07	Optimasi Kondisi Proses Aktivasi Bentonit Lokal Menggunakan $H_2SO_4$ Sebagai Adsorben Pada Proses Dehidrasi Etanol Dengan Respon Surface Methode	37
2B08	Kesetimbangan Adsorpsi Kadmium (Cd) dengan Adsorben Abu Sekam Padi	38
2C01	Penggunaan Bioaktivator UH-1 Untuk Penanggulangan Pencemaran Minyak Bumi di Lingkungan Sungai	39
2C02	Pengaruh Substrat Dan Temperatur Secara Kinetika Pada Produksi B-Siklodekstrin Oleh Enzim Siklodekstrin Glikosiltransferase	40
2C03	Penentuan Waktu Tinggal Hidrolik (WTH) terhadap Penyisihan COD Limbah Cair Pabrik Minyak Sawit Menggunakan Bioreaktor Hibrid Anaerob Bermedia Batu Skala <i>Pilot Plant</i>	41
2C04	Pengaruh Laju Alir Umpan Terhadap Penyisihan Kandungan Padatan Limbah Cair Industri Minyak Sawit Dengan Bioreaktor Hibrid Bermedia Batu Skala <i>Pilot Plant</i>	42
2C05	Kinetika Adsorpsi Logam Cu(ii) Pada Proses <i>Continue</i> dengan Adsorbent Serbuk Gergaji Teraktivasi	43
2C06	Penentuan Kondisi Optimum Penyerapan Perlit Teraktivasi terhadap Logam Berat Pb dan Cu	44
2C07	Pengaruh Putaran Membran Terhadap Unjuk Kerja <i>RDMM</i> pada Pemurnian Sodium Lignosulfonat Berbasis Serbuk Gergaji	45
2C08	Pembuatan Kompos Dari Limbah Padat (Sludge) Pabrik Pulp Dan Paper	46
1E01	Perhitungan kinerja sistem pembangkit geotermal Kapasitas 57,5 mw	47
1E02	Desain IGC pada Sistem PLTMH Berbasis Mikrokontroler pic16f877	48
1E03	Optimasi Penyaluran Daya PLTM Salido ke Jaringan Distribusi PLN	49
1E04	Metode Penghematan Energi Listrik dengan Pola Pengaturan Pembebanan	50





**SUSUNAN PANITIA SEMINAR NASIONAL  
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS RIAU 2010  
“PENGEMBANGAN DAN KEBERLANJUTAN ENERGI DI INDONESIA”**

Pelindung : Prof. Dr. Ashaludin Jalil, MS. Rektor Universitas Riau

Penanggung Jawab : Dr. Syaiful Bahri, MSc Dekan FT UR

Steering Committee : Prof. Dr. Adrianto Ahmad, MT Teknik Kimia UR

Dr. Ir. Refdinal Nazir, MSc Teknik Elektro UNAND

Dr. Adhy Prayitno, MSc Teknik Mesin UR

Dr. Ari Sandyavitri, MSc Teknik Sipil UR

1. Ketua : Padil, ST, MT

2. Sekretaris : 1. Panca Setia Utama, ST, MT  
2. Nurhalim, ST, MT

3. Bendahara : Mudjiatko, ST, MT

4. Seksi Humas dan Promosi : Dra. Silvia Reni Yenti, Msi

5. Seksi Acara : 1. Dra. Yusnimar, M.Si., M.Phil.  
2. Ir. Ermiyati, MT  
3. Nazarudin, ST.,MT  
4. Romi, ST, MT  
5. Azriyenni, ST.,M.Eng  
6. Deviona, SP.,MP

6. Seksi Dokumentasi : 1. Amir Hamzah, ST, MT  
2. Iwan Kurniawan, ST, MT

7. Sekretariat dan Prosiding : 1. M. Iwan Fermi, ST, MT  
2. Febrizal, ST, MT  
3. Herma Tri Hardiati  
4. Safrudin  
5. Israyandi

8. Transportasi dan Perlengkapan : Bambang Sudjatmoko, ST.,MT

9. Konsumsi : 1. Dra. Khairat, MSi  
2. Dra. Drastinawati, MSi





## OPTIMASI PENYALURAN DAYA PLTM SALIDO KE JARINGAN DISTRIBUSI PLN

Adrianti<sup>1)</sup>

Refdinal Nazir<sup>1)</sup>

Fajri Hakim<sup>2)</sup>

- 1) Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Andalas Padang  
email: adrianti@ft.unand.ac.id,
- 2) Alumni Jurusan Teknik Elektro Unand, email: fajri.hakim@yahoo.co.id

### Abstrak

*Pengintegrasian pembangkit tersebar ke jaringan PLN di ujung saluran yang panjang sering menghadapi kendala jatuh tegangan. Tegangan yang jauh dibawah level nominal menyebabkan pembangkit tidak dapat menyalurkan daya ke system. Daya yang dihasilkan dari generator dibatasi oleh batasan arus stator akibat turunnya tegangan generator. Tulisan ini menganalisis metoda yang dapat dilakukan terhadap PLTM Salido, untuk mengatasi permasalahan tegangan terminal generator yang sangat rendah, terutama saat beban puncak, yang menyebabkan pembangkit ini terpaksa dilepas dari sistem. Analisa aliran daya menggunakan software ETAP Power Station digunakan sebagai tool untuk simulasi pencarian skema operasi yang dapat memperbaiki keadaan tersebut. Hasil analisis menunjukkan dengan injeksi daya reaktif dari generator ke jaringan PLN dan optimasi seting governor, PLTM dapat tetap menyuplai daya ke jaringan walaupun saat kondisi beban puncak. Sehingga diperoleh energi yang dapat disuplai PLTM Salido ke jaringan PLN menjadi meningkat.*

*Kata kunci: daya aktif, daya reaktif; jatuh tegangan, pembangkit tersebar, PLTM*

## 1. Pendahuluan

### 1.1 Latar Belakang

Pembangkit listrik skala kecil tersebar (*Distributed Generation/DG*) dari sumber energi terbarukan, diharapkan menjadi salah satu solusi krisis energi listrik yang terjadi di Indonesia. Potensi pembangkit skala kecil tersebar dari sumber daya air cukup besar di Sumatera Barat, sekitar 461,1 MW belum dimanfaatkan, baru sekitar 44,3 MW yang sudah dioperasikan [1].

Pembangkit Listrik Tenaga Minihydro (PLTM) Salido adalah salah satu DG yang berada di daerah Pesisir Selatan, Sumatera Barat. PLTM ini memiliki 2 unit generator, masing-masing 400 kVA yang telah beroperasi dan juga telah terhubung ke sistem kelistrikan PLN pada jaringan distribusi saluran 20 KV. PLTM Salido diharapkan dapat membantu



pasokan listrik di daerah Pesisir Selatan yang memang kekurangan suplai daya karena lokasinya yang jauh dari pembangkit-pembangkit besar PLN.

## 1.2 Permasalahan

PLTM Salido menyuplai daya ke jaringan distribusi 20 KV PLN, dimana jaringan distribusi di daerah ini sudah lama memiliki masalah rendahnya tegangan akibat besarnya *voltage drop* yang terjadi di sepanjang saluran distribusi dan juga kurangnya pasokan daya reaktif yang cukup dekat dengan beban.

Saat sistem distribusi dalam kondisi berbeban ringan, PLTM Salido dapat menyuplai daya listrik ke jaringan PLN. Namun saat kondisi beban berat (biasanya antara jam 17.00 sampai 22.00), tegangan di jaringan distribusi menjadi sangat rendah, sehingga tegangan yang dirasakan oleh terminal generator PLTM Salido juga rendah. Nilai tegangan yang sangat rendah ini berada dibawah nilai tegangan minimal yang dapat ditahan oleh generator. Akibatnya pembangkit dilepaskan dari sistem untuk menjaga keamanan pembangkit. Generator sinkron PLTM Salido mempunyai batas minimal tegangan terminal yaitu 80 % dari tegangan nominal 400 V, atau sebesar 320 V. Sedangkan batasan arus stator maksimal adalah 577 A.

Tidak optimalnya penyaluran daya pada PLTM Salido karena rendahnya tegangan yang membatasi daya output generator tentu sangat merugikan. Terutama pada saat beban puncak, dimana kebutuhan daya listrik sedang tinggi, PLTM justru tidak dapat mengirimkan daya ke jaringan. Sementara PLTM Salido memiliki potensi sumber daya air 3 x 330 kW.<sup>[3]</sup>

## 2. Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian untuk mengatasi permasalahan PLTM Salido dan usulan optimasi adalah dengan melakukan injeksi daya aktif dan reaktif yang divariasikan pada generator menggunakan simulasi aliran daya software ETAP Power Station. Berdasarkan simulasi untuk berbagai kondisi sistem dan daya keluaran PLTM, diharapkan dapat diperoleh kondisi operasi terbaik bagi skema pembangkitan PLTM.

Dari kondisi rendahnya tegangan, serta jauhnya jaringan ini dari pembangkit besar, diperkirakan terjadi kekurangan daya reaktif pada jaringan distribusi tersebut. Kekurangan daya reaktif ini semakin signifikan saat beban berat, karena dengan bertambahnya beban maka



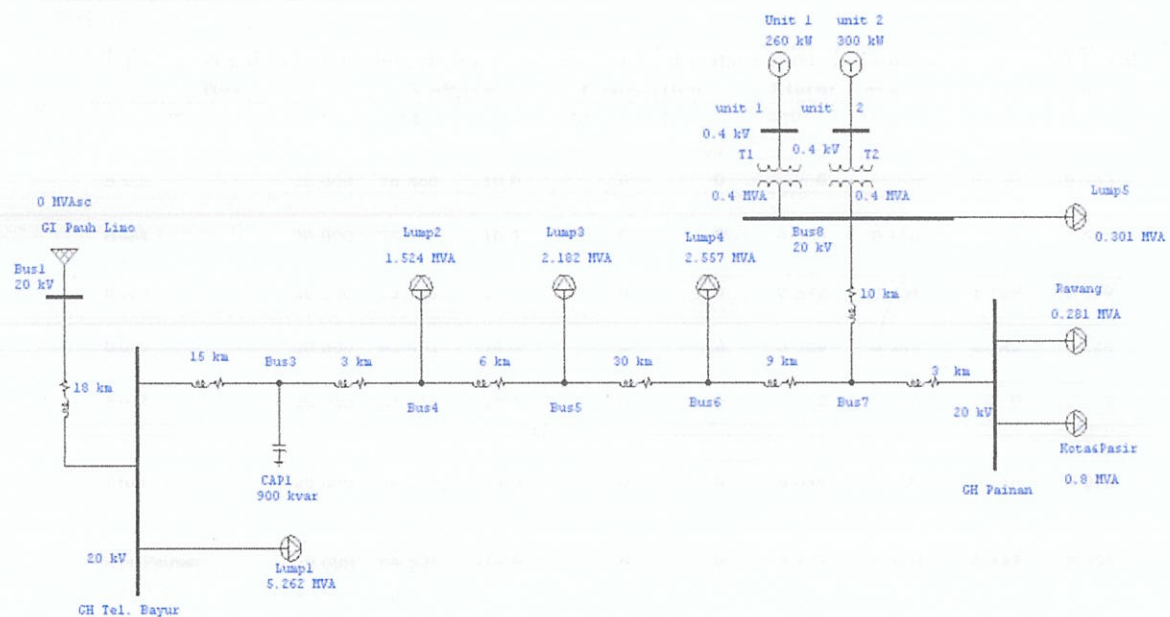
kebutuhan daya reaktif juga akan semakin meningkat. Akibatnya tegangan semakin turun. Saat pengambilan data di PLTM Salido, diketahui bahwa PLTM Salido hanya menyuplai daya aktif ke jaringan PLN, dan tidak menyuplai daya reaktif.

Berdasarkan data kondisi PLTM Salido tersebut, dibangun hipotesa, jika PLTM Salido menyuplai daya reaktif ke jaringan PLN, diharapkan akan memperbaiki tegangan di jaringan PLN dan tentunya juga tegangan di terminal generator PLTM. Berdasarkan hipotesa ini dilakukan serangkaian simulasi skema pembangkitan daya aktif dan daya reaktif yang disuplai PLTM Salido ke jaringan, disamping itu juga pemanfaatan total potensi air yang ada dengan menambah satu unit pembangkit lagi disamping dua unit yang telah ada.

### 3. Hasil dan pembahasan

#### 3.1 Penyaluran Daya PLTM Salido Kondisi Eksisting

Saat ini terdapat 2 buah generator PLTM Salido yang beroperasi dan terhubung ke saluran 20 kV feeder Bungus. Single line diagram PLTM Salido terhubung ke jaringan PLN seperti ditunjukkan gambar 1.



Sumber: PLN Cab. Padang

Gbr.1 Diagram Satu Garis PLTM Salido Terhubung ke Jaringan PLN





Data kondisi eksisting ini diperlihatkan dari hasil perhitungan aliran daya pada tabel 1 dan tabel 2.

Tabel-1. Hasil Perhitungan Aliran Daya Sistem Distribusi Pesisir Selatan Waktu Beban Ringan

Bus ID	Voltage		Generation		Motor Load		Static Load		Load Flow				XFMR		
	kV	%Mag	Ang	MW	Mvar	MW	Mvar	MW	Mvar	ID	MW	Mvar	Amp	% PF	% Tap
*Bus1	20.000	102.000	0.0	8.227	6.465	0	0	0	0	GH Tel. Bayur	8.227	6.465	296	78.63	
Bus3	20.000	82.651	-7.5	0	0	0	0	0.000	-0.615	Bus4	3.798	2.979	168	78.69	
										GH Tel. Bayur	-3.798	-2.364	156	84.90	
Bus4	20.000	81.337	-8.1	0	0	0.194	0.120	0.728	0.451	Bus3	-3.764	-2.898	168	79.24	
										Bus5	2.841	2.326	130	77.38	
Bus5	20.000	79.286	-8.8	0	0	0.278	0.172	0.991	0.614	Bus4	-2.800	-2.229	130	78.23	
										Bus6	1.531	1.443	76	72.77	
Bus6	20.000	73.081	-11.0	0	0	0.326	0.202	0.987	0.611	Bus7	0.147	0.463	19	30.29	
										Bus5	-1.460	-1.276	76	75.29	
Bus7	20.000	72.570	-10.9	0	0	0	0	0	0	GH Painan	0.548	0.341	25	84.90	
										Bus6	-0.146	-0.459	19	30.22	
										Bus8	-0.402	0.119	16	-95.92	
Bus8	20.000	72.629	-10.6	0	0	0.038	0.024	0.115	0.071	Bus7	0.403	-0.116	16	-96.11	
										unit 1	-0.258	0.000	10	-99.94	-15.000
										unit 2	-0.298	0.012	11	-99.92	-15.000
GH Painan	20.000	72.383	-11.0	0	0	0.138	0.085	0.409	0.254	Bus7	-0.547	-0.339	25	85.00	
GH Tel. Bayur	20.000	88.444	-4.9	0	0	0.671	0.416	2.974	1.843	Bus3	3.046	2.711	156	82.42	
										Bus1	-7.591	-4.970	296	83.66	
unit 1	0.400	85.909	-8.6	0.260	0.000	0	0	0	0	Bus8	0.260	0.000	436	100.00	
unit 2	0.400	85.971	-8.2	0.300	0.000	0	0	0	0	Bus8	0.300	0.000	503	100.00	

\* Indicates a voltage regulated bus (voltage controlled or swing type machine connected to it)  
# Indicates a bus with a load mismatch of more than 0.1 MVA

Tabel-2. Hasil Perhitungan Aliran Daya Sistem Distribusi Pesisir Selatan Waktu Beban Berat

Bus ID	Voltage		Generation		Motor Load		Static Load		
	kV	%Mag	Ang	MW	Mvar	MW	Mvar	MW	Mvar
*Bus1	20.000	104.000	0.0	11.269	9.794	0	0	0	0
Bus3	20.000	76.860	-10.0	0	0	0	0	0.000	-0.532
Bus4	20.000	75.178	-10.7	0	0	0.300	0.186	0.962	0.596
Bus5	20.000	72.671	-11.7	0	0	0.377	0.234	1.129	0.699
Bus6	20.000	65.401	-14.5	0	0	0.389	0.241	0.942	0.584
Bus7	20.000	64.756	-14.5	0	0	0	0	0	0
Bus8	20.000	64.779	-14.2	0	0	0.049	0.030	0.116	0.072
GH Painan	20.000	64.528	-14.6	0	0	0.177	0.110	0.417	0.258
GH Tel. Bayur	20.000	84.622	-6.6	0	0	1.038	0.643	4.212	2.610
unit 1	0.400	76.714	-11.7	0.260	0.000	0	0	0	0
unit 2	0.400	76.778	-11.3	0.300	0.000	0	0	0	0

\* Indicates a voltage regulated bus (voltage controlled or swing type machine connected to it)  
# Indicates a bus with a load mismatch of more than 0.1 MVA





Dari tabel 1 , saat beban ringan, terlihat tegangan terminal unit 1 dan unit 2 PLTM Salido adalah 85,9% atau 344 V yaitu nilai yang dapat diterima oleh generator. Saat beban berat (tabel 2), terlihat tegangan terminal hanya 76,7%, atau 307 V sehingga PLTM harus dilepaskan dari jaringan PLN.

### 3.2 Optimasi Pembangkitan Daya PLTM Salido 2 unit generator

Generator sinkron yang terhubung ke infinite bus dapat juga mesuplai daya reaktif ke sistem dengan cara menaikkan arus medan. Mengubah-ubah arus medan yang diberikan berarti mengubah faktor daya generator sinkron tersebut. Suatu generator yang *over excited* akan memiliki faktor daya *leading*. Sehingga generator akan mensuplai daya reaktif ke sistem.

Dengan memperbaiki pola pembangkitan, dimana PLTM juga memberikan daya reaktif ke jaringan maka akan diperoleh kondisi seperti yang diperlihatkan pada table 3.

Tabel-3. Hasil Perhitungan Aliran Daya Sistem Distribusi Pesisir Selatan Waktu Beban Berat Dengan PLTM Salido Memberikan Daya Reaktif ke Sistem

Bus ID	Voltage kV	Voltage		Generation		Motor Load		Static Load	
		%Mag	Ang	MW	Mvar	MW	Mvar	MW	Mvar
* Bus1	20.000	104.000	0.0	11.374	9.508	0	0	0	0
Bus3	20.000	77.592	-10.3	0	0	0	0	0.000	-0.542
Bus4	20.000	75.986	-11.0	0	0	0.300	0.186	0.983	0.609
Bus5	20.000	73.638	-12.1	0	0	0.377	0.234	1.159	0.718
Bus6	20.000	67.228	-15.2	0	0	0.389	0.241	0.995	0.617
Bus7	20.000	66.867	-15.3	0	0	0	0	0	0
Bus8	20.000	67.238	-15.0	0	0	0.049	0.030	0.124	0.077
GH Painan	20.000	66.636	-15.5	0	0	0.177	0.110	0.445	0.276
GH Tel. Bayur	20.000	84.985	-6.8	0	0	1.038	0.643	4.248	2.633
unit 1	0.400	81.357	-12.6	0.293	0.141	0	0	0	0
unit 2	0.400	81.357	-12.6	0.293	0.141	0	0	0	0





Dari tabel 3 terlihat terjadi perbaikan nilai tegangan di terminal generator unit 1 dan unit 2 dari sekitar 76,7% (table 2) menjadi 81,36%. Akibatnya kedua unit generator dapat tetap menyuplai daya ke jaringan, walaupun dalam kondisi beban berat.

### 3.3 Optimasi Pembangkitan Daya PLTM Salido 3 Unit Generator

Berdasarkan potensi energi air yang ada di PLTM Salido, masih dimungkinkan untuk menambah 1 unit PLTM. Jika unit ke 3 unit juga memberikan daya ke PLN, ada 2 skenario operasi yang mungkin, yaitu :

1. Tiga unit generator yang masing-masing mensuplai daya reaktif ke sistem
2. Pembangkitan Daya Reaktif pada 2 unit generator, 1 unit generator tidak menyuplai daya reaktif

Perbandingan hasil simulasi untuk masing-masing skenario pembangkitan tersebut, dirangkum pada Tabel 4.

Tabel 4 Perbandingan Hasil Aliran Daya untuk Skenario Pembangkitan 3 Unit Generator Kondisi Beban Berat

Skenario	Unit	Suplai MW	Suplai MVAR	V (%)
Skenario 1	1	0,302	0,146	84,288
	2	0,302	0,146	84,288
	3	0,302	0,146	84,288
Total Pembangkitan skenario 1		0,906	0,438	
Skenario 2	1	0,297	0,143	82,94
	2	0,297	0,143	82,94
	3	0,323	0	81,28
Total Pembangkitan skenario 2		0,917	0,286	

Dari table 4 dapat dilihat, pada skenario 1 diperoleh profil tegangan yang lebih yang lebih baik dari pada skenario 2 karena suplai daya reaktif yang lebih besar. Tetapi total daya aktif





yang disuplai ke jaringan pada skenario 1 lebih kecil dari pada skenario 2. Bagi pemilik PLTM skenario 2 akan lebih disukai, karena jumlah daya yang terjual (MW) akan lebih besar. Pembelian daya yang dilakukan oleh PLN dari pembangkit tersebar hanya daya aktif saja (MWh/KWh). Dari sisi PLN sebagai pemilik jaringan, skenario 1 akan lebih disukai karena memberikan perbaikan yang lebih signifikan terhadap kondisi sistem (level tegangan).

### 3.4 Perhitungan Energi

Energi masing-masing unit generator yang dihasilkan sesuai persamaan:

$$E = P \times t \quad (1)$$

Dimana:

E = Energi listrik dalam kilowatt hour (kWh)

P = Daya listrik dalam kilowatt (kW)

t = waktu dalam jam (H), dihitung 24 jam/hari jika generator beroperasi penuh, dan 19 jam/hari jika generator dilepas pada beban puncak

sedangkan energi total pembangkitan dirumuskan:

$$E_{total} = E_{unit 1} + E_{unit 2} + E_{unit 3} \quad (2)$$

$E_{total}$  = Energi total unit-unit yang beroperasi

Berdasarkan berbagai kondisi pembangkitan PLTM Salido yang sudah dibahas, dihasilkan daya output dan energi per hari yang berbeda untuk masing-masing generator seperti yang diperlihatkan Tabel 5.

Tabel 5. Perbandingan Pembangkitan Generator PLTM

Perbandingan	Eksisting		Optimasi 2 Unit beroperasi		3 Unit beroperasi skenario 1			3 Unit beroperasi skenario 2		
	Unit 1	Unit 2	Unit 1	Unit 2	Unit 1	Unit 2	Unit 3	Unit 1	Unit 2	Unit 3
Daya (kW)	260	300	293	293	302	302	302	297	297	323
Energi (kWh)	4940	5700	7032	7032	7248	7248	7248	7128	7128	7752
Total Energi perhari (MWh)	10,640		14,064		21,852			22,008		





#### 4. Analisa Hasil

Dari tabel 5, energi yang disuplai ke jaringan pada kondisi eksisting, nilainya sangat rendah karena generator tidak beroperasi pada beban puncak (sekitar 5 jam). Setelah dilakukan optimasi yaitu dengan membuat generator menghasilkan daya reaktif dan optimasi seting governor, energi yang dapat disuplai meningkat karena tidak terjadi lagi pelepasan pembangkit dari jaringan. Peningkatan energi yang disuplai PLTM semakin besar saat unit pembangkit bertambah menjadi 3 unit.

Peningkatan energi yang dapat disuplai pembangkit ke jaringan untuk optimasi 2 unit disebabkan suplai daya reaktif dari PLTM mampu sedikit memenuhi kebutuhan daya reaktif sistem sehingga dapat memperbaiki tegangan sistem. Akibatnya tegangan terminal generator juga membaik.

#### 5. Kesimpulan & Saran

Optimasi yang dilakukan terhadap PLTM Salido dapat meningkatkan energi yang dikirim pembangkit tersebut ke jaringan distribusi Pesisir Selatan. Nilainya sebesar 14,06 MWh perhari, dibandingkan sebelum optimasi sebesar 10,64 MWh perhari. Pemanfaatan semua potensi air yang ada dengan penambahan 1 unit pembangkit lagi, dapat meningkatkan lebih lanjut suplai energi dari PLTM salido sampai 22 MWh per hari.

#### 6. Daftar Pustaka

1. <http://www.alpensteel.com/article/50-104-energi-sungai-pltmh--micro-hydro-power/1920--pltmh--dan-plts-menjadi-sumber-listrik-pedesaan.pdf>
2. Nazir, Refdinal & Ahmad Topan. "Analisis Manfaat Teknis Pengintegrasian PLTM Tersebar Pada Sistem Distribusi". Padang: Department of Electrical Engineering Faculty Andalas University
3. Winter Rainer and Ramaness Parasuraman.2008."Validation Report Salido Kecil Mini Hydropower Plant, Indonesia" TÜV NORD CERT GmbH JI/CDM Certification Program Langemarckstrasse 20 45141 Essen, Germany