

ISSN 2338-4867

# PROSIDING

## SEMINAR NASIONAL Inovasi Teknologi dan Rekayasa Industri II 2014

Tema "Inovasi Teknologi untuk Kejayaan Bangsa"

Padang, Pangeran Beach Hotel, 26 Agustus 2014



Diselenggarakan Oleh :



**Jurusan Teknik Mesin  
Universitas Andalas**

Alamat:

Kampus UNAND Limau Manis, Padang, 25163

Telp/Fax: 0751-72586/0751-72566

Website: <http://mesin.ft.unand.ac.id/sinterin/>

Email: [panitiasinterin@gmail.com](mailto:panitiasinterin@gmail.com)

Didukung Oleh :



## DAFTAR ISI

<b>Sambutan Ketua Pelaksana Sinterin II 2014</b> .....	i
<b>Sambutan Dekan Fakultas Teknik Universitas Andalas</b> .....	ii
<b>Sponsor dan Organisasi Pendukung</b> .....	iii
<b>Panitia Pelaksana</b> .....	iv
<b>Dewan Redaksi</b> .....	iv
<b>Topik Seminar</b> .....	iv
<b>Keynote Speakers</b> .....	iv
<b>Susunan Acara</b> .....	v

## INOVASI REKAYASA INDUSTRI

Simulasi Jaringan Komputer Menggunakan Cisco Packet Tracer Pada Labor Universitas Putra Indonesia “YPTK” Padang <b>Henny Yulius, Jefri Fernando</b> .....	1
Pemanfaatan <i>Enterprise Architecture Planning</i> (EAP) Untuk Perencanaan Strategis Sistem Informasi Pelayanan Medis Rumah Sakit Menggunakan <i>Zachman Framework</i> (Studi Kasus Pelayanan Medis Semen Padang Hospital) <b>Ricky Akbar</b> .....	2
Tantangan Dan Peluang SCM ( <i>Supply Chain Management</i> ) Dalam Sistem Penelusuran Produk Makanan Olahan <b>Trifandi Lasalewo</b> .....	3
Aplikasi Enkripsi Dan Dekripsi SMS Pada Telepon Selular Berbasis Android Menggunakan Metode Vigenere <b>Febriani, Yuli Karyanti, Ryan Aji Wijaya</b> .....	4
Analisis & Disain Arsitektur Laboratorium Simulasi Mekanika Virtual Berbiaya Murah <b>Husni, Handaru Tampiko</b> .....	5
<i>GPU Sharing</i> Untuk Simulasi Mekanika <b>Handaru Tampiko, Husni</b> .....	6
Kemungkinan Pembangunan Industri Besi dan Baja di Papua <b>Rosfian Asyah Dahar, Dt Simarajo, Rianti Dewi Sulamet-Ariobimo</b> .....	7
Jaringan Sistem Keamanan CCTV Menggunakan DRV Berbasis Linux <b>Yulia Chalri , Purwanto</b> .....	8

Pengaruh Aktifasi Kimia Dan Fisika Pada Pembuatan Karbon Aktif Dari Cangkang Sawit <b>Yuliusman, Yōga Tamala</b> .....	9
Perancangan Tungku Peleburan Logam Buatan Sendiri <b>Yusep Mujalis, Yosca Octaviano, Benny Siantury, Tono Sukarnoto, Rianti Dewi Sulamet-Ariobimo</b> .....	10
MENGUKUR KINERJA DISTRIBUSI BATU-BARA OLEH UKM DARI TAMBANG HINGGA PELABUHAN <b>Hendy Tannady , Dino Caesaron</b> .....	11
Rancangan Aplikasi Android Pemetaan Lokasi Bengkel Di Kota Depok <b>Dharmayanti, Beni Septiantoro, Parno</b> .....	12
Analisis dan Perancangan Sistem Peringatan Dini Perawatan Infrastruktur (Studi Kasus : PT. Krakatau Information Technology) <b>Hasdi Putra, Zuhendri</b> .....	13
Analisis Sistem Persediaan Bahan Baku Kantong Semen Tipe PLY BGR PCC Dengan Metode <i>Lot Sizing</i> (Studi Kasus : PT Semen Baturaja (Persero) Tbk) <b>Prima Fithri, Rian Kamal Fikri</b> .....	14
Peramalan Penggunaan <i>Tubing Pump</i> Dan Tinjauan Penjadwalan Eksekusi Sumur Bermasalah Pada Pekerjaan <i>Work Over</i> (Rig) Di PT. Chevron Pacific Indonesia – Duri <b>Hilma Raimona Zadry, Muhammad Gamma Uswansyaf</b> .....	15
Perancangan Lemari Arsip Ergonomis dengan Menggunakan Konsep Modular <b>Lusi Susanti, Gustianda</b> .....	16
Uji Kebulatan Hasil Proses Mesin Bubut <i>Knuth Werkzeugmaschinen GmbH Type Compass 200/2000B</i> <b>Suhaeri, Masri Ibrahim, Rinaldi Amir</b> .....	17
Pengembangan Pengontrol 2 Axis CNC berbasiskan STEP-NC Data Model <b>Firman Ridwan</b> .....	18
<b>INOVASI REKAYASA ENERGI</b>	
Flamability Limit Campuran Gas CNG – Udara Dengan Diluent Argon <b>Jayan Sentanuhady, Iwan Gunawan</b> .....	19

Kajian Panci Empat Tingkat dengan Satu Tungku (Studi Kasus Analisis Unjuk Kerja Perpindahan Panas pada Proses Pemasak Gula Aren)	
<b>Abrar Riza</b> .....	20
Kaji Eksperimental Pendinginan Panel Surya Menggunakan Media Udara	
<b>Hamdani, Muhammad Amin, Puput Heri Saputra</b> .....	21
Kajian Numerik Perbaikan Desain Pada Arah Aliran <i>Jet Pump</i>	
<b>Nasruddin, Zainal Arif, T. Azuar Rizal</b> .....	22
Listrik Energi Surya 10kw Dengan “Sliver 3000” Dan Saklar Tukar Berbasis PLC Festo Dan Tenaga Hijau Generator AC Berbahan Bakar Gas Negara	
<b>Suprpto Widodo, Nurman Ismail, M. Syahrudin</b> .....	23
Perencanaan Sistem Pembangkit Tenaga Listrik Hibrid (Energi Angin-Surya Diesel) untuk Unit Desalinasi Air Laut di Wilayah Pesisir Kota Langsa	
<b>Syamsul Bahri W, T. Kamaruzzaman, Razali Thaib</b> .....	24
Kajian Eksperimental Performansi Mesin Pendingin Adsorpsi yang Digerakkan Tenaga Matahari	
<b>Tulus Burhanuddin Sitorus, Farel H. Napitupulu, Himsar Ambarita</b> .....	25
Pengaplikasian <i>Dye-Sensitizer Solar Cell</i> Dari Ekstrak Kulit Buah Manggis Menggunakan Elektrolit Polimer Padat Pada <i>Portable Charger</i>	
<b>Eki Kurniawan, Iskandar R</b> .....	26
Pembuatan Sudu Turbin Propeller Untuk Pembangkit Listrik Pada Head Rendah	
<b>Is Prima Nanda, Adek Tasri</b> .....	27
Pengujian Turbin Angin Propeler Dengan Variasi Sudut Serang Untuk Aplikasi di Daerah Berkecepatan Angin Rendah	
<b>Rian Hidayat, Arif Budi Pratama, M. Iqbal, M. Reza, dan Uyung Gatot S. Dinata</b> .....	28
 <b>INOVASI REKAYASA MATERIAL</b>	
Pengaruh <i>Post Weld Heat Treatment</i> Terhadap Kualitas Lasan <i>Dissimilar Metal</i> AISI 1045 dan AISI 304	
<b>Meilinda Nurbanasari, Djoko Hadiprayitno, Yulius Erwin Tandiayu</b> .....	29
Efek Dari Induksi Magnet Anisotropi Terhadap Parameter Histerisis Dari Material Nano-BHF	
<b>Novizal, Musfira. C. F, Elda Rayhana</b> .....	30
Teknologi Ultrasonik Terhadap Morfologi Pembentukan Pori Karbon Dari Bahan Silikon Karbida Politipe 6H-SiC	

<b>Musfirah Cahya Fajrah Toana</b> .....	31
Analisa Pengaruh Penambahan Serbuk Tulang Sapi Terhadap Gigi Pengganti <b>Zulkarnain, Gunawarman, Jon Affi</b> .....	32
Metode Sol-Gel pada Sintesa Material Feroelektrik Barium Titanate Nanopartikel Fasa Tunggal <b>Dwita Suastiyanti, Moh.Hardiyanto, Bambang Soegijono</b> .....	33
Pengaruh Variasi Inokulan Al-Ti-B Dan T6 Pada Centrifugal Casting Terhadap Karakteristik Perambatan Retak Fatik Velg Dari Bahan Aluminium Skrap <b>Nugroho E., Iswanto, P.T.</b> .....	34
Pembentukan Fasa TiO <sub>2</sub> dari Iron Ore pada Proses Reduksi dengan Variasi Kadungan Karbon <b>Elda Rayhana, Novizal</b> .....	35
Pengaruh Tingkat Butir Abrasif Penggerindaan Silikon Karbida Terhadap Faktor Kualitas Batu Mulia <b>Hanif Arsyad, Benny Dwika Leonanda</b> .....	36
Pengolahan Limbah Tulang Sapi Menjadi Serbuk Hidroksiapatit Berkadar Kalsium Tinggi Untuk Bahan Dasar Tulang Buatan <b>Rio Paskarino, Jon Affi, Gunawarman</b> .....	37
Sintesa Dan Karakteristik Serbuk Hydroxypatite (HA) Gigi Sapi Lokal Untuk Bahan Dasar Gigi Buatan <b>Afdal, Jon Affi, Gunawarman</b> .....	38
✓ Karakterisasi Sambungan Logam-Logam Berbeda Jenis Hasil Penyambungan Difusi dengan Tungku Tanpa Vakum <b>Jon Affi, Dedison Gasni, Zulkifli Amin, Rahmad Diaz, Muhammad Danniell, Robby Eriend</b> .....	39
Potensi Penyambungan Antara AA 5052 Dengan AISI 1045 Menggunakan <i>Free Vacuum Diffusion Bonding</i> <b>Robby Eriend, Jon Affi, Dedison Gasni, Zulkifli Amin</b> .....	40
Kekakuan Aspal Dengan Menggunakan Bahan Tambah Abu Cangkang Sawit <b>Elsa Eka Putri, Patih Taruko</b> .....	41

## INOVASI REKAYASA MEKANIK

Model Virtual Sepeda Motor Roda Tiga

<b>Farid Rizayana, Iman Satria</b> .....	42
Kurva Stribeck Untuk Analisis Regime Pelumasan Pada Ball Bearing <b>Sahrul Rahmat, Dedison Gasni</b> .....	43
Uji Validasi Lengan Robot Pendobrak Pintu <b>Dody Prayitno, Sally Cahyati, Joko Riyono, Sigit Subianto</b> .....	44
Metode Pengeringan Cepat Untuk Gabah Dengan Pengering Berbentuk Silinder Dan Pengaduk Putar <b>Nusyirwan, Syafnela Dermawan Arif</b> .....	45
Kaji Estimasi Kekuatan Struktur Atap dengan Teori Kolom Buckling <b>Eka Satria, Syafrinaldi</b> .....	46

## Karakterisasi Sambungan Logam-Logam Berbeda Jenis Hasil Penyambungan Difusi dengan Tungku Tanpa Vakum

Jon Affi<sup>\*)</sup>, Dedison Gasni, Zulkifli Amin, Rahmad Diaz, Muhammad Danniell, Robby Eriend

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Andalas

Kampus Limau Manis, Padang, 25163

E-mail : jon\_affi@ft.unand.ac.id<sup>\*)</sup>

### Abstrak

Pengelasan difusi adalah penyambungan padat untuk logam-logam yang tidak mungkin diproses dengan metoda penyambungan lain. Logam-logam disatukan pada temperatur tertentu di dalam tungku vakum sehingga kontak kedua permukaan logam menjadi media untuk migrasi atom-atom dari konsentrasi tinggi ke konsentrasi rendah. Untuk mereduksi waktu proses yaitu dengan meniadakan proses pemakuman telah digunakan tungku perlakuan panas untuk penyambungan logam-logam. Fungsi pemakuman digantikan dengan mengalirkan gas inert ke dalam tungku sehingga induksi oksigen ke daerah sambungan bisa dikurangi. Tiga kombinasi logam telah digunakan yaitu baja AISI 1045-Tembaga C10100, Baja AISI 1045-Aluminium AA5052 dan Baja AISI 1045-Tembaga C10100. Permukaan yang disambung telah disiapkan dengan amplas hingga #2000 yang dilanjutkan dengan pemolesan menggunakan pasta alumina. Ketersambungan logam menggunakan tungku tanpa vakum ini telah diamati. Kekuatan sambungan telah dievaluasi menggunakan uji geser serta pengamatan sisi sambungan dilakukan menggunakan scanning electron microscope. Analisis komposisi atom dekat sisi sambungan dikarakterisasi dengan menggunakan EDX.

Ketiga kombinasi sambungan bisa disambung dengan proses difusi menggunakan tungku tanpa vakum. Dua kombinasi sambungan baja-tembaga dan tembaga-aluminium cukup kuat sehingga bisa diuji geser. Sedangkan ketersambungan baja-aluminium tidak begitu sempurna dan terlepas saat akan dipotong. Ketersambungan ketiga kombinasi logam sangat dipengaruhi oleh laju gas pelindung yang dialirkan. Gas argon dengan laju tertinggi memberikan ketersambungan terbaik. Kombinasi sambungan tembaga-aluminium membentuk 3 interlayer dengan ketebalan 10 hingga 20  $\mu\text{m}$  perlayer. Masing-masing interlayer membentuk bidang pisah yang nyata sesamanya dan dengan logam induknya. Bidang pisah yang nyata ini memberikan kemudahan untuk retak merambat saat sambungan diuji geser. Sebaliknya untuk sambungan kombinasi baja-tembaga, tidak terbentuk interlayer. Ketebalan difusi atom berkonsentrasi tinggi adalah sekitar 1  $\mu\text{m}$  pada setiap sisi logam induk dekat bidang pisah dan difusi atom masih terdeteksi hingga 20  $\mu\text{m}$  pada kedua sisi logam induk. Atom-atom yang berdifusi tidak merubah fasa masing-masing logam induk namun memberikan penguatan dengan efek larut padat. Hal ini dibuktikan dengan patah geser bukan disambungan tapi pada sisi tembaga.

**Keywords:** Penyambungan difusi, uji geser, bidang pisah interlayer, penguatan larut padat di sisi sambungan

### Pendahuluan

Penyambungan difusi adalah proses pengelasan padat dimana penyatuan dua permukaan yang saling berkontak menghasilkan difusi atom-atom dibawah tekanan dan temperatur tinggi<sup>[1]</sup>. Pada bidang kontak terjadi deformasi makro dari puncak-puncak kekasaran permukaan (asperities) sehingga proses difusi lebih mudah terjadi. Proses pemanasan dan pendinginan diberikan sangat lambat untuk memfasilitasi proses migrasi atom dari konsentrasi tinggi ke rendah. Selain itu dengan pemanasan dan pendinginan lambat ini meminimalkan efek proses difusi seperti segregasi, deformasi dan retak.<sup>[2]</sup> Penyambungan difusi lebih banyak digunakan untuk menyambung logam-logam

berbeda jenis, karena pengelasan tidak mungkin digunakan untuk menyambung logam-logam yang berbeda titik lebur tersebut.

Permukaan logam-logam yang disambung harus flat dan halus. Bidang kontak harus bebas dari kotoran dan debu. Waktu proses meliputi waktu penyetalan sambungan, waktu pemakuman, waktu pemasangan, penahanan dan pendinginan, serta waktu mengeluarkan produk dari dalam tungku. Untuk mereduksi lamanya proses, penggunaan tungku perlakuan panas untuk proses difusi menjadi menarik untuk digunakan. Untuk mengurangi induksi oksigen (proses oksidasi logam pada temperatur tinggi), gas pelindung dialirkan ke dalam tungku.

Tujuan dari penelitian ini adalah melihat ketersambungan logam menggunakan tungku perlakuan panas komersil (tungku tanpa vakum) yaitu karakterisasi sambungan difusi. Berbagai jenis kombinasi logam yang disambung telah diamati terutama pada bagian kontak sambungan.

### Metoda Eksperimen & Fasilitas Yang Digunakan

Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah Baja AISI 1045, Tembaga Murni Komersil C10100 dan aluminium paduan AA5052. Pengujian komposisi dengan spektroskopi seperti dilaporkan pada penelitian sebelumnya<sup>[3-5]</sup> menunjukkan bahwa Baja AISI 1045 mengandung berat 98,4% Fe, 0,53% C, 0,23 Si dan 0,64 Mn. Sedangkan tembaga C10100 mengandung berat 99,9% Cu dan unsur-unsur pengotor yang kurang dari 0,1%. Aluminium AA5052 mengandung 2,5 % magnesium dan 0,23 % chromium. Kombinasi sambungan adalah aluminium-baja, aluminium-tembaga, dan baja-tembaga. Semua material dipotong berbentuk balok dengan ukuran 15 x 25 x 22 mm. Permukaan yang akan disambung diampas secara bertahap dari #100 hingga #2000 dan kemudian dilanjutkan dengan pemolesan beludru menggunakan pasta alumina. Sambungan di-clamp menggunakan clamp berbaut. Penekan diberikan dengan menggunakan mesin tekan yang digerakan dengan hidrolis berkapasitas 70 ton. Tekanan diberikan bervariasi tergantung kepada kombinasi material yang disambung. Setelah mencapai tekanan yang diinginkan, baut pengencang clamp diertatkan sehingga beban tekanan mesin digantikan oleh baut.

Sampel dan clamp selanjutnya dimasukan kedalam tungku listrik Nabertherm L9/11/SKM untuk dipanaskan sehingga proses difusi berlangsung. Temperatur pemanasan disesuaikan dengan temperature difusi untuk kombinasi material yang disambung. Untuk melindungi proses penyambungan dari induksi oksigen, gas argon dialirkan ke dalam tungku dengan laju 5 liter/menit. Gas argon berfungsi sebagai selimut non-aktif untuk mereduksi pengaruh oksigen terhadap pembentukan oksida di permukaan logam. Detail pemanasan dan besarnya tekanan diberikan pada penelitian sebelumnya.<sup>[3-5]</sup>

Setelah tersambung, sampel selanjutnya didinginkan dan dipotong. Ukuran sampel detail diberikan pada penelitian sebelumnya.<sup>[3-5]</sup>

Pengujian geser dilakukan menggunakan Com-Ten Testing Machine 95T series. Pemeriksaan penampang sambungan dilakukan menggunakan mikroskop optik logam Olympus GX71F. Sedangkan penampang patahan dicuplik menggunakan mikroskop stereo Olympus SZX10. Pengamatan struktur mikro dilakukan dengan scanning electron microscope Hitachi SN-3400N yang dilengkapi dengan Horiba EDX EMAX X-Act (Energy Dispersive X-Ray Microanalyzer ).

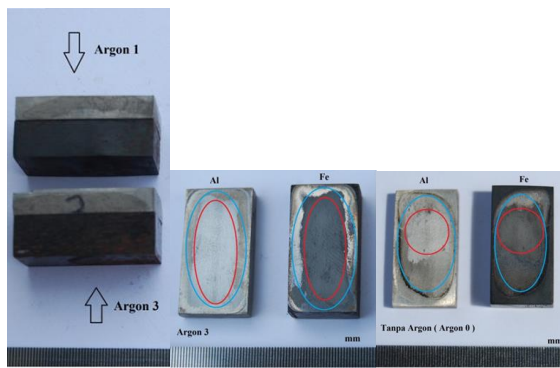
### Hasil dan Pembahasan

#### 1. Kekuatan geser sambungan.

Kekuatan geser sambungan difusi aluminium dan tembaga bervariasi dari 11 hingga 33 MPa tergantung pada temperatur, tekanan, kekasaran permukaan dan laju gas pelindung yang diberikan.<sup>[3-5]</sup> Temperatur optimum untuk penyambungan kedua logam ini adalah 430°C dengan kekuatan geser sambungan tertinggi<sup>[3]</sup>. Kekasaran permukaan juga menunjukkan kontribusi yang nyata yaitu permukaan yang lebih halus memberikan kekuatan geser lebih tinggi karena deformasi dari asperities lebih mudah untuk membentuk bidang kontak lebih banyak.<sup>[4]</sup> Sedangkan gas pelindung juga berpengaruh terhadap perlindungan selama logam dipanaskan. Gas pelindung tertingi memberikan kekuatan geser tertinggi pula.<sup>[5]</sup>

Sambungan difusi aluminium dan baja menunjukkan fenomena yang berbeda. Sambungan bisa terbentuk namun tidak begitu kuat dan terlepas kembali saat akan dipotong untuk pembuatan sampel uji geser. Namun pada permukaan sambungan yang terlepas dapat diamati bahwa daerah difusinya. Gambar. 1 menunjukkan bekas sambungan yang dimaksud. Terlihat bahwa sambungan dengan gas pelindung memiliki luas daerah difusi yang lebih luas dari pada sambungan tanpa dilindungi. Hal ini mudah dipahami karena tumbuhnya lapisan oksida pada permukaan kedua logam (penebalan) sehingga menghalangi proses difusi atom. Detail pembahasan tentang potensi penyambungan aluminium dan baja dengan proses difusi diberikan pada laporan penelitian terpisah.<sup>[6]</sup>



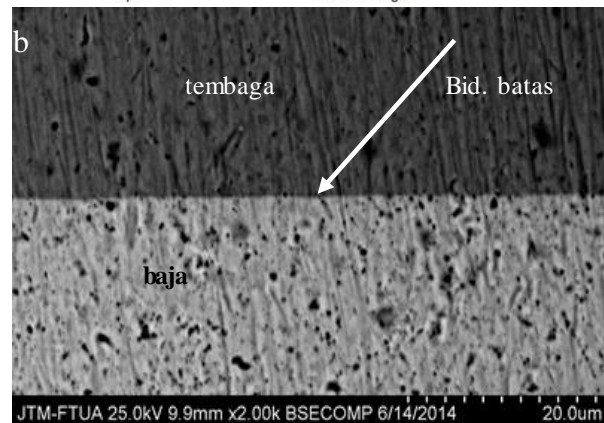
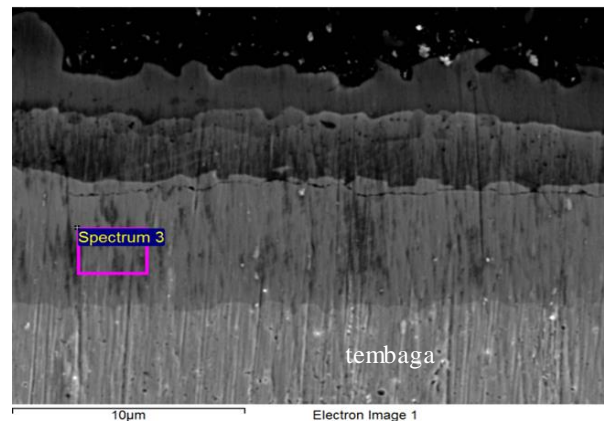


**Gambar 1.** Sambungan aluminium dan tembaga tanpa gas pelindung dan dengan gas pelindung 3 l/menit [6]

Kekuatan geser tertinggi diperoleh dari sambungan difusi tembaga dan baja. Kekuatan geser berkisar antara 55 hingga 99 MPa. Nilai kekuatan geser ini juga dipengaruhi oleh temperatur, tekanan, kekasaran permukaan dan waktu penahanan. Dibandingkan dengan kombinasi baja-aluminium atau tembaga-aluminium, kombinasi baja-tembaga memiliki kekuatan geser yang jauh lebih tinggi yaitu sekitar 3 kali kekuatan geser sambungan aluminium-tembaga. Penyebab tingginya kekuatan geser pada kombinasi material ini dijelaskan lebih detail pada pembahasan mikrostruktur sambungan.

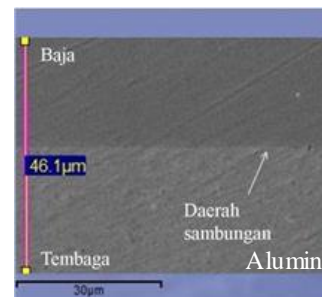
2. Pengamatan strukturmikro sambungan

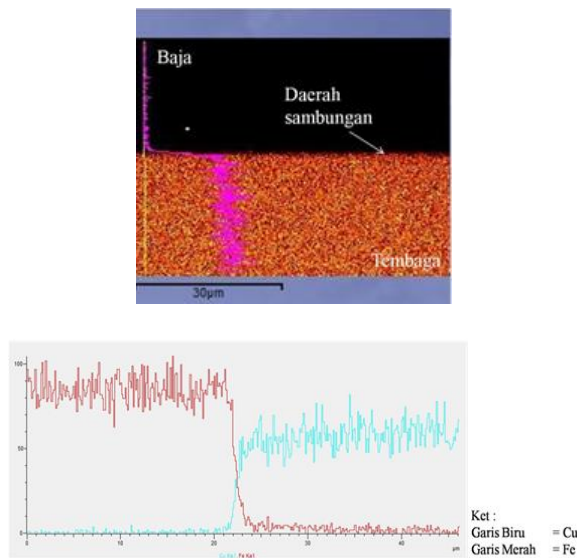
Gambar. 2 di bawah menunjukkan penampang sambungan kombinasi aluminium-tembaga dan tembaga-baja. Penampang kombinasi aluminium-baja tidak bisa ditampilkan karena sambungan lepas saat akan dipotong seperti disebutkan di atas. Terlihat jelas pada Gambar. 2 a bahwa kombinasi aluminium dan tembaga membentuk 3 interlayer pada daerah dekat bidang batas sambungan. Fasa yang terbentuk adalah berbeda dengan fasa pada masing-masing logam induk. Fasa pada ketiga layer adalah campuran fasa  $\kappa + \theta$  dengan perbedaan konsentrasi  $\theta$  pada setiap layer [5]. Hal ini disebabkan oleh perbedaan konsentrasi atom Cu yang sudah bermigrasi ke aluminium atau sebaliknya pada setiap layer. Perbedaan konsentrasi ini memberikan kontras warna fasa yang berbeda pada ketiga layer terhadap fasa kedua logam induknya.



Gambar.2. a Struktur sambungan aluminium-tembaga membentuk 3 lapisan interlayer. b. Struktur sambungan baja-tembaga

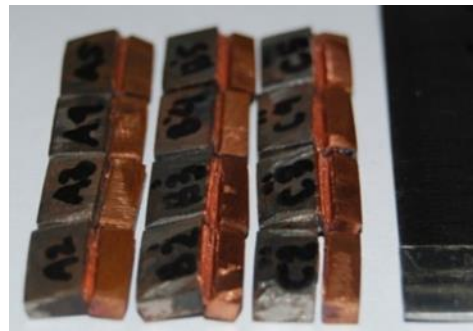
Sedangkan sambungan kombinasi tembaga dan baja memperlihatkan struktur sambungan yang berbeda. Tidak terlihat adanya interlayer pada daerah dekat bidang batas sambungan. Sambungan terlihat sangat padat seperti sambungan kombinasi aluminium-tembaga pada bidang batas. Tidak terlihat bagian yang tidak tersambung atau porositas pada bagian bidang batas. Hasil EDX kedua logam dekat bidang batas setelah atom-atom saling berdifusi adalah sama dengan fasa logam induk. Walaupun atom tembaga telah bermigrasi ke baja atau atom besi telah bermigrasi ke tembaga seperti di gambarkan pada Gambar. 3, masing-masing logam induk tetap mempertahankan fasanya dalam bentuk larut padat.





Gambar. 3. a. Daerah pengamatan dekat bidang batas. b. Distribusi atom tembaga yang teramati c. Distribusi atom Fe dan Cu pada bidang batas.

Pengamatan lebih dekat dari distribusi atom yang bermigrasi pada Gambar 3.c memperlihatkan bahwa daerah difusi dengan konsentrasi tinggi baik tembaga ke baja atau atom besi ke tembaga hanya kurang dari 2  $\mu\text{m}$  walaupun pemeriksaan EDX menunjukkan atom Fe di tembaga atau atom Cu di Baja dapat dideteksi hingga 40  $\mu\text{m}$ . Hal menarik dari sambungan ini adalah bahwa dengan perpindahan atom konsentrasi tinggi hanya sejarak 2  $\mu\text{m}$ , namun memberikan kekuatan sambungan yang cukup tinggi yaitu hingga 99 MPa. Kekuatan setinggi ini sudah hampir mendekati kekuatan geser logam induk tembaga yaitu 110MPa<sup>[7]</sup>. Gambar. 4 menunjukkan sampel setelah uji geser. Sambungan baja dan tembaga yang tidak terpisah sepenuhnya setelah diuji. Penampang patahan berwarna kemerahan seperti tembaga yang menunjukkan bahwa patah di daerah logam induk tembaga. Berbeda dengan kombinasi tembaga dan aluminium, patah terjadi pada bidang batas atau bidang batas antara masing-masing interlayer<sup>[3]</sup>. Pada penelitian terdahulu ini juga disebutkan bahwa interlayer terbentuk makin tebal beberapa mikrometer dari interlayer yang terbentuk pada temperatur difusi yang lebih rendah, namun memiliki kekuatan yang lebih rendah.



Gambar.4 Sampel uji geser kombinasi tembaga-baja

Pengaruh pembentukan fasa-fasa interlayer pada bidang batas sambungan mempengaruhi kekuatan sambungan difusi. Dapat dijelaskan bahwa jika terbentuk fasa berbeda maka orientasi atom pada fasa tersebut berbeda dengan orientasi atom pada fasa logam induknya. Bidang pisah antara fasa terbentuk dengan fasa logam induk merupakan bidang yang mirip dengan batas butir. Begitu juga dengan masing masing interlayer yang berbeda telah terbentuk bidang pisah. Berbeda dengan kombinasi antara tembaga dan baja, tidak terjadi perubahan fasa namun terjadi penguatan akibat atom-atom bermigrasi di antara logam-logam yang disambung. Penguatan ini tentunya adalah penguatan larut padat akibat difusi atom. Hubungan antara pembentukan fasa-fasa berbeda pada dekat bidang pisah dengan kemudahan untuk perambatan retak pada pengujian geser merupakan bahasan tersendiri dan akan diteliti lebih lanjut.

## Kesimpulan

Pada penelitian ini telah berhasil menyambung logam-logam berbeda jenis secara difusi. Beberapa kesimpulan yang bisa dijabarkan adalah:

1. Proses penyambungan menggunakan tungku perlakuan panas komersil berhasil dilakukan dengan menggunakan gas pelindung argon untuk mengurangi induksi oksigen ke daerah sambungan.
2. Kombinasi sambungan tembaga dan baja memiliki kekuatan geser tertinggi diikuti oleh kombinasi aluminium dan tembaga. Sedangkan kekuatan sambungan kombinasi baja dan aluminium adalah yang terendah. Sambungan lepas setelah beberapa lama sebelum dipotong dalam membuat sampel uji geser.
3. Pembentukan interlayer dengan fasa-fasa berbeda dari logam induk menghasilkan kekuatan sambungan yang lebih rendah. Sedangkan sambungan dengan tanpa pembentukan fasa baru di sisi sambungan menghasilkan kekuatan sambungan lebih

baik. Penguatan dihasilkan oleh atom-atom bermigrasi memberikan efek penguatan larut padat pada sisi dekat sambungan

7. A.A.A. Nasution, Proses penyambungan difusi tanpa vakum untuk material sejenis dengan variasi temperatur, studi kasus pada AA 5052 dan pada tembaga C10100, Thesis-S1, Jurusan Teknik Mesin-Universitas Andalas, 2013.

### Ucapan Terima kasih

Penulis berterima kasih kepada Direktorat Pendidikan Tinggi dan Universitas Andalas khususnya Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat yang telah membiayai penelitian ini dari Dana BOPTN melalui skim Penelitian Fundamental dengan kontrak No. 02/UN.16/PL/D-FD/2014.

### Referensi

1. W.A. Owczarski, D.F. Paulonis, Application of diffusion welding in the USA, *Welding Journal* 60 (2) (1981) 22–33
2. J. Ren, Y. Li, T. Feng, Microstructure Characteristics in the interface zone of Ti/Al diffusion bonding, *Materials Letters* 56 (2002) 647–652
3. F. Wahyudhi, Jon Affi, Z. Amin, D. Gasni, Pengaruh Temperatur Pemanasan terhadap Kekuatan Geser Sambungan Difusi antara AA5052 – Cu Murni Komersil, *Proceeding SNTTM XII, Bandar Lampung (2013)*, Paper No 189
4. Heryanda, Jon Affi, D. Gasni, Z. Amin, Pengaruh Kekasaran Permukaan Terhadap Kekuatan Geser Sambungan antara AA 5052 dan Cu Murni Komersil Menggunakan “Free Vacuum Diffusion Bonding”, *Proceeding SNTTM XII, Bandar Lampung (2013)*, Paper No 191
5. Jon Affi, Febriyandi, D. Gasni, Z. Amin, Penggunaan Gas Argon sebagai Pelindung Proses pada “Free Vacuum Diffusion Bonding”. Studi Kasus Sambungan Aluminium AA 5052 dan Tembaga Murni Komersil, *Proceeding SNTTM XII, Bandar Lampung (2013)*, Paper No 190
6. R. Eriend, Jon Affi, D. Gasni, Z. Amin, Potensi penyambungan antara AA5052 dan AISI 1045 menggunakan free vacuum diffusion Bonding, *Proceeding SINTERIN II, Padang (2014)* Paper No. RMA-012