



Fakultas Teknologi Industri
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

SEMINAR NASIONAL
TEKNOIN
2012

**Pengembangan Teknologi Manufaktur untuk Menunjang
Penguatan Daya Saing Bangsa**

TEKNIK MESIN

YOGYAKARTA, 10 NOVEMBER 2012

ISBN No. 978-979-96964-3

Prosiding
Seminar Nasional Teknoin 2012

**“Pengembangan Teknologi Manufaktur untuk Menunjang
Penguatan Daya Saing Bangsa”**

Yogyakarta, 10 November 2012

Bidang Teknik Mesin

diselenggarakan oleh:

**Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia
Yogyakarta**

Prosiding Seminar Nasional Teknoin 2012
ISBN: 979-978-96964-9-8

Diterbitkan oleh:

Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang Km 14,5 Yogyakarta 55584
T. 0274-895287, 0274-895007 Ext 110/200
F. 0274-895007
E. seminarteknoin@yahoo.com, teknoin@uii.ac.id
W. seminarteknoin.fit.uui.ac.id

Hak Cipta ©2012 ada pada penulis
Artikel pada prosiding ini dapat digunakan, dimodifikasi, dan disebarluaskan secara bebas untuk tujuan bukan komersil (non profit), dengan syarat tidak menghapus atau mengubah atribut penulis. Tidak diperbolehkan melakukan penulisan ulang kecuali mendapatkan izin terlebih dahulu dari penulis.

Penanggi

Pengara

Ketua I
Bendah

Review

Makal
Koord

Sekre
Koord

Sie. /
Koord

Organisasi Penyelenggara

Penanggung Jawab	Ir. Gumbolo Hadi Susanto, M.Sc.	Dekan
Pengarah	Wahyudi Budi Pramono, ST., M.Eng. Dr. Sri Kusumadewi, S.Si., MT. Dra. Kamariah, MS. Drs. Mohammad mastur, MSIE Yudi Prayudi, S.Si, M.Kom Tito Yuwono, ST., M.Sc Agung Nugroho Adi, ST., MT.	Wakil Dekan Direktur Pascasarjana MII Ketua Jurusan Teknik Kimia Ketua Jurusan Teknik Industri Ketua Jurusan Teknik Informatika Ketua Jurusan Teknik Elektro Ketua Jurusan Teknik Mesin
Ketua Pelaksana Bendahara	: Risdiono, ST., M.Eng., D.Eng. : 1. Yustiasih Purwaningrum, ST., MT. 2. Erawati Lestari, A.Md.	
Reviewer	: 1. Prof. Dr. Ir. Mauridhi Hery Purnomo, M.Eng. 2. Dr. Ir. Rila Mandala, M.Eng. 3. Ir. Muhammad Waziz Wildan, M.Sc., Ph.D. 4. Risdiono, ST., M.Eng., D.Eng. 5. Dr. Ir. Paryana Puspaputra, M.Eng. 6. Ir. Erlangga Fausa, M.Cis 7. Ridwan Andi Purnomo, ST., M.Sc., Ph.D. 8. Asmanto Subagyo, M.Sc. 9. Izzati Muhaimmah, ST., M.Sc. Ph.D. 10. Hendra Setiawan, ST., MT. D.Eng. 11. Muhammad Ridwan, ST., MT.	
Makalah & Prosiding: Koordinator	Purtojo, ST., M.Sc. 1. Khamdan Cahyari, ST., M.Sc. 2. Firdaus, ST., MT. 3. Hanson Prihantoro, ST., MT. 4. Jerri Irgo, SE., MM. 5. Heri Suryantoro, A.Md. 6. Bagus Prabawa Aji, ST. 7. Adi Swandono, A.Md.	
Sekretariat: Koordinator	M. Faizun, ST., M.Sc. 1. Indah Kurniasari, SP 2. Muhammad Susilo Atmodjo 3. Pangesti Rahman, SE.	
Sie. Acara dan Publikasi: Koordinator	Arif Hidayat, ST., MT. 1. Dyah Retno Sawitri, ST. 2. Agus Sumarjana, ST. 3. Suwati, S.Sos.	

Kata Pengantar

Assalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Segala puji dan syukur hanyalah milik Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga Seminar Nasional Teknoin 2012 dapat terselenggara.

Seminar Nasional Teknoin merupakan seminar tahunan yang diselenggarakan oleh Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia Yogyakarta bekerja sama dengan Jurnal Teknologi Industri (TEKNOIN). Sejak pertama kali diselenggarakan pada tahun 2004, seminar ini telah menjadi sarana terjalannya kerjasama, transfer pengalaman dan pengetahuan di antara berbagai pihak dari kalangan akademisi, peneliti, pelaku industri dan elemen masyarakat lainnya baik dari unsur pemerintah maupun swasta. Sejalan dengan visi Universitas Islam Indonesia yang berkomitmen pada kesempurnaan (keunggulan) serta *risalah Islamiyah* di bidang pendidikan, penelitian, pengabdian masyarakat dan dakwah, seminar ini diharapkan mampu memberikan manfaat dan kontribusi nyata bagi kemajuan bangsa.

Di usianya yang ke 9, Seminar Nasional Teknoin 2012 kali ini mengambil tema : **"Pengembangan Teknologi Manufaktur untuk Menunjang Penguatan Daya Saing Bangsa"**. Tema ini dipilih berdasarkan pertimbangan bahwa peningkatan daya saing bangsa merupakan sebuah keniscayaan yang harus dilakukan dalam menghadapi era globalisasi. Usaha ini akan berhasil jika seluruh elemen masyarakat memberikan kontribusi yang optimal sesuai bidangnya masing-masing. Di sektor industri, parameter-parameter yang sering dipakai dalam mengukur daya saing bangsa biasanya lebih ditentukan oleh kualitas sumber daya manusia (SDM) daripada kualitas sumber daya alam (SDA) sebuah negara. Kerjasama multidisiplin yang melibatkan berbagai pihak, baik pemerintah maupun swasta mutlak diperlukan. Untuk itu, Seminar Nasional Teknoin dikemas menjadi forum diseminasi berbagai disiplin ilmu diantaranya bidang ilmu Teknik Kimia, Teknik Industri, Teknik Informatika, Teknik Elektro dan Teknik Mesin.

Dalam seminar ini, *alhamdulillah* terdapat 143 buah makalah (dari 260 abstrak yang diterima) dan yang telah direview oleh tim serta layak untuk masuk ke dalam Prosiding Seminar Nasional Teknoin 2012 (ISBN No. 978-979-96964-3-9) dan dipresentasikan. Adapun tiap bidang ilmu terdiri atas : 21 makalah bidang Teknik Kimia dan Tekstil, 35 makalah bidang Teknik Industri, 29 makalah bidang Teknik Informatika, 20 makalah bidang Teknik Elektro, serta 38 makalah bidang Teknik Mesin.

Pada kesempatan ini, kami selaku ketua pelaksana menyampaikan penghargaan dan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Pimpinan Fakultas Teknologi Industri UII, segenap Pimpinan Jurusan dan Pimpinan Program Pascasarjana di lingkungan FTI UII, tim reviewer, dan seluruh panitia pelaksana yang telah berusaha maksimal dan bekerjasama dengan baik hingga terlaksananya acara ini.

Ucapan terima kasih kami sampaikan juga kepada Assoc. Prof. Dr. Pisut Komsaap yang telah berkenan menjadi keynote speaker dalam seminar ini. Kepada seluruh peserta dan pemakalah serta semua pihak yang telah berpartisipasi, kami sampaikan terima kasih dan permohonan maaf atas kekurangsempurnaan kami.

Wassalamu 'alaikum warahmatullah wabarakatuh

Yogyakarta, 10 November 2012
Ketua Panitia,

Risdiyono, ST, M.Eng, D.Eng

Bidang Teknik Mesin
Yogyakarta, 10 November 2012

Sambutan
Dekan Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Rendahnya daya saing bangsa Indonesia akibat belum kondusifnya kinerja perekonomian nasional merupakan salah satu persoalan yang perlu dicermati bersama. Di sektor industri, berbagai hal yang berkaitan dengan sistem produksi, pemanfaatan tenaga kerja, akses ke sumber daya keuangan, manajerial, infrastruktur, teknologi, standarisasi, perlindungan konsumen dan analisa pasar merupakan contoh faktor yang mempengaruhi daya saing suatu bangsa.

Tidak bisa dipungkiri bahwa peningkatan daya saing merupakan sebuah keniscayaan yang harus dilakukan dalam menghadapi era globalisasi. Usaha ini akan berhasil jika seluruh elemen masyarakat memberikan kontribusi yang optimal sesuai bidangnya masing-masing. Daya saing bangsa biasanya lebih ditentukan oleh kualitas sumber daya manusia (SDM) daripada kualitas sumber daya alam (SDA) sebuah negara. Kerjasama multidisiplin yang melibatkan berbagai pihak, baik pemerintah maupun swasta mutlak diperlukan.

Berkenaan dengan hal itu, Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia Yogyakarta menyelenggarakan Seminar Nasional Teknoin yang pada kesempatan ini telah menginjak usia yang ke 9. Di seminar ini kami mengundang para akademisi, peneliti, pelaku industri dan seluruh elemen masyarakat untuk berperan serta baik sebagai pemakalah maupun peserta. Beragam konsep, hasil pemikiran, dan hasil riset tentang teknologi akan disajikan dan dibahas pada Seminar Nasional ini.

Sebagai sebuah forum ilmiah, seminar ini diharapkan menjadi media diseminasi informasi hasil penelitian dan perkembangan mutakhir antar pihak dengan berbagai latar belakang, mulai dari kalangan perguruan tinggi, lembaga penelitian, pemerintah/pengambil kebijakan, dan pihak industri. Diskusi antarpihak dengan berbagai perspektif ini diharapkan dapat memperluas social networking dan menghadirkan visualisasi yang lebih lengkap atas berbagai perkembangan penelitian di bidang teknologi industri, dan pada gilirannya diharapkan dapat memberikan kontribusi bagi perkembangan teknologi dan pemanfaatannya di Indonesia.

Atas nama Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, saya menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah berkontribusi atas terselenggaranya Seminar Nasional Teknoin 2012 ini. Seminar ini dapat berlangsung karena usaha terbaik dari panitia pelaksana.

Akhir kata, selamat berseminar.
Wassalamu'alaikum warahmatullah wabarakatuh

Dekan,

Ir. Gumbolo Hadi Susanto, M.Sc.

Adv:
fund
custo
servi
custo

How
conc
role
prod
conc
one
man
As a
to in

Rec
inv
estal
poss
fron
read
con:
also

Pres
inv
algc
rapi
inte
pho
tech
ima
has
con
ima
con

Cor
dev
con
ma
dev
des
prii

Executive Summary of Keynote Speech

Manufacturing Technology Development for Customer Involvement in Value Creation

Assoc. Prof. Dr. Pisut Koomsap
A-Cube Research Group,
Industrial and Manufacturing Engineering,
School of Engineering and Technology,
Asian Institute of Technology,
Km. 42 Paholyothin Rd. Klong Luang, Pathumthani 12120, Thailand,
Tel: (662) 524-5678; Fax: (662) 524-5697; Email: pisut@ait.ac.th

Advancement of technology has opened up a competitive market that led to the change of product development fundamental from manufacturer-oriented to customer-oriented. The competitive environment has powered customers to demand for better responsiveness, and has forced manufacturers to timely deliver quality products and service to satisfy customer expectations. Design of manufacturer in the early days has been replaced by design for customer at the present time.

However, customer involvement has been limited to expressing their voices until the debut of mass customization concept which each product is aimed to be made to meet a specific customer's need. Customers can take a proactive role in their needs and negotiate to meet their requirements. Manufacturers allow them to involve reconfiguring products during assembly stage. They can mix and match parts to form their own products. Nevertheless, the concept has some limitations when it comes down to implementation. To serve individual needs that quite vary from one person to another, exponential increase of variety will occur and lead to high cost and long lead time. With rigid manufacturing system, manufacturers are required to build up the inventory of variety of components to be ready. As a result, mass customization, in practice, remains at a group of customers with similar preference, not yet reached to individual customer.

Recently, we have proposed design by customer concept to satisfy individual customers by letting them to flexibly involve in defining product of their personal requirements at any stages of value chain, and framework has been established to assist manufacturers on realizing the concept. To encourage customer involvement, maximum possible channels in the value chain should be opened for ease of access, but the level of involvement that can vary from design from scratch to select available items is depended upon customer's interests as well as manufacturer's readiness. Therefore, product attribute analysis that takes key customer needs, manufacturer's capability and constraints has been developed as a tool for determining the level of involvement, and crowd screening process has also been introduced to manage product variety.

Presented in this talk is our ongoing research on manufacturing technology development to support customer involvement in design by customer concept. The research includes the development of hardware, software, algorithm, and their integration to form an intelligent manufacturing system that allows manufacturers to respond rapidly to individual customers. The system is customer-oriented. It has been developed to accommodate customer interest which maybe expressed in various formats such as CAD model, drawing, physical object, sketch or photograph. The system composes of three parts: input transformation, toolpath generation and fabrication technology, and can serve both 2D and 3D applications. It transforms these inputs to be a general form of contour images for 2D product or a stack of contour images for 3D product. Topological hierarchy contour tracing algorithm has been developed for automatic toolpath generation. This algorithm can trace a set of one-pixel wide closed contours that may appear as nested contours, interconnected contours or their combination. It is applied on the images to obtain coordinates on all contours. The ordered sequences of coordinates are then used to generate commands for fabrication a product.

Contour cutting and screen printing are examples of 2D application. Zero G-code two axes servo table has been developed for abrasive waterjet machining. It allows inexperience users to complete cutting any complicated contours in very short period of time without writing a single G-code. Its integration with contour tracing algorithm makes it possible for rapid contour cutting from a contour image. Multi-color screen printing system has also been developed to illustrate design by customer concept. The system is capable of creating screen quickly from customer design and used on a flat screen printing machine that is capable of adjusting screen automatically for multi-color printing.

Additive manufacturing has been our focus on 3D application. A few rapid prototyping techniques have been developed in house. Direct slicing approach has been researched for transforming 3D CAD model to be a stack of contours. However, it is quite often that customers do not come with 3D CAD models; instead they may bring physical objects, or rough sketches. Therefore, interfacing between rapid prototyping (RP) with reverse engineering (RE), geometric reconstruction (GR), and 3D sketch-based modeling have been researched also to transform rapidly those inputs to be physical prototypes.

For RE-RP interface, unlike all existing interface approaches which acquire entire surface data from an object and perform data reduction, our adaptive reverse engineering acquires data selectively and locally layer by layer according to the complexity of the object. Structure light system has been applied to induce feature on the object surface to appear explicitly for selective data acquisition algorithm that applies image processing to analyze the complexity of the object before recommending the scanning positions. The output is a stack of contours that can be used directly for toolpath generation. Similarly, GR-RP interface has been developed for direct fabrication of a physical prototype from an orthographic views drawing without reconstruction of its 3D CAD model. This success has led us to another development on direct fabrication of a prototype from a paper-based freehand sketch which is a natural communication channel used for expressing idea.

In conclusion, several manufacturing technologies have been being developed to support customer involvement in our design by customer concept but the development has not been completed yet. There is still big room for improvement to make these technologies more robust. Also, full implementation of design by customer is still waiting to be explored.

01

02

03

04

05

06

07

08

09

Daftar Isi

	Organisasi Penyelenggara	i
	Kata Pengantar	iii
	Sambutan Dekan FTI UH	v
	Keynote Speaker:	vii
	Judul:	
	Daftar Isi	ix
	 Makalah Bidang Teknik Mesin	 E-1
01	Rangkaian Driver Terisolasi untuk Solenoid Valve, High Pressure Pump, dan Injector untuk Aplikasi Sistem Injeksi pada Motor Bakar	E-3
	Aam Muharam , Kristian Ismail	
02	Perancangan Alat Bantu Pada Pembuatan Tin Ball19 Untuk Industri Timah ..	E-11
	Achmad Sambas, M.T., Oyok Yudiyanto, MT	
03	Pengaruh Kedalaman Potong terhadap Batas Stabilitas Chatter pada Proses Bubut Arah Putaran Spindle Clockwise dan Counter Clockwise	E-17
	Agus Susanto	
04	Studi Eksperimen Penentuan Batas Stabilitas Chatter pada Proses Bubut Arah Putaran Spindle Counter Clockwise	E-25
	Agus Susanto	
05	Perancangan dan Pembuatan Load Cell Untuk Alat Uji Tekan, Bending dan Geser Sampel Blok Rem Komposit Kereta Api	E-33
	Agus Triono, IGN Wiratmaja Puja, Satryo Soemantri B.	
06	Perancangan Dan Pengujian Piranti Keselamatan Berkendara "Impact Attenuator" Pada Mobil Student Formula 600 Cc "Bimasakti-Ugm"	E-41
	Akmal Irfan Majid, Ahmad Ghazi Arijuddin, Budi Santoso, IGB Budi Dharma	
07	Optimasi Proses Pembakaran Motor Diesel Berbahan Bakar Ganda Solar-Bioethanol dengan Metode Response Surface	E-49
	Arifin Nur, Yanuandri Putrasari, Aam Muharam	
08	Modifikasi Dan Peningkatan Efisiensi Kincir Air Overshot Dengan Nozzle Ganda Sistem Pompa Hydram	E-57
	Bagus Wahyudi, Akhmad Faizin, Suyanta	
09	Pengaruh Waktu dan Temperatur Karbusasi Baja Karbon Rendah dengan Media Arang Batok Kelapa (Effect of Time and Temperature Carburizing of Low Carbon Steel with Coconut Charcoal media)	E-63
	Bukti Tarigan , Agus Sentana	

10	Besi Cor Bergrafit Bulat Silicon Tinggi Sebagai Material Tahan Temperatur Tinggi Alternatif Darma Firmansyah Undayat, MT.	E-73	23
11	Analisa Paduan Alumunium sebagai Anoda Korban untuk Mereduksi Laju Korosi di Lambung Kapal	E-79	24
	Eko Julianto Sasono, Seno Darmanto, Bayuseno, Edy Supriyo		
12	Kajian Kinerja Serapan Bising Sel Akustik dari Bahan Kayu Olahan (Engineering Wood)	E-85	25
	Ferriawan Yudhanto		
13	Pengaruh Peningkatan Yield Terhadap Pembentukan Cacat Berdasarkan Kriteria Niyama pada Pengecoran Cetakan Pasir	E-93	26
	Giri Wahyu Alam, I Nyoman Jujur dan Bambang Suharno		
14	Pengaruh Putaran Pengadukan, Temperatur, Waktu Terhadap Reaksi Transesterifikasi pada Produksi Biodiesel dari Minyak Jelantah	E-101	27
	Hanric Muharka, Sadar Wahjudi		
15	Pengaruh Penambahan Tabung Udara pada Intake Manifold Sepeda Motor 4 Langkah terhadap Daya Mesin	E-109	28
	Harjono, Greg. Sukartono		
16	Rancangan Welding Fixture Pembuatan Rangka Produk Kursi	E-115	29
	Hendro Prassetiyo, Rspianda, Irvan Rinaldi Ramdhan		
17	Mesin Pencacah Jerami Sistem Multi Pisau Bersilang Kapasitas 300 Kg/Jam ..	E-125	30
	Ireng Sigit Atmanto, Bambang Setyoko		
18	Komposit Elektrolit SDC-(Li/Na)2CO3 untuk Solid Oxide Fuel Cell Bersuhu Rendah dengan Metode Pressureless Sintering	E-131	31
	Jarot Raharjo, Agustanhakri Bakri		
19	Pengaruh Variasi Arus Listrik Terhadap Kekerasan Permukaan Logam Aluminium 5XXX pada Proses Anodising	E-139	32
	Mohammad Faizun , Anang Priyanto		
20	Metoda Turbulence Flow Casting Pada Paduan Aluminium Adc 12	E-145	33
	Muhammad Nahrowi		
21	Perancangan Coran dengan Menggunakan Software Simulasi pada Studi Kasus Scraper Chain	E-155	34
	Oyok Yudiyanto		
22	Sistem Pengukuran Regangan Kantilever Menggunakan Serat Berkisi Bragg dan Laser Mampu Tala Untuk Deteksi Pergerakan Tanah	E-165	35
	Prabowo P., Hendra A., Nursidik Y., Suryadi, Ita N. Afni		

E-73	23 Variasi Tekanan Dan Tebal Cetakan Terhadap Kekasaran Permukaan Pada <i>High Pressure Die Casting</i> (HPDC) Paduan Al – Si	E-173
	Purnomo dan Dwi Khususna	
E-79	24 Pengaruh Besar Arus Listrik Dan Tegangan Terhadap Kekasaran Permukaan Benda Kerja Pada <i>Electrical Discharge Machining</i> (EDM) Dengan Metode <i>Respon Surface</i>	E-179
	Purnomo, Efrita AZ, Edi Suryanto	
E-85	25 Perbandingan Proses Penghilangan Unsur Minor Dalam Larutan Natrium Silikat Antara Karbon Aktif dan Ion Exchange	E-183
	Raharjo Binudi, Eko Sulistiyono, Iwan Dwi Antoro, F.Firdiyono dan Agus Budi Prasetyo	
E-93	26 Peningkatan Kadar Bijih Besi Non Magnetik dengan Wet Magnetic Separator ..	E-187
	Rahardjo Binudi	
E-101	27 Penerapan Desain Eksperimental Campuran Bahan Bakar Solar dan Waste Tire Oil Terhadap Kepekatan Emisi Gas Buang Pada Mesin Diesel Shanghai ..	E-191
	Agus Miftahusholeh, Saufik Luthfianto, Mustaqim	
E-109	28 Pembuatan Keramik Yang Memiliki Sifat Logam	E-197
	Solihin	
E-115	29 Ekstraksi Tungsten Dengan Teknik Mekanokimia	E-203
	Solihin	
E-125	30 Prospek Pembuatan Nickel Pig Iron Di Indonesia	E-207
	Solihin	
E-131	31 Konversi Panas Buang di Exhaust Pipe Sepeda Motor Menjadi Energi Listrik Menggunakan Generator Thermoelektrik	E-211
	Sugiyanto, S.T., M.Eng. dan Isworo Djati, S.T.	
E-139	32 Potensi Vertical Axis Wind Turbine (VAWT) Tipe <i>Savonius</i> Sebagai Alternative Pembangkitan Listrik Tenaga Angin	E-217
	Sugiyanto, S.T., M.Eng.	
E-145	33 Rancang Bangun Mesin Pengupas Lada untuk Meningkatkan Efisiensi Waktu Pengupasan Lada	E-225
	Sukanto, Robert Napitupulu, Ilham Ary Wahyudie, Budi Tjahyono	
E-155	34 Pengaruh Ukuran Butir Granit Dan Komposisi Berat Epoxy Pada Sifat Mekanik Komposit Matriks Polimer Granit-Epoxy	E-231
	Suryo Darmo	
E-165	35 Kaji Eksperimental Efek EGR Terhadap Performa Mesin Diesel Direct Injection Menggunakan Campuran Bahan Bakar Diesel dan Metanol	E-237
	Stefan Mardikus, Jhonni Rentas Duling, Syaiful	

- 36 **Kaji Eksperimental Efek Egr Terhadap Performa Mesin Diesel Direct Injection Menggunakan Bahan Bakar Campuran Biosolar dan Biodiesel Jatropha** E-243
Jhonni Rentas Duling, Stefan Mardikus, Syaiful
- 37 **Persiapan Produksi Mobil Pedesaan Berbasis Ikm (Preparation of Rural Vehicle Productions Small Medium Enterprise Based)** E-249
Agus Sentana, Bukti Tarigan, dan Farid Rizayana Mulia

243
249

Makalah
Bidang Teknik Mesin

Seminar Nasional Teknoin 2012

“Pengembangan Teknologi Manufaktur untuk Menunjang Penguatan Daya
Saing Bangsa”

Yogyakarta, 10 November 2012

Metoda Turbulence Flow Casting Pada Paduan Aluminium Adc 12

Muhammad Nahrowi

Dosen Teknik Pengecoran Logam Politeknik Manufaktur Bandung.
Jl. Kanayakan 21 Dago Bandung
Telp. 022 2500241 ext 144
Email : mnahrowi@gmail.com

Abstrak

Metoda *Turbulence Flow Casting* (TFC) adalah metoda baru dalam proses pengelasan yang menggabungkan antara proses pengecoran dan pengelasan. Pengembangan metoda ini telah berhasil memperbaiki cacat permukaan pada komponen yang terbuat dari besi cor kelabu dan baja chrom dengan kualitas sambungan yang baik dan memiliki sifat menyerupai sifat logam induknya. Untuk mengetahui penerapan metoda TFC pada komponen yang terbuat dari aluminium maka dilakukan eksperimen pada spesimen ADC 12.

Syarat utama metoda TFC adalah aliran logam cair harus turbulen. Pada eksperimen ini digunakan aliran turbulen dengan bilangan *Reynold* 11150. Parameter proses dihitung dengan analisa dimensional untuk perpindahan panas yang menghubungkan sifat-sifat fisik Al dan karakteristik aliran. Parameter lainnya adalah disain sistem saluran dan waktu tuang disesuaikan dengan eksperimen TFC pada penelitian sebelumnya.

Hasil eksperimen TFC pada spesimen paduan aluminium ADC 12 menunjukkan keserupaan struktur mikro dan kekerasan antara daerah *fusion line*, *weld pool* dan logam induk. Sehingga dapat disimpulkan bahwa metoda TFC dapat diterapkan pada ADC 12.

Keywords: *Turbulence Flow Casting* (TFC), pengecoran (*casting*), pengelasan (*welding*), *fusion line*, *weld pool*, logam induk, ADC 12, cacat permukaan.

Pendahuluan

Latar Belakang

Turbulence flow casting (TFC) adalah suatu metoda baru di bidang pengelasan. Metode ini telah berhasil diterapkan untuk memperbaiki cacat atau kerusakan yang terjadi pada permukaan komponen yang terbuat dari logam *ferro* (baja dan besi cor). Komponen hasil perbaikan seperti layaknya komponen baru tanpa ada penggetasan pada *fusion line* maupun pada logam las (*weld pool*). Hal ini bertentangan dengan proses perbaikan yang dilakukan menggunakan metode pengelasan umum.

Metoda TFC ini belum pernah diterapkan untuk perbaikan cacat permukaan pada komponen yang terbuat dari aluminium dan tembaga. Keunggulan metoda TFC tersebut di ataslah yang mendasari untuk dilakukan penelitian tentang metode TFC pada aluminium yang diwakili oleh paduan Aluminium-Silikon dengan komposisi Si 11,79% (ADC 12).

Ruang Lingkup Kajian

Kajian dalam penelitian ini dibatasi pada eksperimen TFC dengan material paduan ADC 12 yang dibuat dengan cara pengecoran dan pengujian kualitas sambungan las yang dihasilkan.

Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah mendapatkan sambungan las yang kuat dan memiliki sifat yang sama atau menyerupai antara logam las (*weld pool*) dan logam induk dengan cara TFC serta mengetahui karakteristik TFC pada ADC 12.

Cara Memperoleh Data

Data-data yang dibutuhkan diperoleh dengan pengukuran langsung di lapangan dan pengujian di laboratorium. Sedangkan data pendukung diperoleh dengan studi kepustakaan (literatur).

Dasar Teori

Pengelasan Aluminium

Aluminium dapat dilakukan proses pengelasan dengan terbatas, baik jenis paduan yang dapat dilas maupun metode yang dapat diterapkannya. Metode pengelasan aluminium yang sering digunakan adalah *Gas Tungsten Arc Welding* (GTAW) atau las TIG dan *Gas Metal Arc Welding* (GMAW) atau las MIG.

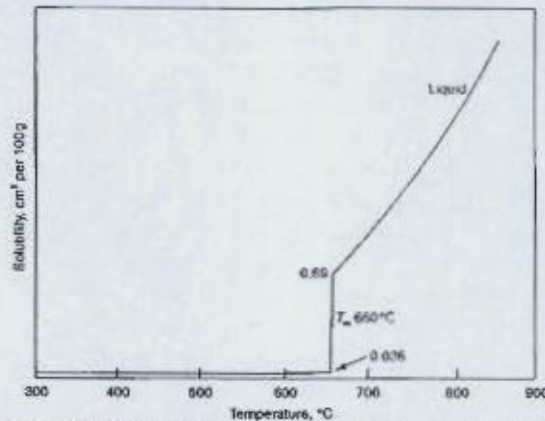
Permasalahan Dalam Pengelasan Aluminium

Tidak seperti proses pengelasan baja, pengelasan aluminium memiliki banyak kendala yang harus diatasi. Kendala atau permasalahan yang sering dialami ketika mengelas aluminium adalah sebagai berikut:

1. Terbentuk pori atau rongga mikro (*gas porosity / hydrogen entrapment*).

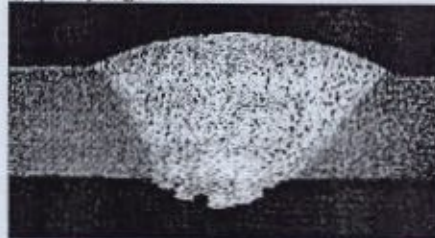
Pada kondisi cair aluminium reaktif terhadap uap air (H_2O). Aluminium berikatan dengan oksigen yang terdapat pada uap air membentuk oksida (Al_2O_3) dan terapung pada permukaan cairan aluminium. Hidrogen terlepas dari air dan membentuk gas hidrogen (H_2). Sebagian molekul H_2 lepas ke atmosfer dan sebagian lagi terdisosiasi menjadi atom-atom hidrogen dan berdifusi ke dalam cairan aluminium. Tingkat kelarutan hidrogen dalam cairan aluminium meningkat seiring dengan naiknya temperatur.

Ketika proses pembekuan hidrogen yang larut terjebak dalam padatan aluminium dan membentuk rongga-rongga mikro. Kondisi ini sangat tidak diinginkan pada pengelasan aluminium. Pada grafik terlihat kenaikan tingkat kelarutan hidrogen sangat drastis pada titik cairnya, kenaikannya hingga hampir 20 kalinya.



Gambar 2. 2. Grafik tingkat kelarutan gas hidrogen dalam padatan dan cairan aluminium.^[5]

Pori yang terbentuk dapat diminimalisir dengan penggunaan bahan pengisi yang sejenis dengan logam induknya. Jika digunakan logam pengisi yang tidak sejenis akan meningkatkan jumlah pori karena adanya kontaminasi dari kawat logam pengisi. Hal lain yang dapat dilakukan adalah menghilangkan zat-zat penghasil hidrogen baik yang berbentuk zat organik seperti minyak maupun yang berbentuk uap. Di samping itu penggunaan gas pelindung yang memiliki kemurnian yang tinggi dapat mengurangi pori yang terbentuk.



Gambar 2. 3. Pori yang terbentuk pada pengelasan aluminium 6 mm menggunakan TIG.^[5]

2. Pembersihan lapisan oksida

Oksida aluminium (Al_2O_3) sangat cepat sekali terbentuk pada permukaan logam aluminium yang terekspos ke udara. Umumnya oksida logam memiliki titik cair yang hampir berdekatan dengan titik cair logam induknya. Untuk kasus aluminium, oksidanya memiliki titik cair yang tinggi (2060 °C) dibandingkan dengan aluminium murni (660 °C).

Ketika dilakukan pengelasan oksida logam lain akan cair dan mengapung pada weld pool membentuk terak (*slag*). Sementara untuk pengelasan aluminium jika temperaturnya lebih rendah dari titik cair oksidanya, tidak akan menghancurkan oksida sehingga oksida akan menjadi penghalang antara logam induk dengan logam pengisinya. Sebaliknya jika temperaturnya lebih tinggi dari titik cair oksidanya maka akan terbentuk HAZ (*Heat Affected Zone*) yang luas dan penetrasi panas yang dalam dan memungkinkan logam induk cair hingga terbentuk lubang dan cairan jatuh menetes (*hot tearing*).

Retak pan
Alumini
perbedaan ya
membentuk :
pertumbuhan
pertumbuhan
mengalami te

Penurunan
Sebagian
pengerjaan di
banded struc
membentukan
Ketika c
presipitat di d
membentuk bi

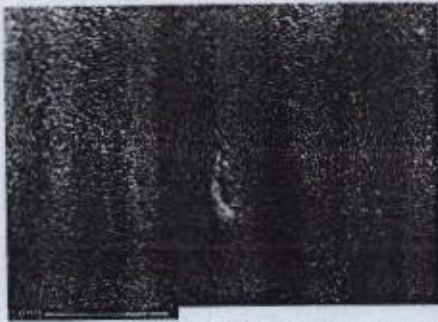
Turbulence
Metode :
lelabu dan di
permukaan de
membedakan j
terbuang.
Benda at
rongga cacat.
sebagai weld j
metoda TFC d



Gambar 2. 4. Lapisan oksida yang terjebak antara logam induk dan bahan pengisi.^[4]

3. Retak panas atau hot cracking

Aluminium memiliki koefisien muai panas yang tinggi. Pada kondisi cair volumenya akan lebih besar dengan perbedaan yang cukup signifikan. Pada saat pembekuan bagian garis fusi (*fusion line*) membeku terlebih dahulu membentuk struktur epitaxial. Butir ini tumbuh memanjang mengarah ke tengah-tengah *weld pool*. Selama pertumbuhan butir atom-atom logam pada tengah-tengah *weld pool* bergerak tertarik menuju ke tepi (*fusion line*). Pertumbuhan butir ini diiringi dengan turunnya temperatur dan penyusutan logam cair. Hal ini berakibat pada *weld pool* mengalami tegangan sehingga terbentuk retak (*crack*) memanjang.



Gambar 2. 5. Retak panas yang terjadi pada sambungan las aluminium.^[5]

4. Penurunan kekuatan pada HAZ

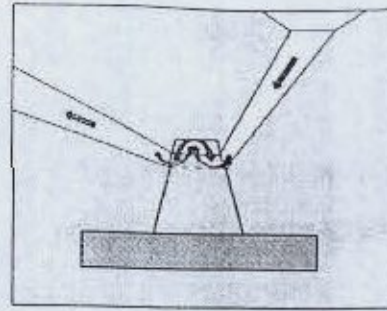
Sebagian paduan aluminium merupakan produk hasil proses pengerjaan dingin dan proses laku panas. Proses pengerjaan dingin dilakukan untuk meningkatkan kekuatan melalui pembentukan struktur yang menyerupai serat (*banded structure*) pada aluminium, sedangkan proses perlakuan panas dilakukan untuk meningkatkan kekuatan melalui pembentukan presipitat senyawa logam di dalam butiran larutan padat aluminium.

Ketika dilakukan pengelasan, pemberian panas pada aluminium akan menghancurkan *banded structure* dan presipitat di daerah HAZ pada paduan aluminium. Panas ini memberi kesempatan atom-atom mengalami rekristalisasi membentuk butiran equiaxial baru yang lebih lunak.

Turbulence Flow Casting

Metode *Turbulence flow casting* (TFC) dikembangkan oleh Muki Satya Permana (2007) dengan bahan besi cor kelabu dan dilanjutkan oleh Sutarso (2008) dengan bahan baja chrom. Metoda ini digunakan untuk perbaikan cacat permukaan dengan cara menuangkan logam pengisi ke bagian yang cacat, mirip dengan proses pengecoran. Yang membedakan pada proses ini cairan logam yang masuk ke dalam cetakan dibiarkan keluar sehingga sebagian logam cair terbuang.

Benda atau spesimen yang akan diperbaiki ditanam di dalam cetakan pasir dan logam cair dialirkan ke dalam rongga cacat. Logam cair yang tersisa dalam cetakan dan membeku pada bagian benda yang cacat dan dianggap sebagai *weld pool*. Inilah produk dari proses TFC yang dimaksud. Sketsa proses perbaikan cacat permukaan dengan metoda TFC ditunjukkan pada gambar 2.5.



Gambar 2. 6. Skema proses TFC.^[9]

Kelebihan-kelebihan metoda TFC lainnya adalah:

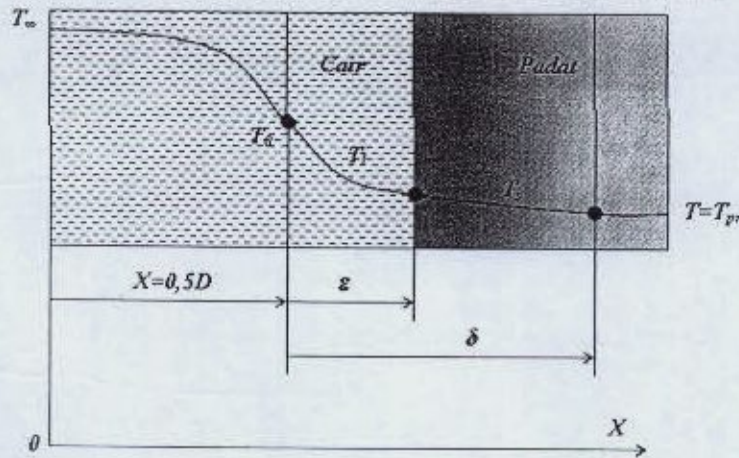
1. Logam pengisi sama dengan logam induk.
2. Tanpa porositas.
3. Logam induk yang mencair sangat tipis (*very thin layer of mixing*).
4. Kekuatan sambungan tinggi.
5. Tidak terjadi perbedaan tampilan setelah proses perbaikan.
6. Tidak diperlukan antioksidan.
7. Permukaan cacat "tidak perlu" dibersihkan dari kotoran, karat, air, atau minyak.
8. Peralatan relatif murah dan prosesnya sangat sederhana.
9. Tidak perlu keahlian khusus kecuali pada saat preparasi.

Kekurangan dari metoda ini adalah:

1. Metoda TFC sulit dilakukan untuk cacat pada komponen berukuran besar dan pada daerah-daerah yang terhalang
2. Untuk memperbaiki rongga cacat dibutuhkan logam cair yang jauh lebih banyak

Konsep Perpindahan panas pada TFC

Parameter-parameter yang berpengaruh dapat dikorelasikan satu dengan yang lainnya dengan konsep perpindahan panas dengan pendekatan dan asumsi bahwa perpindahan panas satu arah dan flux panas konstan.^[9]



Gambar 2.6. Distribusi Temperatur Proses Pembekuan Pada TFC.^[9]

Dengan menggunakan pendekatan analisa dimensional maka diperoleh hubungan

$$T_s = T_0 - \frac{h\epsilon}{k_f} (T_c - T_0) \left(\frac{x}{\epsilon} \right) + \left[- (T_0 - T_m) + \frac{h\epsilon}{k_f} (T_c - T_0) \right] \left(\frac{x}{\epsilon} \right)^2 \quad (1)$$

Sedangkan tempertur preheat diperoleh dengan persamaan berikut

$$T_{pr} = T_m - 1,0933 (T_c - T_m) \left[\frac{h^2 \alpha t}{k^2} \right]^{0,256} \quad (2)$$

Proses TF

Prosedu
1. Pengump
Sifat fis
panas jenis, t
2. Menentul
Parame
aluminium k

3. Persiapa
Pada e
pada spesim
logam induk

4. Pembu
Spesi
spesimen.
5. Penuan
Caira
Kontinuita
agar tidak
6. Pembe
Salut
dan logam
7. Pengu
Untu
mikro ya
dilakukan

Proses TFC Aluminium

Prosedur proses TFC yang dilakukan pada paduan aluminium ADC 12 meliputi hal-hal:

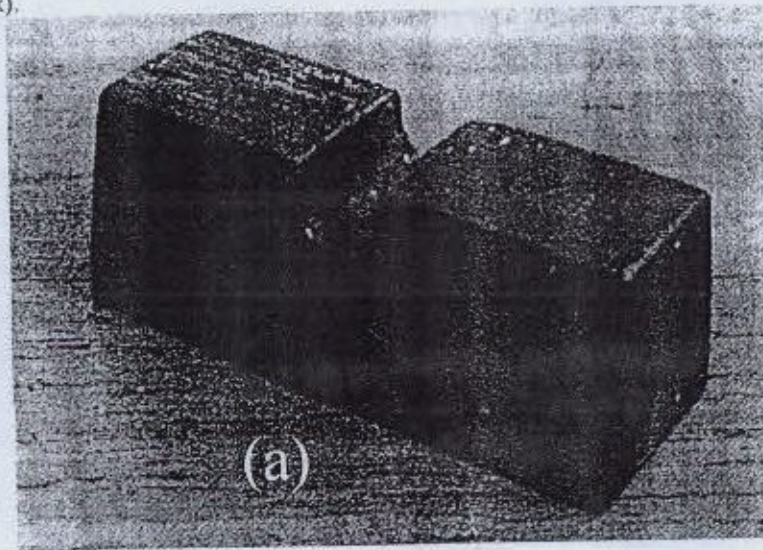
1. Pengumpulan data sifat fisik aluminium dan komposisi kimia spesimen.
Sifat fisik yang dibutuhkan dalam perhitungan adalah massa jenis cair, konduktivitas panas, koefisien konveksi, panas jenis, panas laten, viskositas, dan titik cair.
2. Menentukan parameter-parameter proses.
Parameter yang mempengaruhi hasil eksperimen diperoleh dari perhitungan dengan menggunakan data sifat fisik aluminium ke dalam persamaan di atas.

Tabel 3. 1. Parameter proses TFC paduan ADC 12

No	Parameter	Nilai	Satuan
1	Temperatur <i>pouring</i> (berdasarkan data material)	700	°C
2	Waktu tuang ⁽¹⁾	15	Detik
3	Temperatur <i>preheat</i> teoritik	-156	°C
4	Temperatur <i>preheat</i> (real)	30	°C
5	Kedalaman penetrasi	0,13	mm
6	Tebal fusi logam induk	0,06	mm

3. Persiapan spesimen atau komponen.

Pada eksperimen ini digunakan spesimen berbentuk balok beralur seperti pada gambar 3.1. Alur yang terdapat pada spesimen dianggap sebagai cacat (*defect*). Alur ini akan diisi oleh cairan Al hingga cairan Al bersatu (*fusi*) dengan logam induknya (balok).



Gambar 3. 2. Bentuk spesimen uji TFC.

4. Pembuatan cetakan.

Spesimen ditanam dalam cetakan pasir dan dibuatkan sistem saluran untuk mengalirkan cairan aluminium melalui spesimen. Ilustrasi cetakan seperti gambar 2.5.

5. Penuangan cairan logam pengisi.

Cairan Al dituangkan ke cetakan dan mengalir melalui spesimen dengan waktu penuangan yang telah ditetapkan. Kontinuitas aliran cairan Al harus dijaga agar tidak terjadi penyumbatan. Di samping itu temperatur cairan harus dijaga agar tidak turun drastis. Hal ini dimaksudkan agar fluks panas yang mengalir ke spesimen selalu konstan (*steady*).

6. Pembersihan spesimen dari gating sistem.

Saluran masuk dan keluar serta sirip-sirip yang terbentuk pada saat penuangan dibuang sehingga tersisa spesimen dan logam pengisi yang menempel pada spesimen

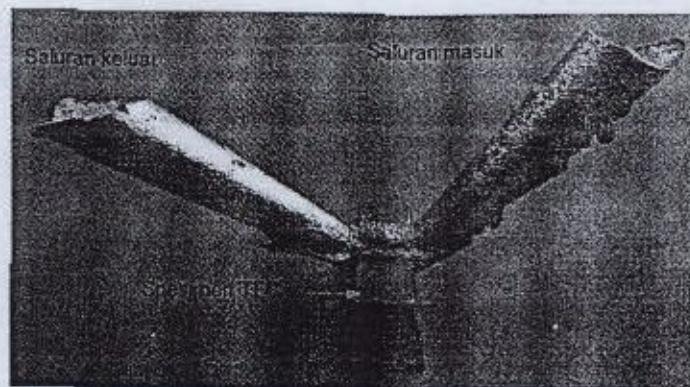
7. Pengujian struktur mikro dan kekerasan.

Untuk mengetahui kualitas sambungan dilakukan pengujian. Pengujian struktur mikro untuk menampilkan struktur mikro yang terbentuk dan memastikan bahwa sambungan terjadi secara ikatan metalurgi. Pengujian kekerasan dilakukan untuk mengetahui kekuatan hasil sambungan.

Hasil Penelitian dan Analisa

Hasil Eksperimen TFC

Eksperimen TFC untuk aluminium ADC 12 dilakukan dengan memvariasikan waktu penuangan 5 detik, 10 detik, dan 15 detik. Variasi lain adalah proses degassing dengan waktu tuang 15 detik. Eksperimen dengan waktu penuangan 5 dan 10 detik tidak menghasilkan sambungan. Bagian lasan lepas dari logam induknya ketika dilakukan pembersihan spesimen dari pasir cetak. Pada eksperimen 15 detik menghasilkan sambungan pada rongga cacat yang diperbaiki. Spesimen yang berhasil pada proses TFC tapi belum dibersihkan dari saluran masuk dan saluran keluar seperti gambar 4.1.



Gambar 4. 1. Spesimen hasil TFC aluminium dengan sistem salurannya.

Analisa Hasil Eksperimen TFC

Dilihat dari pengamatan secara kasat mata, spesimen (logam induk) ikut mencair pada bagian *fusion linenya*. Logam pengisi mengalami fusi dengan logam induknya. Spesimen sebelum dilakukan TFC memiliki permukaan yang *realtif halus*, karena telah *digerinda dan dikikir*. Setelah dilakukan TFC permukaan spesimen di sekitar rongga cacat mengalami degradasi. Ini diakibatkan oleh panas yang diserap dari logam cair tinggi dan cukup untuk melelehkan permukaan tersebut.

Untuk menghindari kerusakan permukaan spesimen telah dicoba dengan mengurangi panas dengan jalan mempersingkat waktu penuangan. Dengan penuangan selama 5 detik dan 10 detik permukaan tidak mengalami kerusakan, akan tetapi tidak menghasilkan sambungan (gagal). *Weld pool* terlepas dari logam induk ketika pembongkaran cetakan.

Untuk mengetahui perbandingan sifat-sifat antara logam sambungan dengan logam induk, maka dilakukan analisa hasil uji struktur mikro dan uji keras terhadap spesimen dengan waktu penuangan 15 detik.

Analisa Struktur Mikro

Eksperimen I

Eksperimen I dilakukan dengan parameter praktis sebagai berikut:

- Waktu tuang : 15 detik
- Waktu tunggu : 1 jam
- Degassing logam : Rotary, hembusan Argon pada induk (BM) krusibel selama 30 menit.
- Degassing logam : Rotary, hembusan Argon pada pengisi (FM) krusibel selama 30 menit.
- Massa FM : 1,9 kg

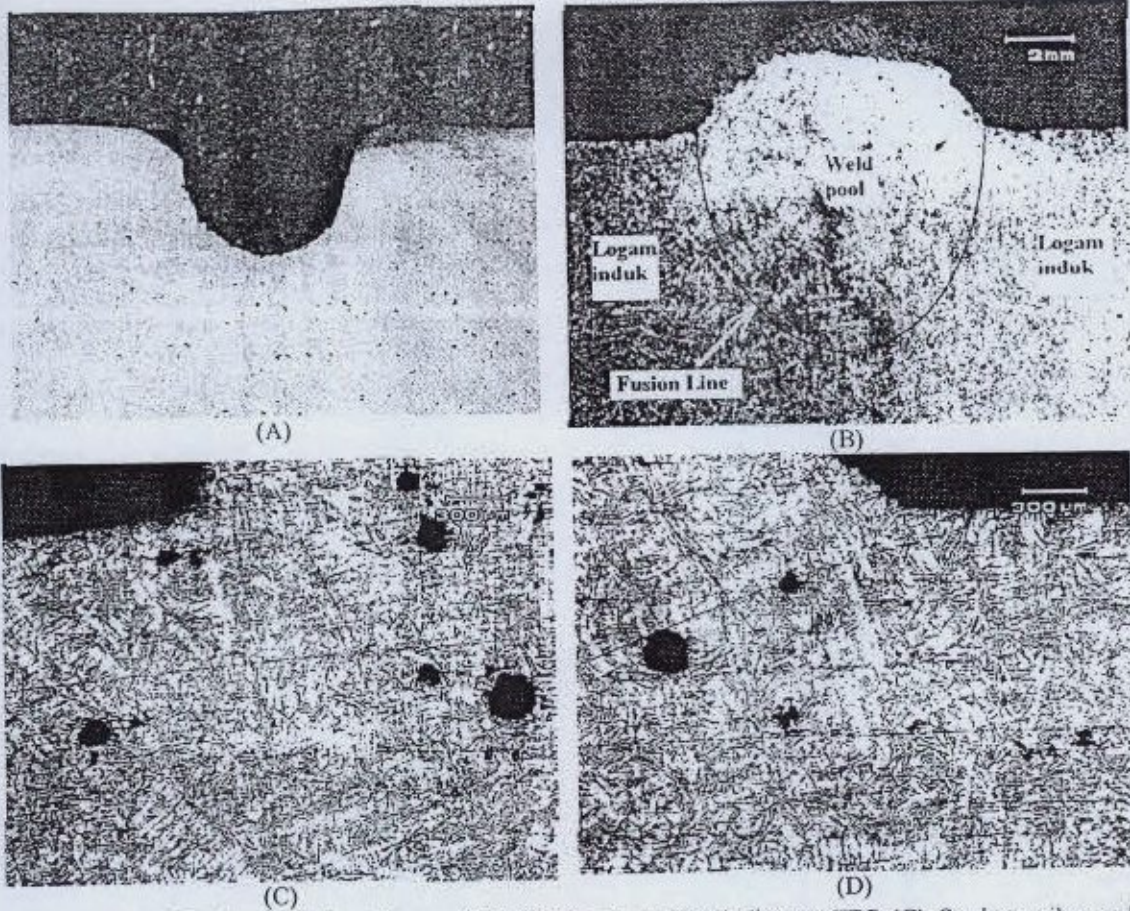
Eksperimen I menghasilkan sambungan antara logam induk dengan logam pengisi seperti pada gambar 4.2.

Gambar 4.
d

Kualitas San

Dari gar adalah proses induk, *weld p* keserupaan tei

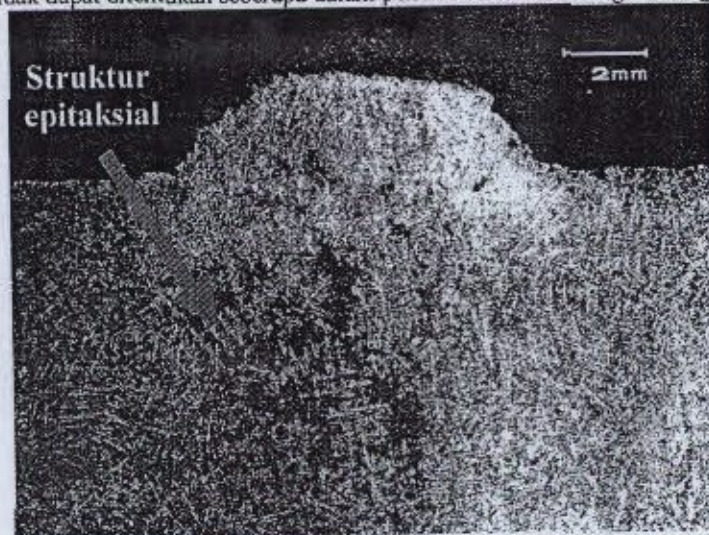
Gambar 4. 2



Gambar 4. 2. (A). Spesimen sebelum diproses TFC. (B) Spesimen setelah diproses TFC. (C). Struktur mikro pada daerah *fusion line* kiri. (D). Struktur mikro pada daerah sekitar *fusion line* kanan. Tanpa dietsa.

Kualitas Sambungan

Dari gambar struktur mikro spesimen (Gambar 4.2) dapat dianalisa bahwa proses penyambungan yang terjadi adalah proses fusi atau terjadi ikatan metalurgi. Proses fusi ditandai dengan serupanya struktur mikro (fasa) pada logam induk, *weld pool* dan daerah *fusion line* dan tidak adanya daerah *interface* antara logam induk dan *weld pool*. Karena keserupaan tersebut maka tidak dapat ditentukan seberapa dalam penetrasi fusi cairan logam dengan logam induknya.



Gambar 4. 3 Struktur epitaksial yang tumbuh memanjang ke arah pusat *weld pool*. Dietsa dengan larutan campuran antara 25% H_2SO_4 , 70% H_3PO_4 , dan 5% HNO_3 pada temperatur 85 °C selama 90 detik

Ikatan metalurgi yang terjadi juga ditandai dengan terbentuknya butiran struktur epitaksial yang berawal dari *fusion line* dan tumbuh memanjang ke arah pusat *weld pool*, seperti terlihat pada gambar 4.3. Struktur ini merupakan struktur khas hasil pengelasan.

Pada *weld pool* tidak terbentuk retak panas (*crack*). Pengaliran cairan logam melalui saluran dan penambahan bagian aliran turbulen memungkinkan bagian tersebut dapat berfungsi sebagai penambah (*riser*) yang mensuplai cairan logam ke *weld pool* yang mengalami susut selama proses solidifikasi.

Porositas

Dari gambar 4.2 dan 4.3 terlihat masih ada rongga gas yang disebabkan oleh terjebakny gas pada saat pembekuan. Rongga-rongga tersebut terjadi pada logam induk dan *weld pool*. Ini disebabkan oleh kurang sempurnanya proses *degassing*.

Dua hal yang menyebabkan proses *degassing* kurang sempurna. Pertama, penggunaan bahan cetakan pasir. Walaupun menggunakan bahan cetakan berpengikat resin, akan tetapi pasirnya tidak kering 100%. Kandungan air dalam pasir menyebabkan terjadi reaksi antara cairan aluminium dengan air dan menyisakan gas yang terjebak di dalam logam padat.

Kedua, penggunaan *return scrap* yang terlalu banyak. *Return scrap* sudah terkontaminasi oleh zat-zat penghasil hidrogen seperti air dan minyak. Idealnya untuk mendapatkan coran aluminium yang bersih dari pori diperoleh dengan melebur aluminium *ingot* 100% kemudian *idegassing* dengan hembusan gas Argon. Akan tetapi komposisi tersebut tidak ekonomis mengingat harga *ingot* jauh lebih mahal dari pada *return scrap*.

Pada tataran praktis *return scrap* yang diijinkan maksimum sebanyak 30%.

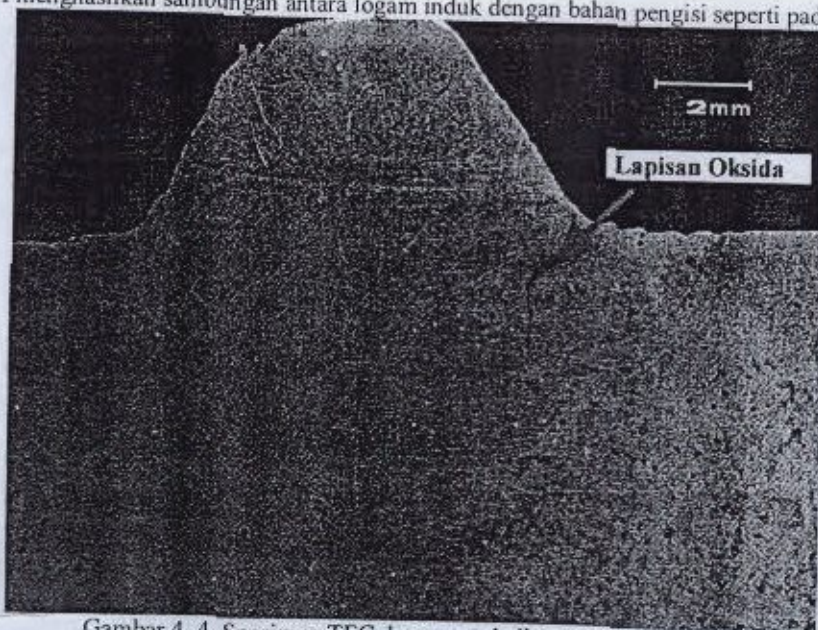
Eksperimen II

Eksperimen I dilakukan dengan parameter praktis sebagai berikut:

- Waktu tuang : 15 detik
- Waktu tunggu : 24 jam
- Degassing BM : Rotary, hembusan Argon pada krusibel selama 30 menit.
- Degassing FM : Rotary, hembusan gas Argon pada krusibel selama 30 menit. dan fluks chloride 0,2% ke cairan Al pada ladle.

Massa FM : 1,9 kg

Eksperimen II menghasilkan sambungan antara logam induk dengan bahan pengisi seperti pada gambar 4.4.



Gambar 4. 4. Spesimen TFC dengan perbaikan proses *degassing*.

Dari pengamatan, terlihat adanya perbedaan kualitas antara logam induk dengan *weld pool*. Oleh karenanya dapat diukur seberapa jauh kedalaman penetrasi cairan terhadap logam induk. Dari gambar 4.4 dapat diukur bahwa ketebalan fusi logam induk sebesar 2 mm.

Parameter praktis waktu tunggu yang lama (24 jam) menyebabkan terbentuknya lapisan oksida yang terjebak antara logam induk dengan bahan pengisi. Lapisan oksida ini terjadi di sepanjang *fusion line*. Dengan waktu penuangan selama 15 detik tidak cukup untuk menggerus dan mengalirkan oksida keluar dari rongga cacat. Dengan kata lain perlu

waktu pen
banyak
Deng
(pemberian

Analisa I

Hasil
Tabel 4. 1.

Dari
perbedaan
line, weld,
aluminium

Kesimpu

Sifat de
Kekuatan te
Dari hasil p
eksperimen.

Penge
mengandung
pada cairan
terbentuk pe
Denga
diperkirakan
Kesim
cacat permu

Daftar Pu

1. ASM Sp
2. H. Wiryi
3. Toten, C
ed.
4. Schumar
5. Mathers,
6. Brunhub
7. J.P. Holr
8. M.J. Ass
Akira, N
Liquid It
9. Muki Se
Kompom

waktu penuangan yang lebih lama untuk menggerus lapisan oksida. Pada akhirnya kebutuhan cairan logam akan lebih banyak.

Dengan mengkombinasikan parameter praktis waktu tunggu singkat (1 jam) dengan perbaikan proses *degassing* (pemberian fluks *degasser*) diperkirakan akan menghasilkan sambungan lasan TFC yang jauh lebih baik.

Analisa Hasil Uji Keras

Hasil uji kekerasan Rockwell terhadap spesimen eksperimen I TFC ditunjukkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Data hasil pengujian uji kekerasan Rockwell.

No.	I	II	III	Rata Rata	Deviasi
Posisi	(HRE)	(HRB)	(HRE)	(HRB)	(HRB)
Logam induk	49,1	47,2	42,5	46,3	3,4
Fusion line	45,6	47,0	47,0	46,5	0,8
Weld pool	45,9	42,5	47,0	45,1	2,3

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa harga kekerasan daerah *fusion line*, *weld pool* dan logam induk perbedaannya sangat kecil (tidak signifikan). Dengan demikian dapat dikatakan harga kekerasan pada daerah *fusion line*, *weld pool* dan logam induk adalah sama. Jadi dapat disimpulkan bahwa logam sambungan hasil proses TFC aluminium mempunyai kekuatan yang sama dengan logam induknya.

Kesimpulan

Sifat dan kekuatan logam hasil eksperimen TFC pada ADC 12 menyerupai sifat dan kekuatan logam induknya. Kekuatan tersebut dibuktikan dengan serupanya harga kekerasan pada daerah logam induk, *fusion line* dan *weld pool*. Dari hasil penelitian terdapat perbedaan ketebalan penetrasi dan fusi logam induk hasil perhitungan dengan hasil eksperimen. Untuk itu perlu penelitian lebih lanjut dan dilakukan modifikasi persamaan penentuan parameter.

Pengecoran aluminium dengan cetakan pasir cenderung menghasilkan coran berpori karena cetakan masih mengandung air. Pori yang terjadi dapat diminimalisir atau bahkan dihilangkan dengan perbaikan proses *degassing* pada cairan aluminium. Hal lain yaitu perlu dilakukan pembersihan spesimen dari kotoran, karat, minyak agar tidak terbentuk pori maupun oksida.

Dengan menggabungkan parameter praktis waktu tunggu dipersingkat dengan perbaikan proses *degassing* diperkirakan akan menghasilkan sambungan yang baik tanpa adanya oksida dan pori.

Kesimpulan akhir dari uraian di atas adalah bahwa metoda TFC dapat dijadikan alternatif untuk proses perbaikan cacat permukaan pada komponen yang terbuat dari aluminium yang diproduksi dengan proses pengecoran.

Daftar Pustaka

1. ASM Speciality Handbook (1993), *Aluminium and Aluminium Alloy*, ASM International.
2. H. Wiryosumarto & T. Okumura (2004), *Teknologi Pengelasan Logam*, PT. Pradnya Paramita, Cetakan kesembilan.
3. Toten, George E., & MacKenzie, D. Scott (2003), *Handbook of Aluminium vol. 1.*, Marcel Dekker, Inc., Basel, 10th ed.
4. Schumann, Hermann (1983), *Metallographie*, VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig.
5. Mathers, Gene (2002), *The Welding of Aluminium and Its Alloys*, Woodhead Publishing Ltd., Cambridge.
6. Brunhuber, Ernst (1987), *Giesserei Lexikon*, Fachverlag Schiele & Schon GmbH, Berlin.
7. J.P. Holman, *Heat Transfer*, McGraw-Hill Book Company, New York.
8. M.J. Assael & Konstantinos Kakosimos, R.M. Banish, J. Brillo & Ivan Egry, R. Brooks, P.N. Queded, K.C. Mills, Akira. N, Y. Sato, W.A. Wakeham (2006), *Reference Data for the Density and Viscosity of Liquid Aluminium and Liquid Iron*, Journal Physics
9. Muki Satya Permana (2007), *Metode Turbulence Flow Casting Untuk Memperbaiki Cacat Permukaan Pada Komponen Yang Terbuat Dari Besi Cor Kelabu*, Institut Teknologi Bandung, Bandung.