

PROSIDING



Seminar Nasional **10**
TEKNIK MESIN



“Meningkatkan Produktivitas dan Daya Saing Bangsa Melalui Penelitian dan Inovasi di Bidang Teknik Mesin”

Kamis, 13 Agustus 2015
Kampus Universitas Kristen Petra
Surabaya

Editor :
Willyanto Anggono.
Fandi D. Suprianto.
Oegik Soegihardjo.
Joni Dewanto.

Didukung oleh :



ASTRA Otoparts

PROSIDING SEMINAR NASIONAL TEKNIK MESIN 10

“Meningkatkan Produktivitas dan Daya Saing Bangsa Melalui Penelitian dan Inovasi di Bidang Teknik Mesin”

Hak Cipta @ 2015
Program Studi Teknik Mesin
Universitas Kristen Petra

Dilarang mereproduksi, mendistribusikan bagian dari publikasi ini dalam segala bentuk maupun media tanpa seijin Program Studi Teknik Mesin – Universitas Kristen Petra

Dipublikasikan dan didistribusikan oleh:
Program Studi Teknik Mesin
Universitas Kristen Petra,
Jl. Siwalankerto 121-131
Surabaya, 60236
INDONESIA

ISBN: 978-979-25-4419-0

REVIEWER

1. Prof. Dr. Ir. Djatmiko Ichsani, M.Eng.
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
2. Prof. Dr. Ir. Eddy Sumarno Siradj, M.Sc.
Universitas Indonesia
3. Prof. Ir. I.N.G. Wardana, M.Eng., PhD.
Universitas Brawijaya
4. Prof. Ir. I Nyoman Sutantra, M.Sc., PhD.
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
5. Prof. Dr.-Ing. Ir. Mulyadi Bur
Universitas Andalas
6. Prof. Dr. Ir. I Wajan Berata, DEA.
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
7. Prof. Dr. Ir. Yatna Yuwana Martawirya
Institut Teknologi Bandung
8. Prof. Dr. Ir. Zainal Abidin
Institut Teknologi Bandung
9. Dr. Jayan Sentanuhady
Universitas Gadjah Mada
10. Dr.-Ing. Suwandi Sugondo, Dipl.-Ing.
PT. Agrindo, Tbk.
11. Dr. Juliana Anggono, M.Sc.
Universitas Kristen Petra
12. Dr. Ir. Ekadewi A. Handoyo, M.Sc.
Universitas Kristen Petra

MANUFAKTUR

1. PENGARUH WAKTU PERENDAMAN SERAT CANTULA DALAM LARUTAN NaOH TERHADAP KEKUATAN BENDING KOMPOSIT RHDPE-CANTULA
Dion Widiyanto, Wijang W. Raharjo, Heru Sukanto MF-1
2. DESAIN DAN PEMILIHAN *FIXTURE* PROSES PEMESINAN *MILLING* UNTUK *IMPELLER HOUSING*
Sigit Yoewono, Sony Setyawan MF-4
3. PENGUKURAN JARAK MENGGUNAKAN STEREO VISION UNTUK MENGIDENTIFIKASI OBJEK BERGERAK
Asmar Finali, Arif Wahjudi..... MF-10
4. PEMANFAATAN *ALUMINIUM DROSS* SEBAGAI *EXOTHERMIC SLEEVE* UNTUK MENINGKATKAN EFISIENSI PENGECORAN BAJA
Dewi Idamayanti, Wiwik Purwadi, Cecep Ruskandi, Rivan MF-15
5. LAJU KEAUSAN MATERIAL HYDROXYAPATITE TERHADAP PERMUKAAN LOGAM PADA SENDI TULANG BUATAN
Yusuf Kaelani, Defieka Andensi, Femmy Adisurya MF-19
6. PENGARUH TEKANAN KOMPAKSI TERHADAP STRUKTUR MIKRO BAHAN ALTERNATIF PEMBUAT FILTER GAS EMISI KENDARAAN DENGAN KEMAMPUAN GANDA
Muh Amin, Muhammad Subri..... MF-23
7. KARAKTERISASI STRUKTUR KRISTAL, STRUKTUR MIKRO DAN KEKERASAN AKIBAT *QUENCH* DAN *TEMPER* PADA BAHAN BRAKET UNTUK KOMPONEN ALAT BERAT EKSKAVATOR
Budiarto..... MF-27
8. OPTIMASI RANCANG BANGUN TEKNOLOGI ALAT PENGOLAH LIMBAH CAIR TAHU
Megara munandar, Eka Maulana, Hasan Hariri MF-31

PEMANFAATAN ALUMINIUM DROSS SEBAGAI EXOTHERMIC SLEEVE UNTUK MENINGKATKAN EFISIENSI PENGECORAN BAJA

Dewi Idamayanti¹⁾, Wiwik Purwadi²⁾, Cecep Ruskandi³⁾, Rivan⁴⁾
^{1,2,3,4}Jurusan Teknik Pengecoran Logam, Politeknik Manufaktur Bandung
Jalan Kanayakan No. 21 Dago Bandung, Jawa Barat
Phone: 022-2500241, fax: 022-2502649
E-mail: idamayanti79@gmail.com¹⁾

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan *exothermic sleeve* dengan memanfaatkan limbah aluminium dross. *Exothermic sleeve* adalah sistem penambah cetakan pasir pada pengecoran produk baja yang sering digunakan untuk mengatasi penyusutan logam sehingga dapat menghasilkan *casting yield* yang lebih tinggi dari sistem penambah sand riser. *Exothermic sleeve* dapat dibuat dengan memanfaatkan aluminium dross sebagai bahan utamanya karena mengandung 37% logam aluminium sebagai material eksotermik. Kandungan lainnya adalah alumina dan silika dapat dimanfaatkan sebagai bahan pengisi *exothermic sleeve*. Penelitian dilakukan pada pengecoran baja karbon tinggi 80Cr15 dengan menggunakan *exothermic sleeve* yang terbuat dari campuran aluminium dross 30%, oksidator magnetit, dan bahan refraktori silika dengan pengikat water glass. Dimensi sleeve dibuat berukuran diameter 100 mm, ketebalan 30 mm dan tinggi 110 mm dipadatkan dengan metode ramming, dan temperatur pengecoran baja 80Cr15 dilakukan pada 1600°C. Temperatur solidifikasi baja 80Cr15 diukur dengan menempatkan thermocouple dalam cairan baja dan pada interface sleeve dengan cetakan pasir. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan *exothermic sleeve* dari campuran aluminium dross 30% dan aluminium serbuk 20% mampu menahan laju solidifikasi pada 1350-1450°C selama 650 detik. Bila dibandingkan terhadap sand riser, *exothermic sleeve* dari bahan utama aluminium dross mempunyai efek penahanan temperatur yang lebih baik bahkan hampir sebanding dengan *exothermic sleeve* impor. Modulus extension factor sleeve terhadap sand riser diperoleh 1,42.

Kata kunci: *exothermic sleeve*, sand riser, casting yield, pengecoran baja, aluminium dross

1. PENDAHULUAN

Aluminium dross merupakan material limbah padat dari sisa peleburan aluminium. Dalam aluminium dross umumnya terkandung 20-50 % Al logam, 30-40 % of Al₂O₃, 10-12 % garam florida (AlF₃, Na₃AlF₆, MgF₂, CaF₂ dan lain-lain), 10-15 % garam klorida (NaCl, KCl) dan senyawa lain seperti CaC₂, Al₂(SiF₆)₃, NH₄Cl, dan AlN [1]. Kandungannya dapat bervariasi tergantung dari jenis pengolahan aluminium dan paduannya. Serbuk aluminium logam yang terkandung dalam aluminium dross dapat dimanfaatkan untuk bahan *exothermic sleeve* pada industri pengecoran besi cor maupun baja. *Exothermic sleeve* merupakan sistem penambah yang digunakan untuk mengatasi penyusutan logam pada proses pengecoran besi cor maupun baja karena aluminium serbuk bereaksi secara eksotermik dengan oksidator melepaskan sejumlah panas yang dapat menahan temperatur solidifikasi sekaligus meningkatkan *feeding efficiency*. Sistem penambah yang umum digunakan pada pengecoran besi atau baja di POLMAN Bandung adalah sand riser tetapi menghasilkan *feeding efficiency* yang relatif rendah (14%). Penggunaan *exothermic sleeve* sebagai pengganti sand riser dapat meningkatkan *feeding efficiency* sampai 44% [2]. Aluminium dross tidak hanya dimanfaatkan untuk *exothermic sleeve* tetapi juga insulator sleeve, keduanya bermanfaat untuk memperbaiki *feeding efficiency* pada industri metalurgi [1].

Exothermic sleeve yang ada saat ini masih impor dengan bentuk sleeve yang terbatas. Penelitian ini bertujuan untuk membuat *exothermic sleeve* dengan komposisi yang optimal dari bahan utama aluminium dross dan mengaplikasikannya pada pengecoran baja paduan 80Cr15, yaitu stainless steel dengan 0,8% karbon dan 15 % kromium, setara dengan AISI

type 440B. Diharapkan hasil penelitian ini dapat menghasilkan *exothermic sleeve* lokal yang dapat meningkatkan efisiensi pengecoran baja, dapat mensubstitusi *exothermic sleeve* impor sekaligus memanfaatkan limbah aluminium dross menjadi bernilai tinggi.

2. METODE PENELITIAN

Secara keseluruhan penelitian ini dimulai dengan mendesain bentuk sleeve, memilih material untuk *exothermic sleeve*, membuat *exothermic sleeve* dengan variasi kandungan logam aluminium, mengaplikasikannya pada pengecoran material 80Cr15, melakukan pengukuran temperatur solidifikasi dan membuat simulasi untuk menghitung modulus extension factor (MEF). Proses pengecoran dan pengukuran temperatur solidifikasi 80Cr15 dilakukan pula terhadap sistem penambah sand riser dan *exothermic sleeve* impor sebagai pembandingan.

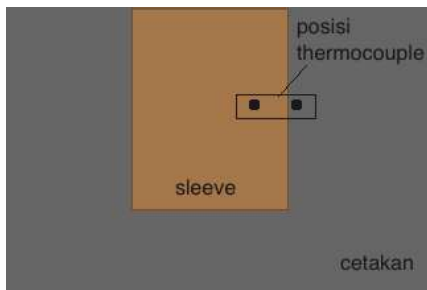
Sleeve dibuat dengan bentuk silinder terbuka, diameter dalam 100 mm, diameter luar 130 mm dan tinggi 110 mm. Pola sleeve menggunakan bahan akrilik. Bahan *exothermic sleeve* terdiri dari aluminium dross sebagai sumber bahan bakar reaksi, redmud dari limbah bauksit mengandung oksida besi sebagai oksidator, senyawa florida dan nitrat sebagai inisiator reaksi dan pasir silika sebagai bahan pengisi. Sleeve yang dibuat menggunakan pengikat anorganik water glass dan dipadatkan dengan metode ramming pada tingkat kepadatan 34% dan 56%. Parameter komposisi yang diubah adalah kandungan aluminium dross dan kepadatan sleeve, sedangkan oksidator, inisiator dan bahan pengisi dibuat konstan merujuk pada penelitian Lipowska, et al [1]. Produk cor yang diteliti adalah 80Cr15 dengan komposisi pada Tabel 1. Material ini setara dengan AISI type 440B



Tabel 1. Pengujian komposisi 80Cr15 dengan spektrometri emisi optik (OES)

No.	Unsur	Kadar %
1	C	0,81
2	Si	0,64
3	S	0,02
4	P	0,02
5	Mn	0,56
6	Ni	0,22
7	Cr	14,44
8	Mo	0,18
9	V	0,04
10	Cu	0,04
11	Ti	0,01
12	Sn	0,01
13	Nb	0,01
14	Fe	balance

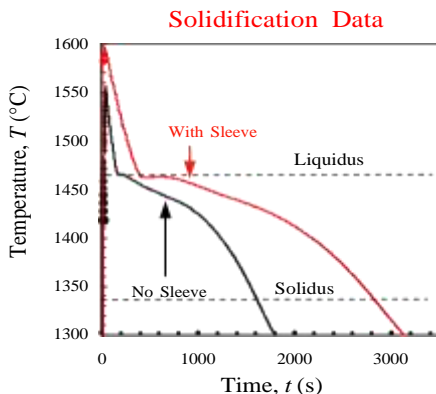
Parameter yang diukur adalah temperatur solidifikasi (°C) versus waktu (detik) menggunakan data logger dengan kecepatan pengukuran 2°C/detik dan *thermocouple* tipe R. Pemasangan *thermocouple* dilakukan pada logam cair dan pada interface *exothermic sleeve*-cetakan pasir *greensand* seperti yang terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Posisi penempatan *thermocouple* pada logam cair dan *sleeve* (tampak samping)

Kurva temperatur versus waktu solidifikasi diperlukan untuk membandingkan laju pembekuan antara *exothermic sleeve* dengan *sand riser* (tanpa *sleeve*) seperti pada Gambar 2.

Efisiensi pengecoran 80Cr15 ditentukan dengan menghitung *modulus extension factor (MEF)* dari *exothermic sleeve* menggunakan simulasi *solid cast* dengan membuat simulasi modul *sand riser* yang berbeda kemudian dilakukan pendekatan persamaan hasil simulasi terhadap *exothermic sleeve*.

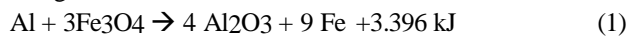


Gambar 2. Contoh desain pengukuran temperatur solidifikasi versus waktu pada pengecoran *low carbon steel* [2]

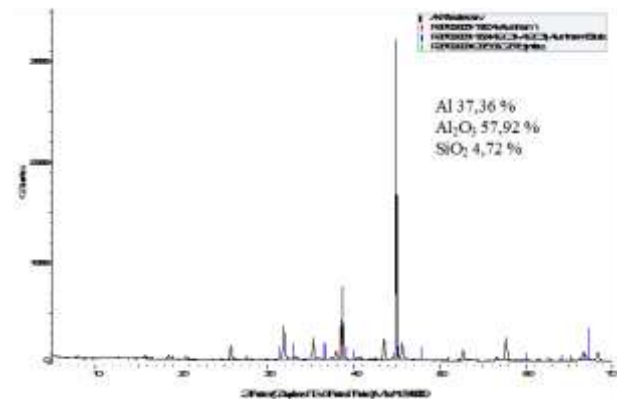
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembuatan *exothermic sleeve*

Sumber utama bahan *exothermic sleeve* adalah serbuk logam aluminium memiliki sifat reduktor dan dapat bereaksi eksotermik dengan oksidator Fe₃O₄ yang terdapat dalam redmud. Hasil pengujian XRD Gambar 3 menunjukkan aluminium dross memiliki potensi digunakan sebagai material eksotermik karena masih mengandung 37% logam aluminium. Mekanisme reaksi diawali dari reaksi senyawa nitrat dengan logam aluminium pada temperatur 300-600°C menghasilkan kalor 25.100 kJ. Panas reaksi yang dihasilkan menyebabkan reaksi termit secara kontinu seperti yang terlihat pada persamaan 1 [1]. Panas reaksi inilah yang dapat memperlambat waktu pembekuan logam sehingga mencegah penyusutan cair. Aluminium dross tersebut berukuran 40 – 100 mesh sebagai bahan bakar utama.



Sisa aluminium serbuk dalam *sleeve* dapat bereaksi juga dengan udara yang mengandung oksigen menghasilkan 1.676 kJ [1]. Selain logam aluminium, aluminium dross mengandung material lain SiO₂ dan Al₂O₃ bermanfaat sebagai bahan pengisi *sleeve* sekaligus memberikan efek insulator karena sifatnya sebagai material refraktori [7].



Gambar 3. Hasil XRD material aluminium dross



Gambar 4. *Exothermic sleeve* dengan bahan dasar aluminium dross.

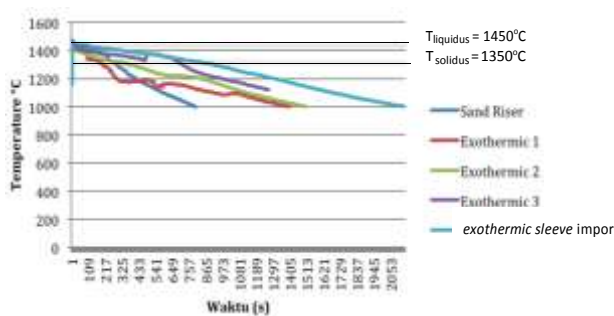
Pengukuran temperatur solidifikasi

Pemasangan *exothermic sleeve* dan sistem saluran pada pengecoran 80Cr15 serta pengukuran temperatur solidifikasi dapat dilihat pada Gambar 5. *Thermocouple* pada cairan logam terkoneksi dengan data logger yang merekam temperatur dengan kecepatan 2°C/detik.



Gambar 5. Proses pengecoran 80Cr15.

Laju pembekuan 80Cr15 menggunakan sistem penambah *sand riser*, *exothermic sleeve* impor dan *exothermic sleeve* dari aluminium dross dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik laju pembekuan 80Cr15 menggunakan sistem penambah *sand riser*, *exothermic sleeve* impor dan *exothermic sleeve* dari aluminium dross.

Keterangan gambar: *exothermic sleeve* 1 mengandung aluminium dross 30% dengan kepadatan *sleeve* 56%, *exothermic sleeve* 2 mengandung aluminium dross 30% dengan kepadatan *sleeve* 34%, *exothermic sleeve* 3 mengandung aluminium dross 30% dicampur 20% serbuk aluminium logam dengan kepadatan *sleeve* 34%.

Dari Gambar 6 terlihat bahwa *exothermic sleeve* 2 dan 3 dapat memperlambat waktu pembekuan lebih baik dari *sand riser*. Sedangkan *exothermic sleeve* 3 menunjukkan kemampuan menahan temperatur solidifikasi mendekati *sleeve* impor yaitu berada pada interval temperatur liquidus dan solidus pada waktu 650 detik. Hal ini menunjukkan bahwa aluminium dross dapat digunakan sebagai bahan utama *exothermic sleeve*.

Bila ditinjau dari komposisi *exothermic sleeve*, semakin tinggi kandungan aluminium logam maka temperatur awal pembekuan meningkat dan menyebabkan laju pembekuan semakin lambat. Berdasarkan diagram fasa Uddehalm AEB-L stainless steel [8], 80Cr15 mempunyai temperatur solidus-liquidus disekitar 1350-1450°C. Pada range temperatur solidus-liquidus itulah laju pembekuan diharapkan semakin lambat sehingga penyusutan cair dapat teratasi. Hal ini dapat meningkatkan *feeding efficiency* karena kemampuan sistem penambah mensuplai logam cair menjadi optimal. Dari komposisi *exothermic sleeve* 3 menunjukkan bahwa penggunaan aluminium dross untuk bahan *exothermic sleeve* tetap harus dicampur dengan aluminium logam agar sifat eksotermiknya dapat tercapai. Pada waktu awal reaksi, temperatur naik maksimum namun terlihat turun sampai waktu 541 detik. Diduga terjadi fenomena penundaan reaksi termit karena

reaksi tidak spontan dan kontinu atau terjadi efek pendinginan dari aluminium dross yang belum bereaksi. namun di atas 541 detik, reaksi termit kembali terjadi ditunjukkan pada peningkatan temperatur 1380°C selama 100 detik.

Selain komposisi *exothermic sleeve*, karakteristik *exothermic sleeve* dipengaruhi juga oleh tingkat kepadatannya. Tingkat kepadatan *sleeve* 34% lebih baik dari 56% dalam hal kemampuannya menahan laju pembekuan. Tingkat kepadatan ini mempengaruhi transfer panas antar butir dari pasir/bahan pengisi *sleeve*. Kepadatan *sleeve* yang rendah menyebabkan transfer panas terjadi melalui mekanisme konveksi karena terdapat banyak rongga kosong sedangkan kepadatan yang tinggi melalui mekanisme konduksi.

Perhitungan Modulus Extension Factor (MEF) dari *exothermic sleeve*

Modulus Extension Factor (MEF) merupakan perbandingan modul *sand riser* terhadap modul *sleeve*. MEF merupakan salah satu karakteristik *sleeve* yang menunjukkan kapasitas insulasi dari *sleeve* dan kemampuannya menahan waktu solidifikasi dibandingkan terhadap *sand riser*. Modulus Extension Factor (MEF) dari *exothermic sleeve* 3 dibuat dengan metode simulasi *solid cast* dengan mensimulasikan modul *sand riser* yang berbeda-beda sehingga diperoleh waktu solidifikasi *sand riser* yang menyerupai *exothermic sleeve* 3.

Tabel 2. Hasil simulasi *solid cast* pada modul *sand riser* yang berbeda

No	Dimensi Sand Riser	Volume/Luas Permukaan	Modul (cm)	Waktu (min)
1	Ø 10 cm, H 11 cm	863/502	1.72	7
2	Ø 11 cm, H 11 cm	1045/570	1.83	8.7
3	Ø 12 cm, H 11 cm	1244/640	1.94	10.1
4	Ø 12 cm, H 12 cm	1357/678	2	10.2
5	Ø 13 cm, H 12 cm	1592/755	2.1	11.7
6	Ø 14 cm, H 14 cm	2155/923	2.33	12.23
7	Ø 15 cm, H 14 cm	2474/1013	2.44	13.8

Tabel 3. Analisa Pendekatan persamaan berdasarkan hasil simulasi

No	Dimensi Riser	Jenis Riser	Modul (cm)	Waktu (min)
1	Ø 10 cm, H 11 cm	Exothermic 3	1.72	13.3
2	Ø 15 cm, H 14 cm	Sand Riser	2.44	13.8

$Modulus\ Extension\ Factor\ (MEF) = Modul\ Sand\ Riser / Modul\ exothermic\ sleeve\ 3 = 2.44 / 1.72 = 1.42$

Bila mengacu pada indian standard [3], minimum Modulus Extension Factor (MEF) untuk diameter *sleeve* maksimal 150 mm adalah 1,45 untuk *insulator sleeve* dan 1,60 untuk *exothermic-insulator sleeve*. Dari hasil simulasi yang diperoleh Modulus Extension Factor (MEF) dari *exothermic sleeve* 3 hampir mendekati MEF dari *insulator sleeve*.

4. KESIMPULAN

Aluminium dross dapat digunakan sebagai material *exothermic sleeve* dengan komposisi optimum 30% aluminium dross dan 20% serbuk logam aluminium. Pada komposisi



tersebut *exothermic sleeve* dapat menahan laju pembekuan pada interval 1450-1350°C selama 650 detik. Kepadatan *sleeve* mempengaruhi sifat *exothermic sleeve* dan optimum pada kepadatan 34%. Hasil simulasi diperoleh *Modulus Extension Factor (MEF)* dari *exothermic sleeve* yaitu 1.42.

DAFTAR PUSTAKA

1. B. Lipowska, J. Witek, K. Stec, "Aluminium dross-based insulating and exothermic materials for metallurgical industry", Archives of Foundry Engineering, Volume 10, 2010, p 115 – 118.
2. Hardin, R.A., Williams, T.J., Beckermann, C., "Riser Sleeve Properties for Steel Castings and the Effect of Sleeve Type on Casting Yield", Proceeding of the 6th SFSA Technical and Operating Conference, 2013
3. Indian Standard, "Exothermic and Insulating sleeves for use in foundry-Specification", Bureau of Indian Standard IS 15865, 2009
4. Helena Twardowska, Ronald C. Aufderheide, Ralph E. Showman, "Exothermic Sleeves Mixes Containing Fine Aluminum", United States Patent Application Publication, 2001
5. Jörg Schäfer, GTP Schäfer, Grevenbroich, "Innovative feeder systems", Casting Plant & Technology, 3, 2011
6. Strauss, K., "Applied Science in The Casting of Metals", Pergamon Press, 1970
7. Helena Twardowska, Ronald C. Aufderheide, Insulating sleeve Compositions Containing Fine Silica and Their Uses, *United States Patent*, 2000.
8. CHALPAD, "Uddeholm AEB-L Stainless Steel, akses 1 Juli 2015, www.calphad.com/AEB-L.html

ISBN 978-979-25-4419-0



9789792544190

**UNIVERSITAS KRISTEN
PETRA**

**Seminar Nasional Teknik Mesin 10
Program Studi Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Kristen Petra
Jl. Siwalankerto 121-131, Surabaya
<http://sntm.petra.ac.id>
e-mail : sntm@petra.ac.id
Telp : (031) 298-3464, 298-3465, 298-3472
Fax : (031) 841-7658**



UNIVERSITAS
KRISTEN
PETRA

Didukung oleh :



SERTIFIKAT



Seminar Nasional
TEKNIK
MESIN 10

Diberikan kepada

WIWIK PURWADI

Atas partisipasinya sebagai

PEMAKALAH

dalam

SEMINAR NASIONAL TEKNIK MESIN 10

"Meningkatkan Produktivitas dan Daya Saing Bangsa Melalui
Penelitian dan Inovasi di Bidang Teknik Mesin "

Surabaya, 13 Agustus 2015

Ketua Program Studi
Teknik Mesin

Dr. Ir. Ekadewi A. Handoyo, M.Sc

Ketua Panitia SNTM 10

Dr. Gan Shu San, M.Sc.