



TEKNIK MESIN
UDAYANA

**KONFERENSI NASIONAL
ENGINEERING PERHOTELAN**

“Teknologi Hijau Pendukung Industri Pariwisata”



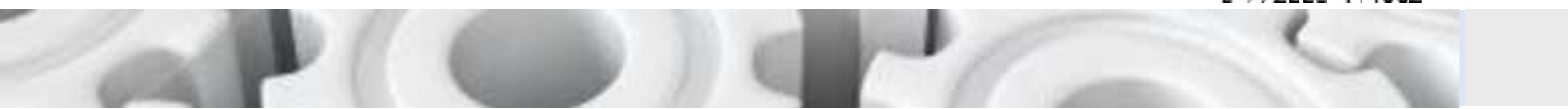
**Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknik
Universitas Udayana**

Prosiding Konferensi Nasional Engineering Perhotelan VIII - 2017



Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknik, Universitas Udayana
Kampus Bukit Jimbaran, Bali 80362
Telp./Fax. : +62 361 703321
<http://www.mesin.unud.ac.id>

ISSN 2338 - 414X



Ketua Editor : Dr. Ir. I Gusti Ngurah Priambadi, M.T.

Editor Pelaksana : I Ketut Adi Atmika, S.T., M.T.
Dr. Wayan Nata Septiadi, ST, MT
Dr. Ir. I Ketut Gede Wirawan, MT
Ainul Ghurri, ST, MT, Ph.D

Penyunting Ahli : Prof. Ir. I.N.G. Wardhana, MEng., PhD (Universitas Brawijaya)
Prof. Dr.-Ing. Ir. Mulyadi Bur (Universitas Andalas)
Prof. Ir. I. Nyoman Sutantra, MSc., PhD (Institut Teknologi Sepuluh Nopember)
Prof. Dr. Ir. Eddy Sumarno Siradj, MSc (Universitas Indonesia)
Prof. Dr. Ir. Yatna Yuwana Martawirya (Institut Teknologi Bandung)
Prof. Dr. I Made Kartika Dhipura, Dipl.Ing (Universitas Indonesia)
Prof. I Nyoman Suprpta Winaya,ST,MASc.Ph.D (Universitas Udayana)
Prof. Ir. NPG Suardana,MT.PhD (Universitas Udayana)
Prof. Dr. Ir. I Wayan Surata M.Erg. (Universitas Udayana)
Prof. Dr.Ir.Rudy Soenoko,M.Eng Sc (Universitas Brawijaya)
Prof. Ir.Jamasri,Ph.D (Universitas Gajah Mada)
Prof. Dr.Kuncoro Diharjo, ST.MT (Universitas Negeri Sebelas Maret)
Prof. Dr. Tjok Gde Tirta Nindhia,ST,MT (Universitas Udayana)
Dr. Mulya Juarsa, S.Si., M.Esc (PTRKN-BATAN)
Dr. Agus Sunjarianto Pamitran,ST.M.Eng (Universitas Indonesia)



Hak Cipta @ 2017 oleh KNEP VIII – 2017
Jurusan Teknik Mesin – Universitas Udayana.
Dilarang mereproduksi dan mendistribusi
bagian dari publikasi ini dalam bentuk
maupun media apapun tanpa seijin Jurusan
Teknik Mesin – Universitas Udayana.

Dipublikasikan dan didistribusikan oleh Jurusan Teknik Mesin – Universitas
Udayana, Kampus Bukit Jimbaran, Bali 80362, Indonesia.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kami panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa karena berkat rahmatNya acara Konferensi Nasional Engineering Perhotelan VIII (KNEP-VIII) bisa terselenggara pada tanggal 20-21 Juli 2017, di Gedung Pasca Sarjana, Kampus Sudirman Denpasar.

KNEP-VIII diselenggarakan sebagai suatu forum untuk membicarakan, mendiskusikan serta mempresentasikan inovasi-inovasi, hasil riset yang dilakukan oleh berbagai kalangan baik peneliti, mahasiswa maupun praktisi guna menunjang perkembangan industri pariwisata. Adapun seminar atau konferensi ini juga terkait dengan perayaan kegiatan BKFT ke 52 dan Dies Natalis Universitas Udayana ke-55. KNEP-VIII mengambil suatu tema: “**Teknologi Hijau Pendukung Industri Pariwisata**” yang dikelompokkan dalam Tiga topik yakni:

1. Energi dan Termofluid
2. Material dan Manufaktur
3. Engineering Perhotelan

Adapun makalah yang dipresentasikan dalam konferensi ini merupakan makalah yang lolos pada seleksi abstrak dan diterima sebagai makalah yang dipresentasikan secara oral. Adapun jumlah makalah berjumlah 57 makalah dengan 22 makalah dari bidang Energi dan Termofluid (ET), 25 makalah dari bidang Material dan Manufaktur (MM) dan 10 makalah dari bidang Engineering Perhotelan (EP).

Kami mengucapkan terima kasih kepada para narasumber (*Keynote speaker*), para pemakalah, peneliti, *scientific committee* serta praktisi yang telah berpartisipasi pada Konferensi Nasional Engineering Perhotelan VIII ini sehingga kegiatan ini dapat terselenggara dengan baik. Tidak lupa juga kami ucapkan terima kasih kepada staf pimpinan di lingkungan Universitas Udayana baik Rektor, Dekan serta Ketua Jurusan yang juga telah membantu terselenggaranya kegiatan ini dengan sukses.

Bukit Jimbaran, Bali 20 Juli 2017

Ketua panitia KNEP VII

Dr. Ir. I Gusti Ngurah Priambadi, M.T.

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iii
NARASUMBER	ix

ENERGI DAN TERMOFLUID

[ET-001] Pengaruh Suhu dan Kecepatan Aliran terhadap Akurasi Pompa Bahan Bakar Premium dan Pertamina <i>- I Ketut Suarsana, Komang Ayu Ratnawati, Wayan Nata Septiadi</i>	1-4
[ET-002] Analisa Performansi Kolektor Surya Pelat Datar dengan Pengganggu Aliran Berupa Pelat Melintang yang Disusun Sebaris (<i>Aligned</i>) <i>- Komang Alit Kumara Jaya, Made Sucipta, Ketut Astawa</i>	5-7
[ET-003] Analisis Gaya Tahanan Aliran Fluida Melintasi Pelat Berlesung (<i>Dimpled</i>) Setengah Bola Konfigurasi Sejajar <i>- Nasaruddin Salam, Rustan Tarakka, Jalaluddin, Muh.Setiawan</i>	8-13
[ET-004] Analisis Aerodinamis pada Variasi Bentuk Ekor Desain Bodi Mobil Hemat Energi <i>- Fitra Setiaji, MuhammadAinul Yaqin, Dewi Mariya Ulfa, Nafisah Arina Hidayati, Moch. Agus Choiron</i>	14-18
[ET-005] Optimasi Energi Pada Motor Induksi 3 Phase Dalam Pendistribusian Kebutuhan Air (Studi Kasus di IPA Petanu Kabupaten Gianyar) <i>- Ardikosa SW, Gede One A, Angelina PS</i>	19-23
[ET-007] Emisi Gas Buang Pada Sepeda Motor Dengan Rasio Kompresi Dan Bahan Bakar Yang Berbeda <i>- Putu Premayana Dhama Kusuma, Ainul Ghurri</i>	24-28
[ET-008] Pengaruh Tekanan dan Temperatur Terhadap Ukuran Rata-Rata <i>Droplet</i> Minyak Jelantah <i>- I K.G. Wirawan, Ainul Ghurri, W. N. Septiadi</i>	29-34
[ET-010] Pengaruh <i>Suction</i> Terhadap Medan Aliran Pada Model Kendaraan Dengan Variasi Geometri Muka <i>- Rustan Tarakka, Nasaruddin Salam, Jalaluddin, Muhammad Ihsan</i>	35-38

[ET-011]	Pengaruh Variasi Jarak Penghalang Segitiga di Depan Silinder Arah Vertikal Terhadap Drag <i>- I Putu Gede Gunawan Tista, I GNP Tenaya, I GN. Putu Sudanta</i>	39-42
[ET-013]	Kajian Eksperimental Head Losses Katup Limbah Pompa Hydran <i>- Made Suarda, Ainul Ghurri, Made Sucipta, I Nengah Suweden</i>	43-46
[ET-016]	Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Gravitasi Bumi <i>- I Made Astika, Arliyandi, Bagus Putu Rama Kusuma, Komang Tri Sanjaya Tirta</i>	47-50
[ET-022]	Kinerja Mesin Dan Konsumsi Bahan Bakar Pada Sepeda Motor Dengan Rasio Kompresi Dan Bahan Bakar Yang Berbeda <i>-Tegar Putra Kirana, Ainul Ghurri</i>	51-54
DESAIN MANUFAKTUR		
[DM-001]	Ketangguhan Paduan Aluminium Al-Si Ditambah Penguat SiC dengan Metode Stir Casting <i>-Arfandy, Muh. Yamin, Hammada Abbas</i>	55-58
[DM-002]	Pengaruh Waktu Aging Terhadap Kekuatan Tarik Aluminium Tipe 2024 T3 <i>-I Made Astika, I Gusti Komang Dwijana, I Gusti Ketut Sukadana</i>	59-61
[DM-003]	Simulasi <i>Static Structural</i> Pada Saringan <i>Grizzly Bar</i> Kapasitas 70 Ton/Jam <i>-Dwipayana, Jekki Hendrawan, Juliansyah</i>	62-65
[DM-004]	Perancangan Mekanisme <i>Sliding</i> pada Sistem Keselamatan Pasif Kereta Penumpang Kelas 1 <i>-I Wayan Suweca, Rachman Setiawan, Bara Nuansa</i>	66-74
[DM-005]	Pengaruh Temperatur Penuangan terhadap Fluiditas dan Struktur Mikro Logam Kuningan pada Metode <i>Evaporative Casting</i> <i>-I.G.N Priambadi, I Ketut Gede Sugit¹⁾, Ida Bagus Giri Asmara, A.A.I.A.S. Komala Dewi</i>	75-79

- [DM-006]
Perilaku Kompresi Hybrid Komposit Dengan Penguat Basalt, Cangkang Kerang dan Aluminium pada Kampas Rem 80-83
-Darunata Arsidi, I.D.G Ary Subagia, I Ketut Adi Atmika
- [DM-007]
Studi Sifat Material Hybrid Composit Terhadap Penyerapan Air Laut Dengan Variasi Waktu Perendaman 84-88
-Made Evan Pramantara Wijaya, IDG. Ary Subagia, I K. Adi Atmika
- [DM-008]
Sifat Keausan Kampas Rem Berbahan Serabut Kelapa 20% Alumina Phenolic Resin 89-92
-Steven Ferinata Sancoko, I Dewa Gede Ary Subagia, I Made Astika
- [DM-009]
Variasi Temperatur Terhadap Kekerasan *Vickers* Komposit Serbuk Batok Kelapa Alumina Phenolic Resin 93-97
-Robby Galih Dwi Saputra, I Dewa Gede Ary Subagia, I Made Astika
- [DM-010]
Karakterisasi Kekuatan Impak dan Struktur Mikro Terhadap Variasi Permeabilitas dan Temperatur Tuang Hasil Coran Aluminium Silikon (Al-7%Si) 98-105
-Kadek Indra Adhi Y., I Ketut Gede Sugita, A.A.I.A.S. Komaladewi
- [DM-011]
Optimization of Initial Folding Square Sections for the Crashworthiness Design 106-110
-M Yoggaraj Muthusamy, Kamaruddin, Moch. Agus Choiron
- [DM-012]
Optimasi Desain Chassis Traktor Mini untuk Perkebunan Kelapa Sawit 111-115
-Muhamad Ilyas, Achmad Syafi'udin, Isfan Apra Adha, Moch. Agus Choiron
- [DM-013]
Pembuatan, Karakterisasi Dan Aplikasi Karbon Aktif Dari Biomassa; Review Jurnal 116-122
-D N K Putra Negara, T G Tirta Nindhi), I W Surata dan M Sucipta
- [DM-014]
Peran NaOH Dalam Sintesis Partikel Karbon Nano Menggunakan High Energy Milling 123-126
-I Gusti Ketut Puja, ING Wardana, Yudy Surya Irawan, Moch. Agus Choiron
- [DM-026]
Analisis Biaya dan Manfaat Intervensi Ergonomi pada Proses Desain dan Manufaktur 127-132
-I Wayan Surata

[DM-032]

Analisis Kinerja Traksi pada Kendaraan Dengan Sistem Drive Train *Gear* dan *Gearless* 133-136
-I Ketut Adi Atmika, IGAK. Suriadi, I Made Dwi Budiana

ENGINEERING PERHOTELAN

[EP-001]

Integrasi Metode Fuzzy Servqual dan QFD untuk Meningkatkan Kualitas Layanan 137-143
Sistem Akademik
-Damianus Manesi, Imanuel A. Tnunay

[EP-002]

Performansi Sistem Pengering Pakaian Dengan Variasi Konsumsi Bahan Bakar 144-146
-Suarnadwipa, Bandem Adnyana, Agus Hendra Wiguna

[EP-003]

Investigasi Unjuk Kerja Sistem Penyaring Air Pasir Lambat dengan Aliran Air 147-151
dari Bawah ke Atas untuk Meningkatkan Kualitas Air Bersih Pedesaan
-Made Suarda

[EP-004]

Pengaruh Tata Letak Pakaian Terhadap Performansi Sistem Pengering 152-154
-I W. Bandem Adnyana, I N.Suarnadwipa, Bayu Anggara

[EP-005]

Pengujian Model Biodigester Portable untuk Pengolahan Sampah Organik 155-157
-Nitya Santhiarsa, Wijaya, Suryada

[EP-006]

Pompa Kincir Sebagai Solusi Untuk Mengatasi Kekurangan Air Bersih Di Banjar 158-164
Jempanang Desa Belok/Sidan
-I Gusti Ketut Sukadana, I Wayan Nata Septiadi

[ET-006]

Studi Ekperimental Perpindahan Kalor Konveksi Pada Radiator Mobil 165-168
Berfluida Kerja Nanofluid Al_2O_3 -Air
-Wayan Nata Septiadi, Ketut Astawa, Wayan Hendra Wijaksana, Abel Yosua Tommy, I
ketut Tista Budiadnyana

[ET-009]

Eksperimental Penggunaan Lebih Dari Satu Nosel Terhadap Unjuk Kerja Kincir Air Sudu 169-173
Lengkung ke Depan dan Lurus
-A.A. Adhi Suryawan, Made Suarda, I Ketut Punia Wibawa

- [ET-015]
Faktor Penggunaan Lebih dari Satu Nosel Terhadap Unjuk Kerja Kincir Air Sudu Lengkung ke Belakang dan Sudu Lurus 174-177
- *A.A. Adhi Suryawan, Made Suarda, I Kadek Ari Sarastawan*
- [ET-016]
Pirolisis *Fixed Bed* Berbahan Bakar Plastik Polipropilena 178-181
- *I N. Suprpta Winaya, M. Agus Putrawan, IB. Alit Swamardika, Ivan Ricardo*
- [ET-017]
Gasifikasi Fluidized Bed Berbahan Bakar Limbah RPH Dengan Gas *Inert* CO₂ 182-185
- *Rukmi Sari Hartat¹, Kadek Juliana, I N. Suprpta Winaya, A. A. I. A. Sri Komaladewi*
- [ET-018]
Karakteristik Pembakaran Bahan Bakar Gas dari Penguapan Arak Bali 186-191
- *I Gusti Ketut Sukadana, I Gusti Ngurah Putu Tenaya*
- [ET-019]
Pengaruh Sudut Jet Nosel Air Pada Kincir Air Sudu Kelengkungan ke Belakang 192-195
- *A.A. Adhi Suryawan, Made Suarda, I Gede Putra Jaya*
- [ET-020]
Studi Ekperimental Pressure Drop Pada Radiator Mobil Berfluida Kerja Nanofluid Al₂O₃-Air 196-200
- *Wayan Nata Septiadi, Ketut Asatawa, Putu Dandy Mandala S*
- [ET-023]
Pengaruh Variasi Sudut Kelengkungan Sudu Sepanjang Span Suatu Blower Terhadap Kecepatan Aliran Udara yang Dihasilkan 201-205
- *Anak Agung Adhi Suryawan, I Wayan Supartama*
- [DM-017]
Karateristik Produksi dan Retak Gamelan Bali Berbahan Perunggu 206-210
- *I Ketut Gede Sugita, Cokorda Istri Putri Kusuma K, IGN Priambadi*
- [DM-025]
Analisis Hasil Deposisi Implantasi Ion Nitrogen Pada Lapisan D.C. Magnetron Sputtering Aluminium 211-215
- *Gaguk Jatisukamto, Viktor Malau, M. Noer Ilman, Priyo Tri Iswanto*
- [DM-027]
Pendekatan Ekperimental dan Numerik untuk Menentukan Sifat Plastic Material Terdeformasi Hasil Spot Welding Joint 216-220
- *I N Budiarsa, I K Suarsana, Febianto Funedi*

[EP-007]

Performansi Pirolisis *Fixed Bed* Berbahan Bakar Karet Ban Bekas 221-224
- *I N. Suprpta Winaya, Cok Putri Kusama K., IM. Agus Putrawan, A.A. Gd. Wirayoga*

[EP-008]

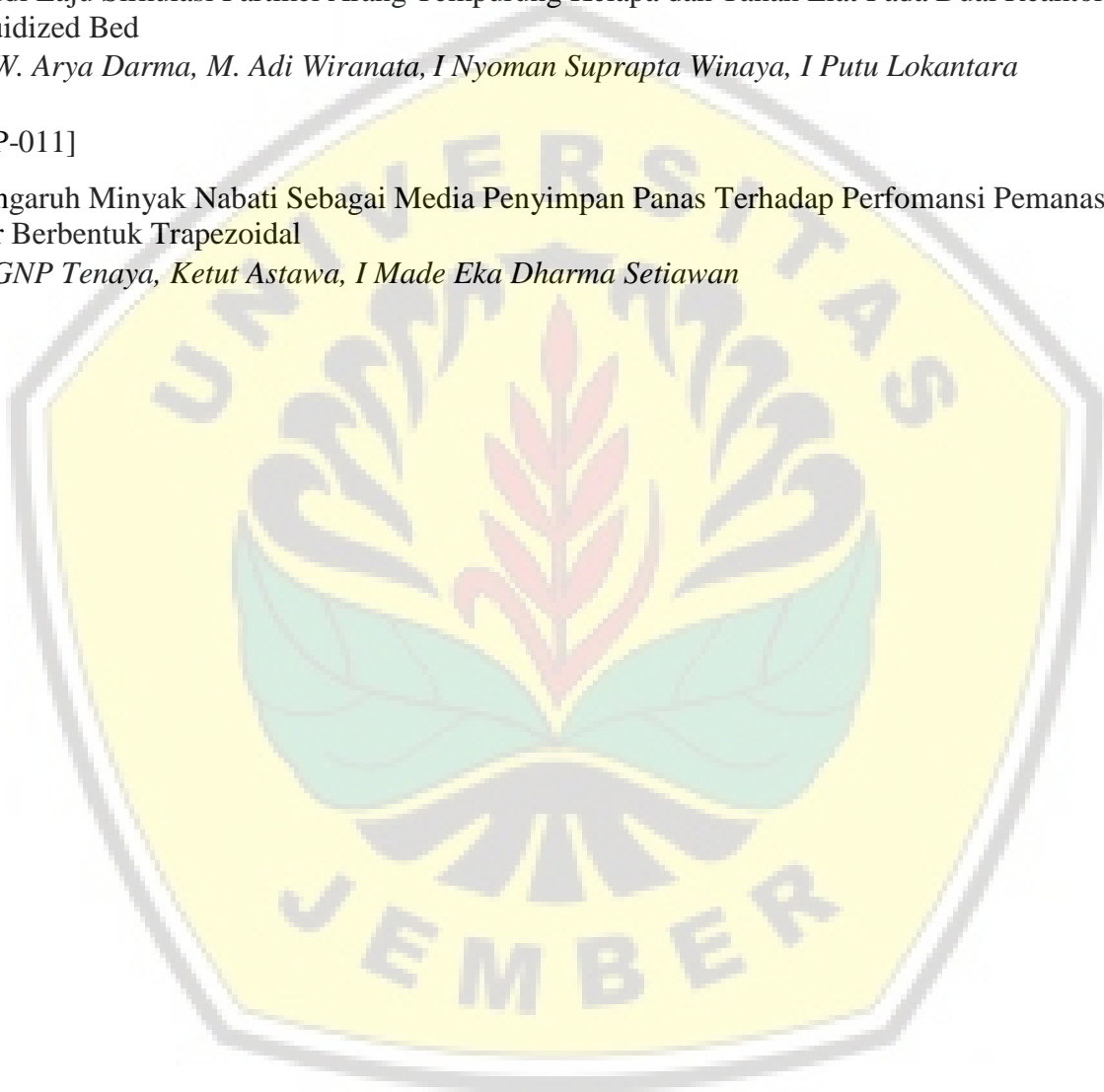
Pemanfaatan Ban Bekas dan Limbah Plastik Pada Pirolisis *Fixed Bed* 225-228
- *I N. Suprpta Winaya, Aang Hedi Surya, Cok Putri Kusuma K, Rukmi Sari Hartati*

[EP-010]

Studi Laju Sirkulasi Partikel Arang Tempurung Kelapa dan Tanah Liat Pada Dual Reaktor Fluidized Bed 229-234
- *I W. Arya Darma, M. Adi Wiranata, I Nyoman Suprpta Winaya, I Putu Lokantara*

[EP-011]

Pengaruh Minyak Nabati Sebagai Media Penyimpan Panas Terhadap Performansi Pemanas Air Berbentuk Trapezoidal 235-240
- *I GNP Tenaya, Ketut Astawa, I Made Eka Dharma Setiawan*





NARASUMBER

**Prof. Ir. I Gede Wenten, Ph.D**

Pria kelahiran 15 Februari 1962 ini menghabiskan masa kecilnya di Desa Buleleng, Bali. Wenten mengawali pendidikan tingginya di Jurusan Kimia ITB tahun 1982. Lulus dari ITB pada tahun 1987, Wenten kemudian melanjutkan studinya di Denmark Technology University, Kopenhagen. Wenten meraih gelar master bioteknologi tahun 1990 dan sekaligus program teknik kimia pada tahun 1995 di Denmark Technology University. Wenten mendapatkan gelar S3 Doktor. Berbagai penghargaan dari berbagai institusi telah diraihnya seperti "Suttle Award" dari Filtration Society di London atas karyanya yang berjudul "Mechanisms and Control of Fouling in Crossflow Microfiltration", yang di buat pada tahun 1994. Dalam perjalanan kariernya yang bersangkutan juga berhasil meraih penghargaan "Adhicipta Rekayasa" dari Persatuan Insinyur Indonesia pada tahun 1995, "Science and Technology Award" dari Indonesia Toray Science Foundation tahun 1996, Penghargaan "Peneliti Muda Indonesia" dari Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia tahun 1996, Habibie Award tahun 2000, dan "Wipo Award" dari WIPO-UNDP sebagai "Best Inventor", serta "RUT Award" dari Kementerian Riset dan Teknologi pada tahun 2004. Selain itu beberapa paten juga telah terdaftar di lembaga paten Indonesia, Jepang, Kanada, dan USA.

**Prof. I Nyoman Suprpta Winaya, ST., MASc, Ph.D**

I Nyoman Suprpta Winaya adalah seorang profesor di Universitas Udayana, saat ini beliau menjabat sebagai Ketua Program Studi Doktor Ilmu Teknik. Prof Winaya memperoleh gelar Sarjana dari Universitas Udayana, Master dari Dalhousie University Canada dan Ph.D dari Niigata University Jepang pada bidang Teknik Mesin. Penelitian utamanya adalah Energi baru dan Terbarukan khususnya pemanfaatan sampah dan biomassa dengan menggunakan sistem Pembakaran dan Gasifikasi Fluidized Bed. Prof. Winaya mengemban jabatan Profesor pada tahun 2013 oleh Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Indonesia di bidang Sistem Konversi Energi di Universitas Udayana. Saat ini, beliau mengembangkan Laboratorium Penelitian Energi Terbarukan terutama di bidang gasifikasi dan biogas. Beberapa inovasi penting tentang bagaimana menangkap bahan bakar ber-volatil tinggi telah ditemukan dengan menggunakan padatan berpori sebagai bahan hamparan. Metode baru telah dikembangkan untuk mengevaluasi dispersi horizontal partikel solid pada temperatur tinggi yang dikembangkan untuk tujuan komersial. Sebagai langkah awal untuk meningkatkan sistem fluidized bed (FB) dengan menggunakan partikel karbon padat yang mempunyai efek kapasitif, model yang dikembangkan dianggap dapat diterapkan pada FB skala besar bila koefisien dispersi padat dapat diprediksi. Keinginan kuat Prof. Winaya adalah untuk mentransfer hasil penelitian ke dalam praktik industri yang memiliki komitmen untuk menyebarkan pengetahuan lanjutan ke dunia. Di samping sangat aktif melakukan penelitian dan publikasi nasional maupun internasional, beliau juga kerap kali diundang sebagai keynote speaker baik di seminar nasional dan Internasional maupun di dunia Industri. Prof. Winaya adalah anggota senat Universitas Udayana, anggota Badan Kerjasama Teknik Mesin (BKSTM) Indonesia, anggota Gabungan Ahli Bahan Bakar Indonesia, anggota Asosiasi Insinyur Indonesia, anggota American's Society of Mechanical Engineering, anggota Japanese's Society of Chemical Engineering.

Analisis Hasil Deposisi Implantasi Ion Nitrogen Pada Lapisan *D.C. Magnetron Sputtering* Aluminium Terhadap Ketahanan Korosi Permukaan Baja Aisi 410

Gaguk Jatisukamto^{1)*}, Viktor Malau²⁾, M. Noer Iلمان²⁾, Priyo Tri Iswanto²⁾

¹⁾Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember

²⁾Jurusan Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

Abstrak

Baja AISI 410 termasuk baja martensitik memiliki sifat mekanis yang baik, sehingga banyak digunakan dalam berbagai aplikasi, seperti: peralatan bedah, pisau, sudu turbin dan peralatan eksplorasi pertambangan. Kelemahan baja AISI 410 terletak pada ketahanan korosinya yaitu dibawah baja feritik dan austenitik, dan rentan mengalami *pitting corrosion*. Penelitian ini bertujuan untuk memperbaiki ketahanan korosi baja AISI 410 agar setara dengan baja feritik atau austenitik, tetapi memiliki sifat mekanis yang baik. Metode penelitian dilakukan dengan memberikan deposisi *d.c magnetron sputtering* aluminium, selanjutnya dilakukan implantasi ion nitrogen. Implantasi ion nitrogen dilakukan dengan variasi waktu 20, 30 dan 40 menit. Pengujian yang dilakukan meliputi: uji kekerasan, uji keausan permukaan, dan uji korosi. Observasi SEM/EDX dilakukan untuk menganalisis deposisi aluminium dan nitrogen pada permukaan baja AISI 410. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kekerasan tertinggi dapat dicapai untuk waktu implantasi 30 menit sebesar 230 VHN, akan tetap laju korosi terendah dicapai pada waktu implantasi 40 menit. Implantasi ion nitrogen pada lapisan deposisi *d.c. magnetron sputtering* aluminium tidak berpengaruh signifikan terhadap perbaikan sifat mekanis, akan tetapi berpengaruh signifikan memperbaiki ketahanan korosi baja AISI 410. Implantasi ion nitrogen pada lapisan deposisi *d.c. magnetron sputtering* aluminium akan menutup pori-pori pada permukaan baja AISI 410, sehingga menghambat inisiasi retak dan kontak langsung dengan media korosif.

Kata kunci: Baja AISI 410, Implantasi ion N, *d.c magnetron sputtering* Al, kekerasan, laju korosi

1. Pendahuluan

Baja AISI 410 termasuk golongan baja tahan karat martensitik banyak digunakan dalam berbagai aplikasi industri, karena memiliki keunggulan tahan korosi. Baja martensitik tahan terhadap *stress corrosion cracking* (SCC) dalam media klorida dan kaustik alkali dibandingkan dengan baja austenitik. Harga baja tahan karat martensitik lebih murah jika dibandingkan baja tahan karat austenitik. Aplikasi baja AISI 410 diantaranya sebagai: pisau silet, pisau dan *cutting tools*, peralatan bedah, roda gigi, *valve*, pompa, poros, peralatan pengeboran minyak dan gas, *bearings*, *mixers*, *stirrers*, peralatan turbin dan pesawat [1-2].

Lapisan oksida yang terbentuk pada permukaan logam diharapkan dapat menahan difusi ion-ion masuk kedalam lapisan oksida tersebut. Penambahan unsur paduan dapat menghambat terjadinya oksidasi pada logam seperti Cr, Al, Ni. Logam Al dan Ti memiliki lapisan oksida pelindung, sehingga tidak memerlukan logam paduan. Kecenderungan pembentukan oksida logam tergantung pada energi Gibbs, yaitu untuk $Al_2O_3 = -1576$ kJ/mol; $Fe_2O_3 = -740$ kJ/mol; $Cr_2O_3 = -1045$ kJ/mol [3]. Difusi atom kedalam logam dibedakan menjadi dua kelompok, yaitu secara intersisi (*Frenkle defect*) dan secara vakansi (*Schottky Defect*) [3].

Baja AISI 410 dalam aplikasi kesehatan digunakan sebagai *cutting instrument* dan *non cutting instrument* (ASTM F 899-02, 2006). Ketahanan korosi baja tahan karat martensitik lebih rendah dibandingkan baja austenitik dan feritik. Kekerasan baja AISI 410 paling rendah dari keseluruhan baja martensitik grid-4 lainnya, sehingga ketahanan aus dan korosinya masih terus dilakukan perbaikan [4-5]. Baja AISI 410 memiliki kandungan Cr antara 11,50-13,50%, yang merupakan

kandungan Cr paling rendah dibandingkan baja tahan karat lainnya [4],[6-7]. Baja AISI 410 cenderung mengalami *pitting corrosion*, dimana hal ini akan mengurangi kekuatan tarik dan menurunkan kekuatan fatiknya. Lubang *pitting* akan berperan sebagai inisiasi retak [8].

Deposisi lapisan film dengan teknik *physical vapor deposition* (PVD) menghasilkan mikrostruktur yang baik dan dapat menghasilkan tegangan sisa tekan. Tegangan sisa tekan dapat menghambat perambatan inisiasi retak dan memperbaiki ketangguhan pada *tool* [9]. Implantasi ion dan *sputtering* termasuk perlakuan permukaan teknik PVD yang dapat dilakukan pada suhu relatif rendah dan dapat memperbaiki sifat mekanis pada pahat seperti peningkatan kekerasan, tahan aus dan tahan korosi

2. Metode Penelitian

2.1. Bahan Penelitian

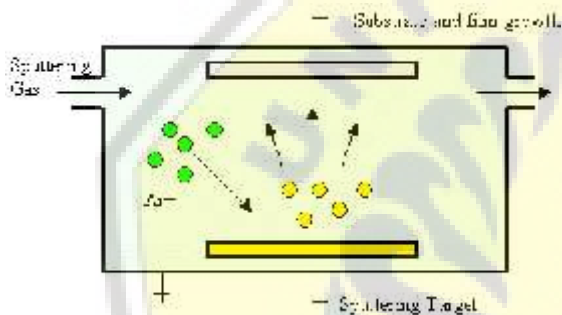
Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah baja AISI 410 dengan komposisi (% berat): 12,83% Cr; 0,12% C; 0,34% Si; 0,03% S; 0,02% P; 0,43% Mn; 0,03% Mo; 0,21% Ni; 0,02% Zn; 0,06% Cu; 0,01% W dan Fe balance. Densitas baja AISI 410 yang digunakan dalam penelitian adalah $\gamma = 7,75$ gf/cm³. Material target *sputtering* yaitu aluminium dengan kemurnian 99,99 % (*good fellow*). Implantor ion menggunakan gas nitrogen. Spesimen penelitian berdiameter 14 mm dengan tebal 3 mm. Alat uji korosi menggunakan Potensiostat/Galvanostat PGP 201, milik Laboratorium Uji Korosi BBIN-PTBIN, BATAN, PUSPITEK, Serpong. Uji korosi menggunakan sel elektrokimia tiga elektrode, dengan kalomel sebagai elektrode standard. Media uji korosi menggunakan

*Korespondensi: Tel./Fax.:
E-mail: gagukjt@gmail.com

larutan 0,9% NaCl, pada temperatur pengujian 25 °C [10]. Uji kekasaran permukaan menggunakan alat Fawler SE 1700 Surfcoorder. Uji kekerasan Vickers menggunakan alat dengan merk Buehler. Uji aus menggunakan mesin uji aus abrasi merk Ogoshi. Keausan spesifik dihitung berdasarkan volume bekas indentasi yang hilang dalam satuan mm³/kgf.m. Observasi lapisan film dan unsur pada permukaan diamati menggunakan alat SEM-EDX merk JEOL JSM 6390A.

2.2. D.C. Magnetron Sputtering Al

Proses *sputtering* Al menggunakan ruang vakum dan gas argon (Ar) yang digunakan untuk membombardir permukaan target. Ion-ion positif dari gas argon di dalam plasma dipercepat menuju *bias target negatif* (katode), sehingga akan menumbuk permukaan target Al yang selanjutnya terkondensasi pada permukaan substrat. Deposisi cenderung terjadi ke seluruh permukaan, dan temperatur proses biasanya dilakukan pada temperatur relatif rendah. Prinsip proses *sputtering* ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Prinsip sputtering

Sputtering Aluminium (Al) pada permukaan baja AISI 410 menggunakan target Al dengan kemurnian 99,999% (*good fellow*). Target Al ditempatkan di dalam wadah vakum bertekanan $1,3 \times 10^{-5}$ torr, selanjutnya dibombardir dengan ion-ion Ar. Parameter *sputtering* meliputi: arus $i = 80$ mA; $E = 0,3$ kV; jarak substrat dengan target $d = 10$ mm, tekanan gas argon $P_{Ar} = 7,6 \times 10^{-2}$ torr; tekanan nitrogen $P_{N_2} = 0,6 \times 10^{-2}$ torr; dengan variasi waktu 50, 60 dan 70 menit.

2.3. Implantasi ion N

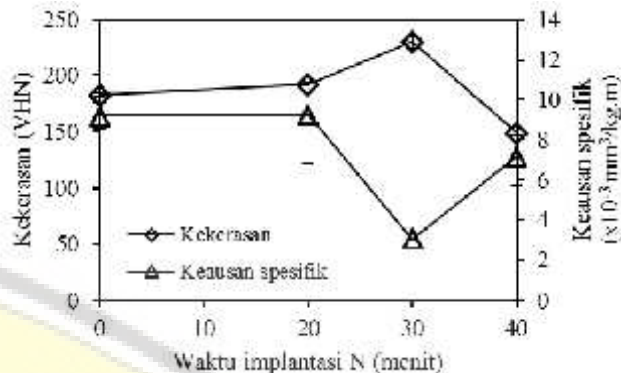


Gambar 2. Peralatan implantor ion

Peralatan implantor ion ditunjukkan dalam Gambar 2. Spesimen hasil sputtering Al dengan kekerasan tertinggi dicapai untuk waktu deposisi 60 menit = 242,65 VHN, selanjutnya pada sampel tersebut diimplantasikan ion N. Parameter implantasi

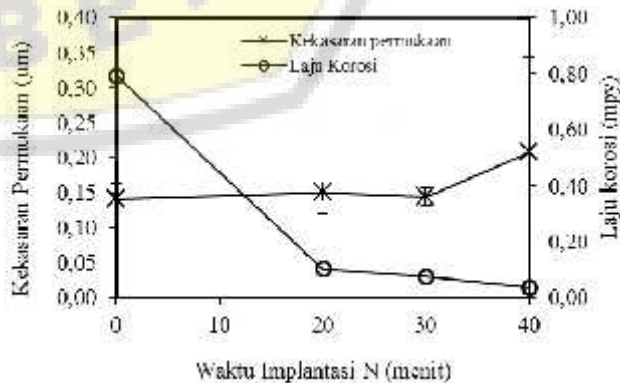
ion nitrogen meliputi Energi $E = 100$ keV; arus $i = 100$ μ A; dosis 1×10^{17} ion/cm²; variasi waktu implantasi ion N 20, 30 dan 40 menit.

3. Hasil dan pembahasan



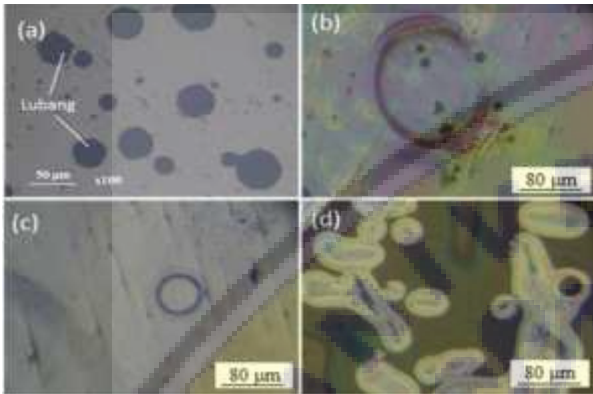
Gambar 3. Korelasi antara waktu implantasi N, kekerasan dan keausan spesifik

Gambar 3 menunjukkan korelasi antara waktu implantasi N dengan kekerasan dan keausan spesifik. Implantasi ion nitrogen pada permukaan baja AISI 410 terdposisi *d.c. magnetron sputtering* Al dapat meningkatkan kekerasan permukaan baja AISI 410 dari 183 VHN untuk sampel tanpa perlakuan menjadi 192; 230 dan 149 VHN masing-masing untuk waktu implantasi N 20, 30, dan 40 menit. Peningkatan kekerasan permukaan pada permukaan sampel hasil implantasi ion N terdposisi pada lapisan tipis Al disebabkan oleh bombardir gas-gas Ar selama proses *sputtering* Al dan tumbukan ion-ion N berenergi tinggi selama proses implantasi. Bombardir gas-gas Ar menyebabkan hambatan gerakan dislokasi karena adanya perbedaan modulus geser antara lapisan dan substrat [11-12]. Pada proses implantasi ion nitrogen, partikel berenergi tinggi akan berdifusi ke dalam kisi-kisi membentuk lapisan film, sehingga tegangan yang terbentuk akibat ion-ion terimplantasi menjadi sulit dilepaskan. Bombardir gas Ar dan implantasi ion N menghasilkan tegangan sisa tekan yang bersifat menguntungkan [13].



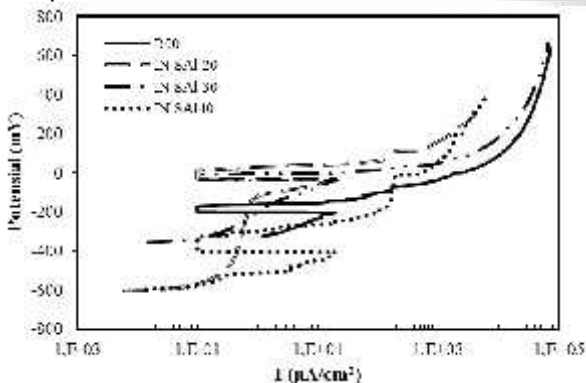
Gambar 4. Korelasi antara waktu implantasi, kekasaran permukaan dan laju korosi hasil implantasi ion N pada permukaan baja AISI 410 terdposisi *d.c. magnetron sputtering* Al

Gambar 4 menunjukkan korelasi antara waktu implantasi ion N, kekasaran permukaan dan laju korosi. Evaluasi hasil uji korosi menunjukkan bahwa implantasi ion nitrogen pada baja AISI 410 terdeposisi *d.c. magnetron sputtering* Al menghasilkan perubahan arus korosi (i_{corr}) dari 1,81 μA untuk sampel tanpa perlakuan (*raw*) menjadi 0,24, 0,17 dan 0,09 μA masing untuk sampel dengan waktu implantasi ion N 20, 30 dan 40 menit, sehingga laju korosi permukaan sampel dapat diturunkan dari 0,7921 mpy menjadi 0,1046, 0,0761 dan 0,0385 mpy untuk sampel tanpa perlakuan, implantasi ion nitrogen 20, 30 dan 40 menit.



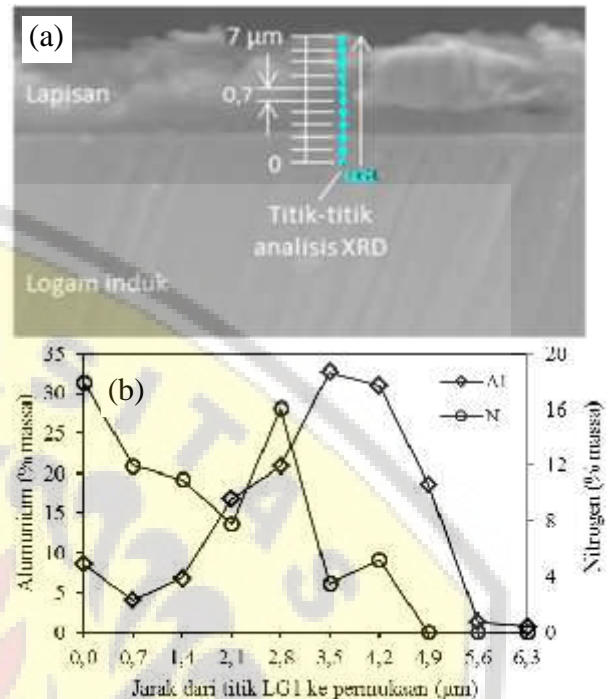
Gambar. 5. Perbandingan permukaan sampel setelah uji korosi untuk sampel tanpa perlakuan dengan sampel yang memperoleh implantasi ion N terdeposisi *d.c. magnetron sputtering* Al di dalam media 0,9% NaCl; a). tanpa perlakuan, b). implantasi nitrogen 20 menit, c). implantasi nitrogen 30 menit, d). implantasi 40 nitrogen menit.

Gambar 5 menunjukkan perbandingan permukaan sampel setelah uji korosi pada sampel tanpa perlakuan (*raw*) dan sampel dengan perlakuan implantasi ion N pada permukaan baja AISI 410 terdeposisi *d.c. magnetron sputtering* Al. Permukaan sampel tanpa perlakuan menunjukkan pori atau lubang pada permukaan dengan potensial sekitar -341,04 mV. Arus korosi (i_{corr}) turun bertahap dari 1,81 μA untuk sampel tanpa perlakuan menjadi 0,24; 0,17 dan 0,09 μA masing-masing untuk sampel dengan waktu implantasi nitrogen 20, 30 dan 40 menit, sehingga laju korosi juga mengalami penurunan sesuai pola penurunan pada arus korosi (i_{corr}). Deposisi Al pada permukaan yang berwarna putih ditampilkan dalam Gambar 5c.



Gambar 6. Polarisasi Tafel implantasi ion N untuk variasi waktu 20, 30 dan 40 menit pada lapisan film Al.

Gambar 6 menunjukkan Polarisasi Tafel implantasi ion N dengan variasi waktu 20, 30 dan 40 menit pada lapisan film Al. Gambar 7 menunjukkan observasi SEM-EDX implantasi ion nitrogen pada baja AISI 410 terdeposisi Al waktu implantasi 30 menit. Hasil analisis EDX menunjukkan bahwa unsur-unsur Al dan N terdistribusi pada permukaan baja AISI 410



Gambar 7. Observasi SEM/EDX penampang melintang sampel hasil implantasi ion nitrogen 30 menit pada baja AISI 410 terdeposisi Al; a). Lapisan pada penampang melintang; b). Analisis EDX unsur Al dan N pada penampang melintang. c). Distribusi unsur Al dan N pada penampang melintang

Pola grafik kekasaran permukaan dengan laju korosi tidak memiliki kecenderungan yang sama, hal ini disebabkan permukaan substrat tidak mengalami kontak langsung dengan media korosi NaCl 0,9%. Penutupan pori atau celah pada permukaan sampel disebabkan oleh deposisi Al dan N, seperti ditunjukkan dalam Gambar 5. Berdasarkan hasil uji elektrokimia dengan menggunakan polarisasi potensiodinamik dalam larutan 0,9% NaCl, implantasi ion nitrogen pada lapisan aluminium dapat menurunkan laju korosi, karena penutupan lubang-lubang pada permukaan, sehingga tidak menyebabkan korosi galvanik [14-15]. Ketahanan korosi lebih disebabkan oleh deposisi atom-atom Al pada permukaan, sedangkan atom-atom N berdifusi diantara atom-atom Al [7]. Deposisi atom-atom Al pada permukaan baja AISI 410 seperti dalam Gambar 5d akan bersifat proteksi katodik.

Analisis EDX pada Gambar 7a dan 7b menunjukkan bahwa aluminium terdeposisi pada permukaan substrat. Aluminium memiliki massa atom relatif kecil yaitu 26 smu, sehingga *sputtering* Al pada kondisi tidak ideal menyebabkan efisiensi deposisi atom-atom Al menjadi rendah, karena terjadi deposisi balik ke permukaan target Al sendiri atau ke wadah *sputtering* (*sputtering chamber*) yang disebut dengan

backscattering. Atom-atom Al akan terdeposisi di atas atom-atom Fe dan tidak berdifusi, karena tidak memenuhi aturan Rothary-Humprey struktur kristal berbeda, yaitu Al (fcc) dan Fe (bcc). Fe memiliki jari-jari atom 0,124 nm dan Al 0,143 nm, sehingga perbedaan jari-jari atom keduanya lebih besar dari 15%. Atom-atom Al juga sulit larut diantara atom-atom Cr, karena: jari-jari atom Cr, $r_{Cr} = 0,128$ nm, jari-jari atom $r_{Al} = 0,143$ nm memungkinkan terjadi kelarutan, akan tetapi memiliki struktur kristal berbeda yaitu: Cr (bcc) dan Al (fcc), sehingga tidak memenuhi aturan Rothary-Humprey. Nitrogen memiliki massa atom kecil yaitu 14 smu, sehingga kemungkinan nitrogen akan berdifusi diantara atom-atom Al atau masuk ke permukaan substrat [16].

Proses terbentuknya senyawa AlN sangat sulit dilakukan, karena proses dilakukan dua tahap, yaitu sputtering Al dan implantasi ion N, sehingga Al akan teroksidasi lebih dahulu. Atom-atom oksigen yang terjebak akan berdifusi menggantikan unsur N. Tingkat energi pembentukan oksida lebih rendah jika dibandingkan pembentukan nitrida (Mohamed, 2008). Implantasi ion N pada lapisan film Al menghasilkan senyawa AlN dan Al_2O_3 (Lampiran analisis XRD dan EDX). Aluminium memiliki struktur fcc, sehingga Al akan terdeposisi pada permukaan bukan substrat tidak berdifusi. Atom-atom N akan berdifusi diantara atom-atom Al. Senyawa Al_2O_3 terjadi karena proses *sputtering* dan implantasi ion dilakukan pada perangkat alat yang berbeda, sehingga memerlukan waktu untuk memindahkan sampel. Pemindahan sampel menyebabkan lapisan film Al teroksidasi. Energi Gibbs pembentukan Al_2O_3 $\Delta G_f = -1576$ kJ/mol, sedangkan pembentukan AlN $\Delta G_f = -219,2$ kJ/mol, sehingga oksida atom Al lebih mudah membentuk oksida daripada nitrida [17].

4. Kesimpulan

Implantasi ion N pada lapisan *d.c. magnetron sputtering* Al meningkatkan kekerasan baja AISI 410 dari 183 VHN menjadi 230 VHN, dan memperbaiki ketahanan ausnya. Laju korosi sampel kombinasi *d.c. magnetron sputtering* Al dan implantasi ion N tidak tergantung pada sifat kekerasan permukaan logam, tetapi tergantung kemampuan lapisan menutupi permukaan logam. Deposisi logam Al pada permukaan baja AISI 410 meskipun tidak terbentuk lapisan nitrida sangat berperan melindungi permukaan logam dan bersifat proteksi katodik.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Dr. Ir. Viktor Malau, DEA, Prof. M. Noer Ilman, ST, M.Eng, Dr. Eng. Priyo Tri Iswanto, ST, M.Eng yang telah memberikan dedikasi dan semangat untuk menyelesaikan penelitian ini.

Daftar Pustaka


1) Ezechidelu, J. C., Enibe, S. O., 2016, *Effect of Heat Treatment on the Microstructure and Mechanical Properties of a Welded AISI 410 Martensitic Stainless Steel*, International Advanced Research


Journal in Science, Engineering and Technology, Vol. 3 (4), pp. 6-12.

- 2) Mabruri, E., Syahlan, Z. A., Anwar, S. M., Romijarso, T. B., Adjiantoro, B., 2017, *Effect of Tempering Temperature on Hardness and Impact Resistance of the 410-1Mo Martensitic Stainless Steel for Steam Turbine Blades*, International Journal of Engineering and Technology, Vol. 8 (6), pp. 2547-2551.
- 3) Khattak, M. A., Noh, M. M., Tamin, M. N., Iqbal, N., Syarif, A. H. M., Kazi, S., Ghafar, M. H. A., 2016, *Effect of Artificially Produced Pit-Like Defect on the Strength of AISI 410 Stainless Steel Compressor Blades*, Jurnal Teknologi, 78(6), pp. 117-121
- 4) ASTM F 899-02, 2006, Medical and Surgical Material and Devices; Anesthetic and Respiratory Equipment; Pharmaceutical Application of Process Analytical Technology
- 5) Smith, W., 1993, Structure and Properties of Engineering Alloys, 2nd edition, McGraw Hill New York
- 6) Corengia, P., G. Ybarra, C. Moina, A. Cabo, E. Broitman, 2004, Microstructure and Corrosion behavior of DC-Pulsed Plasma Nitrided AISI Martensitic Stainless Steel, *Surface & Coatings Technology* 187, pp. 63-69
- 7) Li, C.X., dan T. Bell, 2006, Corrosion Properties of Plasma Nitrided AISI 410 Martensitic Stainless Steel in 3.5% NaCl and 1% HCl, *Corrosion Science* 48, pp. 2036-204
- 8) Jones, D. A., 1996, *Principles and Prevention of Corrosion*, Prentice-Hall, Englewood-Cliff
- 9) Carvalho, N. J. M., 2001, Low Friction and Wear Resistant Coatings Microstructure and Mechanical Properties, Groningen University Press
- 10) Brojan, M., D. Bombac, F. Kosel, T. Videvic, 2008, Shape Memory Alloys in Medicine, *Materials and Geoenvironment*, Vol. 55, No. 2, pp. 173-189
- 11) Dobrzanski, L.A., S. Skrzypek, D. Pakula, A. Kriz, J. Mikula, 2009, Influence of the PVD and CVD Technologies on the Residual Macro-Stresses and Functional Properties of the Coated Tool Ceramics, *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering (JAMME)*, Vol. 35, Issue 2, pp 162-168
- 12) Stueber, M., H. Holleck, H. Leiste, K. Seemann, S. Ulrich, C. Ziebert, 2009, Concept for the Design of Advanced Nanoscale PVD Multilayer Protective Thin Films, *Journal of Alloys and Compounds* 483, pp. 321-333
- 13) Zhao, S.S., H. Du, W. G. Hua, J. Gong, J. G. Li, C. Sun, 2007, The Depth Distribution of Residual Stresses in (Ti,Al)N Films: Measurement and Analysis, *Journal Material Research*, Material Research Society
- 14) Perillo, P.M., 2006, Corrosion Behavior of Coating of Titanium Nitride and Titanium-Titanium Nitride on Steel Substrates, *Corrosion*, Vol. 62, No. 2, pp. 182-185
- 15) Creus, J., H. Mazile, H. Idrissi, 2000, Porosity Evaluation of Protective Coatings Onto Steel Trough Electrochemical Techniques, *Surface and Coatings Technology* 130, pp. 224-232

- 16) Olsson, M. K., dan K. Macak, 2000, Mechanisms for Reactive DC Magnetron Sputtering of Elements with Different Atomic Masses: Large Area Coatings of Al Oxide and W Oxide, *Thin Solid Films* 371, pp. 86-94.
- 17) Sharafat, S., dan N. Ghoniem., 2000, Thermodynamic Stability Assesment of Oxides, Nitrides, and Carbides in Liquid Sn-25Li, *University of California Loss Angeles*, pp. 24-32.

	<p>Gaguk Jatisukanto, menyelesaikan pendidikan S1 Teknik Mesin dari Universitas Brawijaya pada tahun 1995. Pendidikan magister Teknik Mesin diselesaikan di Universitas Gadjah Mada pada tahun 2002, dengan area riset tentang kelelahan pada material. Pada tahun 2015 menyelesaikan pendidikan doktoral di Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta. Saat ini ia bekerja sebagai dosen di Jurusan Teknik Mesin Universitas Jember. Bidang penelitian utama yang digeluti adalah surface treatment dan korosi</p>
---	--

	<p>Viktor Malau, menyelesaikan studi program sarjana dari Jurusan Teknik Mesin UGM tahun 1985. Ia menyelesaikan studi program Master dengan topik penelitian Genie des Materiaux dari Ecole Centrale de Lyon, Perancis pada tahun 1993. Gelar Doktor dalam bidang Genie des Materiaux, Ecole Centrale de Lyon, France, pada tahun 1996, dengan topik penelitian dalam bidang Surface Treatment and Characterization, and Corrosion, Engineering materials</p>
--	--

	<p>M. Noer Iلمان, menyelesaikan studi S1 Teknik Mesin UGM pada tahun 1994,. Gelar Master diperoleh dari School of Materials, The University of Leeds, United Kingdom tahun 1997. Ia menyelesaikan gelar Doctor dari Department of Materials dari The University of Leeds, United Kingdom pada tahun 2001.</p>
---	--

	<p>Priyo Tri Iswanto, menyelesaikan pendidikan S1 dari jurusan Teknik Mesin UGM. Gelar Master diperoleh dari Kyusu University, Japan. Ia berhasil menyelesaikan gelar Doktor dari Kyusu University, Japan</p>
---	--