



ISSN : 2541-0725



FORUM KOMUNIKASI METALURGI DAN MATERIAL SE-INDONESIA

PROSIDING

SEMINAR NASIONAL METALURGI DAN MATERIAL IX (SENAMM IX) 2016

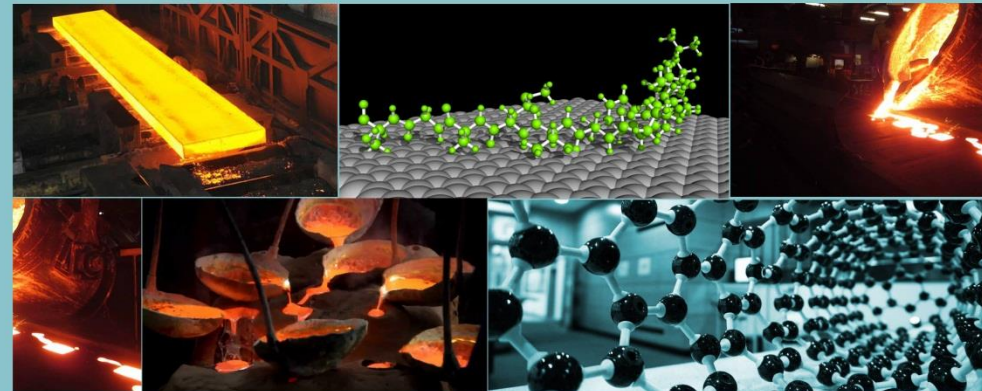
*"Kolaborasi Riset Metalurgi dan Material Untuk
Meningkatkan Daya Saing Dalam Menghadapi
Masyarakat Ekonomi ASEAN (MEA)"*

CILEGON, 11 Oktober 2016

Seminar Nasional Metalurgi dan Material IX 2016



JURUSAN METALURGI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA



SEMINAR NASIONAL METALURGI DAN MATERIAL IX

**“KOLABORASI RISET METALURGI DAN MATERIAL UNTUK
MENINGKATKAN DAYA SAING DALAM MENGHADAPI
MASYARAKAT EKONOMI ASEAN (MEA)”**

PROSIDING

**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
CILEGON, 11 OKTOBER 2016**

SUSUNAN DEWAN REDAKSI

Penanggungjawab : Dr. Eng. A. Ali Alhamidi

Dewan Redaksi

Ketua : Muhammad Fitrullah, S.T., M.T

Anggota : Abdul Aziz, S.T., M.T
Anistasia Milandia, S.T., M.T
Andinnie Juniarsih, S.T., M.T
Yanyan Dwiyantri, S.Si, M.Si
Aditya Trenggono, S.T., M.Sc

Mitra Bestari : Prof. Anne Zulfia M.Phil.Eng., Ph.D (UI)
Prof. Dr. Kuncoro Diharjo, ST, MT (UNS)
Dr. Eng. Akhmad Ardian Korda, MT (ITB)
Prof. Ir. Jamasri, Ph.D (UGM)
Dr. Supono Adi Dwiwanto, Ing., Ir (UNJANI)

Pelaksana Redaksi : Alfirano, S.T., M.T., Ph.D
Tri Partuti, S.Si, M.Si
Tiara Triana, S.T., M.T
Bening Nurul Hidayah Kambuna, S.T., M.T
Yeni Muriani Zulaida, S.T., M.T

Penerbit : Jurusan Metalurgi Fakultas Teknik
Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
Jl. Jend. Sudirman Km. 03 Cilegon, Banten
Telp.0254-395502 ext. 17 Fax. 0254-395440

Alamat Sekretariat : Jurusan Metalurgi Fakultas Teknik
Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
Jl. Jend. Sudirman Km. 03 Cilegon, Banten
Telp.0254-395502 ext. 17 Fax. 0254-395440

KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji syukur kehadirat Allah SWT, atas berkat dan rahmat-Nya pada tanggal 11 Oktober 2016 telah diselenggarakan Seminar Nasional Metalurgi dan Material IX (SENAMM IX) oleh Jurusan Teknik Metalurgi, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa di Gedung CoE, Fakultas Teknik, Untirta, Cilegon, Banten dengan tema **“Kolaborasi Riset Metalurgi dan Material untuk Meningkatkan Daya Saing dalam Menghadapi Masyarakat Ekonomi ASEAN (MEA)”**.

Seminar Nasional Metalurgi dan Material IX dibuka dengan sambutan dari Ketua Panitia (Abdul Aziz, ST, MT), Dekan Fakultas Teknik (Dr. Eng. A. Ali Alhamidi) dan Rektor Universitas Sultan Ageng Tirtayasa (Prof. Dr. H. Sholeh Hidayat, M.Pd.). Pembicara kunci pada seminar ini adalah Gubernur Banten (diwakili oleh Drs. M. Natsir Aziz, M.Si, M.Kes. selaku staf ahli gubernur bidang ekonomi dan keuangan), Ir. Djoko Muljono, ME, MM dari Jurusan Teknik Metalurgi Untirta, Prof. Bambang Suharno dari Departemen Teknik Metalurgi dan Material FTUI, Prof. Zenji Horita dari Kyushu University dan Prof. Takayuki Narushima (Tohoku University).

Hasil dari SENAMM IX dipublikasikan dalam bentuk Prosiding versi CD yang merupakan kumpulan makalah yang dipresentasikan dan berasal dari berbagai institusi pendidikan, lembaga penelitian dan praktisi/industri. Makalah yang berjumlah 95 makalah dengan topik metalurgi ekstraksi, metalurgi manufaktur, korosi dan analisa kegagalan, karakterisasi material, aplikasi material keramik, polimer dan komposit, permodelan dan simulasi material, desain dan inovasi material, nanomaterial, biomaterial dan rekayasa mekanik material dipresentasikan secara oral menjadi 3 kelompok, yaitu metalurgi proses, metalurgi manufaktur dan rekayasa material.

Kami atas nama Panitia SENAMM IX 2016 menyampaikan terima kasih sebesar-besarnya kepada para penilai/*reviewer*, Forum Komunikasi Metalurgi dan Material se-Indonesia (FKMMI), para sponsor dan seluruh panitia atas segala bantuan dan kerjasamanya dalam menyukseskan seminar ini. Semoga Prosiding ini bermanfaat bagi peneliti, dosen, mahasiswa dan praktisi/industri, khususnya di bidang metalurgi dan material.

Cilegon, Oktober 2016

Panitia SENAMM IX

KATA SAMBUTAN

KETUA PANITIA SENAMM IX 2016

Yth. Bapak Dr. Eng. A. Ali Alhamidi, Dekan FT. Untirta

Yth. Bapak Prof. Dr. H. Sholeh Hidayat, M.Pd., Rektor Untirta

Yth. Drs. M. Natsir Aziz, M.Si, M.Kes., staf ahli gubernur bidang ekonomi dan keuangan

Yth. Bapak Ir. Djoko Muljono, ME, MM, Dosen Teknik Metalurgi FT Untirta

Yth. Bapak Prof. Bambang Suharno, Departemen Teknik Metalurgi dan Material FTUI

Yth. Bapak Prof. Zenji Horita, Kyushu University

Yth. Bapak Prof. Takayuki Narushima (Tohoku University) dan

Para hadirin dan undangan sekalian yang kami muliakan,

Puji dan syukur kami panjatkan ke kehadiran Allah SWT yang atas ijin, rahmat dan karunia-Nya sehingga kami dapat melaksanakan Seminar Nasional Metalurgi dan Material IX (SENAMM IX) 2016.

Seminar Nasional Metalurgi dan Material (SENAMM) merupakan seminar tahunan yang diadakan oleh Forum Komunikasi Metalurgi dan Material se-Indonesia (FKMMI). Pada tahun ini SENAMM IX diselenggarakan oleh Jurusan Teknik Metalurgi, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa dengan tema **“Kolaborasi Riset Metalurgi dan Material untuk Meningkatkan Daya Saing dalam Menghadapi Masyarakat Ekonomi ASEAN (MEA)”**

Seminar ini diharapkan dapat menyumbangkan hasil penelitian yang bermanfaat untuk menghasilkan produk yang berkualitas dan ekonomis serta tidak kalah bersaing dari produk dari negara-negara ASEAN lainnya dengan dimulainya era Masyarakat Ekonomi ASEAN (MEA) sejak 1 Januari 2016. Untuk mencapai hal tersebut diperlukan penelitian yang berkesinambungan antara peneliti, akademisi, industri dan peran pemerintah untuk dapat mengubah paradigma masyarakat yang masih bersifat konsumtif untuk menjadi masyarakat yang produktif, kreatif dan inovatif. Selain itu, seminar ini juga merupakan ajang untuk bersilatuhrahim antar pihak-pihak terkait dan pemerhati perkembangan dunia metalurgi dan material.

Pada seminar ini terdapat 94 makalah yang berasal dari institusi pendidikan, lembaga penelitian dan praktisi/industri yang diterbitkan dalam Prosiding versi CD setelah melalui proses *review* dan edit oleh pelaksana redaksi SENAMM IX.

Akhir kata, atas nama Panitia SENAMM IX, kami mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah berpartisipasi dalam seminar ini. Terima kasih kami ucapkan kepada PT. Multi Fabrindo Gemilang, PT. Buana Prima Raya, PT. Tawada Graha, PT. Sigma Mitra Sejati, PT. Gestrindo Sakti Utama dan PT. Fajar Mas Murni atas dukungannya dalam pelaksanaan seminar ini. Kami berharap kerjasama ini dapat terus terbina untuk kemajuan riset di bidang metalurgi dan material.

Saya mewakili seluruh kepanitiaan SENAMM IX memohon maaf sebesar-besarnya jika ada hal-hal yang kurang berkenan dalam pelaksanaan seminar baik teknik maupun non-teknis.

Wassalamu'alaikumsalam, Wr. Wb

Abdul Aziz,
Ketua SENAMM IX

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	iv
KATA SAMBUTAN KETUA PANITIA SENAMM IX 2016	v
DAFTAR ISI.....	viii
SESI PLENO I: KEYNOTE SPEAKER	
Zenji Horita - Production of high-performance hydrogen storage materials using process of severe plastic deformation under high pressure.....	1
Kyosuke Ueda,Alfirano,Takayuki Narushima - NiTi and Co-Cr Alloys Used in Biomedical Stents.....	7
SESI PARAREL :METALURGI PROSES	
Agus Budi Prasetyo,Wahyu Mayangsari,Lindasari - PROSES KALSINASI TERHADAP BIJIH NIKEL LATERIT JENIS LIMONIT PADA TEMPERATUR 600 °C, 800 °C DAN 1000 °C.....	17
Ahmad Royani,Eko Sulistiyono - Kinetika proses kalsinasi pada pembuatan kalsium-magnesium oksida dari mineral dolomit	23
Inas Amirah Hanan,Zulfiadi Zulhan - Pengaruh penambahan CaO dan NaCl serta waktu reduksi terhadap perolehan (recovery) nikel dan besi dari bijih nikel saprolit dengan metode isothermal-gradien temperatur	29
Ir. Puguh Prasetyo - Proses Hydrometalurgi Khususnya Proses Berbasis HPAL/PAL Belum Mapan (Unproven Technology) Untuk Mengolah Laterit Kadar Rendah	37
Erlina Yustanti,Andinnie Juniarsih,Eko Haryanto - Pengaruh Laju Alir dan Waktu Flotasi pada Pembuatan Kokas menggunakan Metode Blending Non Cooking Coal dengan Cooking Coal	45
SINTESIS PIGMEN BESI OKSIDA (α-Fe₂O₃) DARI BIJIH BESI PRIMER JENIS MAGNETIT (Fe₃O₄)	
Agus Budi Prasetyo, Puguh Prasetyo, Erick Ryan Yulianto - SINTESIS PIGMEN BESI OKSIDA (α -Fe ₂ O ₃) DARI BIJIH BESI PRIMER JENIS MAGNETIT (Fe ₃ O ₄)	51
Fakhreza Abdul,Sungging Pintowantoro,Adji Kawigraha,Dio Yoshitaka Anggarda - Studi Variasi Jenis Fluks Terhadap Proses Reduksi dan Morfologi Briket Bijih Nikel Laterit dalam Proses Aglomerasi untuk Persiapan Bahan Baku Mini Blast Furnace.....	58
Santi Ari Respati, Adji Kawigraha, Abdul Hapid, Angella Natalia Ghea Puspita - Analisis Thermogravimetri pada Proses Reduksi Bijih Laterit Nikel	65

Mohammad Zaki Mubarak, Zela Tanlega Ichlas, Wahyudin Prawira Minwal, Riri Dasmiranti, Andik Yudiarto - Proses Ekstraksi Nikel dan Magnesium dari Terak Peleburan Ferronikel dengan Pelindian dan Ekstraksi Pelarut	72
Sungging Pintowantoro, Fakhreza Abdul, Adji Kawigraha, Afriyanto, M.Hidayatullah Nur - Analisa Numerik Pengaruh Laju Alir Udara terhadap Distribusi Temperatur dan Tekanan Pada Mini Blast Furnace (Mbf).....	78
Agus Junaedi, Fajar Nurjaman, Yusup Hendronursito, Suharto - Rancang Bangun dan Uji Performa Dry-Magnetic Separator	88
Ariyo Suharyanto, Latifa Hanum Lalasari - Pengaruh Ukuran Butir terhadap kelarutan Kasiterit	93
Andi Rustandi, Ariyana Dwiputra Nugraha - Investigasi Struktur Mikro secara 3 Dimensi terhadap Korosi Temperatur Tinggi Material Tube Boiler	98
Arif Basuki - Mikrostruktur, Kekerasan dan Ketahanan Aus Aluminium Berpenguat Al ₃ Ni.....	104
Faizinal Abidin, Adji Kawigraha, Abdul Hapid, Wahyu Garinas - Karakterisasi Bijih Besi Kabupaten Lamandau, Provinsi Kalimantan Tengah.....	111
Eko Sulistiyono - KARAKTERISTIK HASIL PROSES REKRISTALISASI ALAM PADA BATU KAPUR	116
Nadia Chrisayu Natasha, Eko Sulistiyono - Studi potensi pertambangan garam di Kabupaten Rembang untuk bahan baku magnesium karbonat	123
Faizinal Abidin, Mahendra Anggaravidya, Ade Sholeh Hidayat - Optimasi Formula Vulkanisat Pneumatic Rubber Fender (PRF) Untuk Peningkatan Ketahanan Terhadap Proses Aging	129
Nashiratunnisa, Musfirah Cahya, Elda Rayhana - Variasi Suhu Dalam Pembentukan Puncak - Puncak Difraksi Kalsium Karbonat (CaCO ₃) Pada Kulit Telur Ayam Broiler	137
Nur Ikhwani, Adji Kawigraha, Abdul Hapid, Wahyu Garinas - Analisa Pengujian Work Index serta Karakterisasi Unsur dan Senyawa pada Bijih Besi Lamandau Kalimantan Tengah.....	142
Sugeng Supriadi, Bambang Suharno, Tjokro Prasetyadi, Adam Septiyono Arlan, Estaura Rahmandari, Danang Widiyanto Mohammad, Gerra Maulana, Rizki Hidayatullah - PENGARUH BAKTERI STREPTOCOCCUS MUTAN, STAPHYLOCOCCUS AUREUS, DAN CANDIDA ALBICAN TERHADAP MICROBIOLOGY INDUCED CORROSION DAN BIOCOMPATIBILITY HEAT TREATED STAINLESS STEEL 17-4 PH.....	147
Husaini Ardy, Maya Nurlaila Putri - STUDI OKSIDASI LOGAM INDUK DAN LAS BAJA SA213 T91 DENGAN DEPOSIT Na ₂ SO ₄ PADA TEMPERATUR 750 DAN 850°C	154

Indah Uswatun Hasanah, Asep Ridwan Setiawan, Aditianto Ramelan, Ahmad Nurrudin - Studi Awal Pengaruh Frekuensi Arus pada Proses Pelapisan Cu-Fe diatas Substrat SUS 430 dengan Metoda Pulsed Current Electrodeposition	160
Gadang Priyotomo, Lutviasari Nuraini - Studi Awal Potensi Limbah Organik Kulit Buah Kelengkeng Sebagai Inhibitor Korosi Alami pada Baja karbon di Media Larutan Asam Klorida.....	167
Bambang Widyanto, Irma Pratiwi, Arie Wibowo - Studi Pengaruh CO ₂ dan Asam Asetat (HAc) pada Korosi Baja API 5L X65 dalam Lingkungan NaCl	176
Abdul Hay, Muhammad Syahid, Milka Rante - Pengaruh Penambahan Unsur Mg Pada Paduan Al-10Si Terhadap Ketahanan Korosi Erosi.....	182
A. Purniawan, H. Ardyananta, A. Rahman - Pengaruh Tekanan Blasting Terhadap Kekuatan Adhesi Epoxy Coating Pada Baja Karbon di Lingkungan Laut	186
Aldy Kurnia Azhari, Yanyan Dwiyaniti, S.Si., MT, Ir. Wahyudin - STUDI PENGARUH TEMPERATUR DAN PENAMBAHAN Ca(OH) ₂ PADA PROSES PHOSPHATING TERHADAP DAYA REKAT ORGANIC COATING PADA BAJA GALVANIS	192
Arie Wibowo, Bunbun Bundjali, Bambang Sunendar P. - Pengaruh Doping Asam Klorida terhadap Kristalinitas, Jumlah dan Mobilitas Pembawa Muatan dalam Polianilin	198
Dedi Irawan, Saefudin - PENGARUH SiC PADA BAJA KARBON RENDAH HASIL PELEBURAN SCALLING BAJA DAN BESI LATERIT KADAR RENDAH.....	203
Didied Haryono, Hermansyah Emir Faisal, Kholis Daniah, Harisma Nugraha, Mahfudz Al Huda, Sri Harjanto - Simulasi Monitoring Proses Flotasi Kolom Menggunakan Electrical Capacitance Volume Tomography.....	211
Dipo Wiro Sekti, Muhammad Fitrullah, Yanyan Dwiyaniti, Tri Partuti - PENGARUH COATING BREAKDOWN DAN MEDIA TANAH TERHADAP CURRENT DENSITY YANG DIBUTUHKAN DI PIPA API 5L HASIL COATING WRAPPING TAPE PADA APLIKASI IMPRESSED CURRENT CATHODIC PROTECTION (ICCP).....	235
Husaini Ardy, Muhammad Rafiansa - Studi oksidasi baja ASTM A-213 T22 dengan Lapisan Garam Na ₂ SO ₄ pada Temperatur 550 dan 650°C.....	240
Mizwar Purnama Rachman, Yanyan Dwiyaniti, S.Si., MT, Ir. Wahyudin - PENGARUH WAKTU CELUP DAN TEMPERATUR PROSES PHOSPHATING TERHADAP GAYA ADHESI ORGANIC COATING PADA BAJA GALVANIS.....	247

Muhammad Victoryan N, Soesaptri Oediyani, Ir.,Me., Andinnie Juniarsih, ST., MT. -
Karakterisasi dan Pengolahan Bertingkat Pasir Besi Pantai Selatan Pulau Jawa Dengan
Metode Screening Dan Magnetic Concentration254

PENGARUH TEMPERATUR PADA COATING WRAPPING TAPE TERHADAP
COATING BREAKDOWN DAN CURRENT
R.E.Dinar Rahmawati, Muhammad Fitrullah, S.T.,M.T, Yanyan Dwiyantri, S.Si.,M.T -
DENSITY PADA PIPA BAJA DALAM APLIKASI IMPRESSED CURRENT
CATHODIC PROTECTION (ICCP).....261

Tomi Purwono - PROPOSED TECHNOLOGY TO PROCESS INDONESIAN
IRON SAND268

Tubagus Noor R, Budi Agung K, Sepriyandhy Jaya H - PERANCANGAN SISTEM
PROTEKSI KATODIK ANODA KORBAN PADA PIPA BAJA API 5L GRADE B
COATING DAN NON-COATING DI DALAM TANAH MENGGUNAKAN ANODA
ZINC274

Wardalia - PENGARUH KONSENTRASI AKTIVATOR DAN UKURAN PARTIKEL
DALAM PEMBUATAN ADSORBEN CANGKANG KACANG TANAH.....282

Yuli Yetri, Gunawarman, Rahmi Hidayati - Pengaruh Penggunaan Inhibitor Ekstrak Kulit
Buah kakao (*Theobroma cacao*) Terhadap Perbaikan Sifat mekanik Baja Lunak Setelah
Korosi290

Alfred Gurning, M. Zaki Mubarak - Recovery besi dan titanium serta regenerasi asam dari
larutan hasil pelindian konsentrat pasir besi dalam larutan asam klorida menggunakan
metode distilasi.....302

Abu Khalid Rivai, Bambang Sugeng, Deswita, Rohmad Salam, Agus Sudjatno, Sumaryo,
Fauziyah Amini, Dian Fitriyani - Sintesis Baja Feritik ODS (Oxide Dispersion
Strengthened) 20% Kromium Secara Pemaduan Mekanik Dengan High Energy Ball
Milling: Studi Awal.....317

Edward Armanda Wardaya, Zulfiadi Zulhan - Pengaruh variasi laju kenaikan temperatur
dan ukuran butiran konsentrat terhadap reduksi briket komposit konsentrat pasir besi
menggunakan reduktor batubara dengan metode isothermal-gradien temperatur323

Richman Mulia Rocky, Ir. Soesaptri Oediyani, M.E., Anistasia Milandia, S.T., M.T. -
PENGARUH JENIS DAN VARIASI KOMPOSISI REDUKTOR TERHADAP
PEROLEHAN PERSEN METALISASI HASIL REDUKSI PASIR BESI
PANDEGLANG330

SESI PARAREL: METALURGI MANUFAKTUR

Abu Khalid Rivai, Bambang Sugeng, Deswita, Rohmad Salam, Agus Sudjatno, Sumaryo,
Fauziyah Amini, Dian Fitriyani - Sintesis Baja Feritik ODS (Oxide Dispersion

Strengthened) 20% Kromium Secara Pemaduan Mekanik Dengan High Energy Ball Milling: Studi Awal.....	337
Alvian Toto, Hosta Ardhayananta, dan Muhammad Shena - Studi Penambahan Aluminium dan Pengaruh Penggunaan Chill terhadap Sifat Mekanik dan Struktur Mikro Paduan Kuningan	345
Rochim Suratman, Afina Hasna Ghaida Taufik - Studi Pengaruh Temperatur Pada Zona Transisi Hasil Furnace Brazing Baja Karbon Rendah dengan Logam Pengisi Kuningan	351
Ayu Pratiwi Hanidah Satriyo Putri, Sri Bimo Pratomo, dan Pawawoi - Pengaruh penambahan Molibdenum (Mo) pada paduan Fe-Cr-Mo (Chromolly Steel) terhadap struktur mikro dan sifat mekaniknya Ayu Pratiwi Hanidah Satriyo Putri	357
Kusmonoa, M. N. Ilman, dan Y.S. Samosir - AUSTEMPERING PADA BAJA COR 0,29C-2,22Si-1,02Mn.....	362
Fathan Bahfie, M. Yunus, Fajar Nurjaman - Pengaruh tempering terhadap struktur mikro dan kekuatan impak pada baja karbon sedang 0,45 C - 0,238 Si - 0,704 Mn - 0,942 Cr.....	368
Yayah Yuliah, Cukup Mulyana - Uji Kekuatan Tarik Baja Karbon pada Temperatur Tinggi	373
Rochim Suratman, Rita Debora Uli - Studi pengaruh kekasaran permukaan pada penyambungan baja karbon rendah dengan logam pengisi kuningan terhadap besar zona transisi hasil furnace brazing pada temperatur 1050 ⁰ C.....	379
Satrio Herbirowo, Dedi Irawan - Pengaruh Perlakuan Panas dan Penempaan terhadap Sifat Kekerasan dan Struktur Mikro pada Baja Laterit	386
Annisa Amalia Martiano, Slameto Wiryolukito - Pengaruh Deformasi Plastis dan Temperatur Terhadap Ketahanan Korosi Sumuran Material UNS N08825 Berdasarkan ASTM G48.....	391
Dian Susanto, Muki Satya Permana, Rochim Suratman - ANALISIS KEGAGALAN COOLER MOTOR POMPA CIRCULATING WATER PUMP DI PLTU (Studi Kasus Di PLTU)	398
Husaini Ardy, Mohammad Hamdani - Studi Oksidasi Sambungan Las Baja Feritik SA 213 – T22 akibat Lapisan Na ₂ SO ₄ pada Temperatur 550 dan 650 ⁰ C.....	402
Hanna Zakiyya, Rini Riastuti, dan Muhammad Anis - Studi Pengaruh Proses Pengelasan terhadap Ketahanan Korosi Baja Tahan Korosi Cuaca Tipe A (BTKC A)	409

Bambang Suharno, Sugeng Supriadi, Muhammad Luthfan Togar, Husain Abdullah, Tjokro Prasetyadi, Hantoro Restucondro Saputro, dan Lingga Pradinda Suharno - PENGARUH PENGUATAN PENUAAN PADA 540°C DAN 570°C TERHADAP KEKERASAN, MIKROSTRUKTUR, DAN KETAHANAN KOROSI DARI STAINLESS STEEL 17-4 PH	416
Dr. Ir. Slameto Wiryolukito, Esa Trisaputra Sidiq - STUDI PENGARUH DEFORMASI PLASTIS TERHADAP KETAHANAN KOROSI CELAH PADA MATERIAL BAJA TAHAN KARAT DUPLEX UNS S32760 BERDASARKAN ASTM G48	422
Dr. Ir. Slameto Wiryolukito, Mohammad Mersa Bayu Wibisono - STUDI PENGARUH DEFORMASI PLASTIS DAN TEMPERATUR TERHADAP KETAHANAN KOROSI CELAH PADA MATERIAL UNS N08825 BERDASARKAN ASTM G48	428
Tubagus Noor Rohmanudin, Sulistijono, Agung Purniawan, Bayu Zen Ahmad - Modifikasi Alat Ekstrak Metode Soxhletasi untuk Produksi Industry Skala Menengah	435
Prof. Dr. Ir. Rochim Suratman, Abdurrahman Alghani - Pengaruh Variasi Temperatur PWHT terhadap Fenomena Dark Band antara Baja Paduan Rendah Cr-Mo dengan Filler Metal ER-308R	440
Prof. Dr. Ir. Rochim Suratman dan Athiya Fathinati Anindya - PENGARUH VARIASI TEMPERATUR AUSTENISASI DAN TEMPERATUR TEMPERING TERHADAP KEKERASAN DAN STRUKTUR MIKRO BAJA PADUAN RENDAH	447
Abdul Aziz, Aditya Trenggono, Muhammad Fitrullah, Yeni Muriani, A. Ali Alhamidi - PENGARUH ARUS DAN ZAT KIMIA PADAT (LOGAM PENGISI) PADA PENGELASAN TIG TERHADAP KEKERASAN, JENIS CACAT, DAN STRUKTUR MIKRO PADUAN TEMBAGA BERILIUM C82000	453
Dr. Eng. A. Ali Alhamidi, ST.,MT., Muhammad Fitrullah, ST.,MT., dan Asfari Azka Fadhillah, - STUDI PENGARUH TEMPERATUR DAN WAKTU AGING TERHADAP SIFAT MEKANIK DAN MIKROSTRUKTUR KOMPOSIT Al/Al ₂ O ₃ HASIL PROSES CANAI DINGIN	463
Cukup Mulyana, Aswad H. Saad - Perbandingan Kekuatan Tarik Temperatur Tinggi untuk Baja Karbon <i>Ferritic</i> SA-213 T22 dan <i>Austenitic</i> SA-213 TP304H	471
Dhimas Satria, Mohammad Fawaid, Haryadi, Sunardi, Rina Lusiani, Erni Listijorini dan Edo Putra Agustyra - Analisa Pengaruh Tempering Dengan Variasi Temperatur dan Waktu Penahanan Terhadap Kekuatan Sambungan Las Aluminium Alloy Seri: 6xxx	486
Hairul Arsyad - Pengaruh Lubrikasi dan Luas Permukaan Kontak Terhadap Nilai Kekasaran Permukaan Pada Aluminum Sirkular Akibat Beban Impak	493

Lukmanul Hakim, Alfirano, Andinnie Juniarsih - PERILAKU TRANSFORMASI FASA γ - HCP PADUAN Co-Cr-Mo ASTM F75 PADA PROSES AGING	499
Lusiana - ANALISA KERUSAKAN PIPA SUPERHEATER PADA BOILER PIPA AIR DI PABRIK KELAPA SAWIT	505
Rochim Suratman dan Priska Kristanti Retnadewi - Studi Pengaruh Kekasaran Permukaan Pada Assembly Baja Karbon Rendah dengan Filler Metal Kuningan Terhadap Zona Transisi Hasil Furnace Brazing Pada Temperatur 950°C	512
Ratna Ekawati, Nafila Amalia - ANALISIS SIX SIGMA UNTUK MENGURANGI CACAT PADA PRODUK BATANG KAWAT DI PABRIK WIRE ROD MILL	518
Rianti Dewi Sulamet-Ariobimo, Gregah Yudha, Yoska Oktaviano, Yusep Mujalis dan Tono Sukarnoto - Penerapan Teknologi Pengecoran Dinding Tipis pada Batang Piston	525
Aditianto Ramelan, Riska Rachmantyo, dan Richo Rezky Bukit - Pengaruh Kadar TiO ₂ , Sudut Impak, Dan <i>Feed Rate</i> Terhadap Ketahanan Aus Lapisan Al ₂ O ₃ + TiO ₂ Hasil Pelapisan <i>Flame Spray</i>	532
Rohmad Salam, Sumaryo, Bandriyana, Agus Sujatno, Arbi Dimiyati - Sintesa Paduan ODS Fe-12Cr Menggunakan APS Dengan variasi kandungan ZrO ₂ dan Waktu Milling Dalam Rangka Studi Proses Pembentukan Fasa Pertama	538
Triyono, Nurul Muhayat, dan Arifudin Anggoro - Lapisan Intermetalik pada Interface Sambungan Las Spot TIG Welding Material Tak Sejenis Antara Baja dan Aluminium	544
Riyan Afrizal, Yeni M. Zulaida, Anistasia Milandia, Suryana - PENGARUH GAYA PUTAR VERTIKAL TERHADAP SEGREGASI MAKRO PADUAN SN-BI PADA KOMPOSISI EUTEKTIK DAN HIPEREUTEKTIK	551
SESI PARAREL : REKAYASA MATERIAL	
Herlina, Muki Satya Permana, Rochim Suratman - PRELIMINARY STUDI PENGGUNAAN MATERIAL KOMPOSIT DAN KARAKTERISTIK PROSES MANUFAKTUR PESAWAT TERBANG TANPA AWAK	556
Hermawan Judawisastra, Untung Ari Wibowo, Achmadana Putratama - Karakteristik Sifat Tarik Serat Bambu Petung (<i>Dendrocalamus asper</i>)	561
Ikhsan Purnomo, Mardiyati, dan Steven - Pengaruh Fraksi Volume Serat Serta Panjang Serat Terhadap Sifat Mekanik Komposit Polipropilena Berpenguat Serat Lidah Mertua	567

Muhammad Fadhil Pradana, Mardiyati, Rochim Suratman - Studi Potensi Damar dengan Penambahan Variasi Komposisi Albumin sebagai Bahan Baku Adhesif Kayu Meranti, Kayu Ulin, dan Kayu Jati	573
Silvia Mar'atus Shoimah, Mardiyati, Steven, dan Arif Basuki - Pembuatan <i>Coating</i> Berbahan Dasar Lignin yang Diisolasi dari Limbah <i>Kraft Black Liquor</i>	579
Hermawan Judawisastra, Untung Ari Wibowo, Bryna Mariska - Karakteristik Sifat Tarik Serat Bambu Ampel Hijau (<i>Bambusa vulgaris</i> var <i>Schrad</i>)	584
Sigit Dwi Yudanto, Mona Sintia, dan Agung Imaduddin - Sintesis Material Superkonduktor MgB ₂ Melalui Proses Reaksi Padat	590
Wahyuaji Narottama Putra, Alfari Radian Wahyudya, Sri Harjanto - Sintesis Partikel Karbon Submikron dengan Metode Kominusi Menggunakan Planetary Ball Mill	595
Muhammad Iqbal Yusrian, Mardiyati, Arif Basuki - Pengaruh Perendaman Air Terhadap Struktur dan Sifat Kayu Ulin.....	600
Mardiyati, Fathimah Azzahro, Steven, Arif Basuki - Pembuatan Kertas dari Limbah Kulit Jagung dan Karakterisasinya	606
Eva Afrilinda, Mardiyati, dan Steven, Bambang Widiyanto - Pemanfaatan Damar Sebagai Alternatif Bahan Baku Pembuatan Coating pada Baja	611
Zulkifli Djafar, Ilyas Jamal, dan Muhammad Daud - Pengaruh lama perendaman serat kulit batang waru (<i>Hibiscus Tillaceus</i>) terhadap sifat kekuatan tarik dan mampu rekat (pull-out) dengan Matriks resin epoksi	618
Mas Irfan P. Hidayat, Hosta Ardyananta, Sigit Tri Wicaksono, Amaliya Rasyida - Algoritma Differential Evolution dan Wavelets untuk Prediksi Umur Lelah Material Komposit dengan Neural Networks	625
Nufus Kanani, Agus Rochmat, Syah Reza Pahlevi, Fitri Yuyu Rohani - ANTIOKSIDAN BERBASIS KUNIR PUTIH DARI PANDEGLANG DENGAN METODE EKSTRAKSI DIGESTI	631
Dyah Lintang Trenggonowati - Pemodelan dan Simulasi Material	635

Analisa Pengaruh Tempering Dengan Variasi Temperatur Dan Waktu Penahanan Terhadap Kekuatan Sambungan Las Aluminium Alloy Seri: 6xxx

Dhimas Satria^{1, a}, Mohammad Fawaid², Haryadi³, Sunardi⁴, Rina Lusiani⁵, Erni Listijorini⁶ dan Edo Putra Agustyra⁷

^{1,2,3,4,5,6,7}Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Cilegon, Indonesia

^adhimas@untirta.ac.id

Abstrak

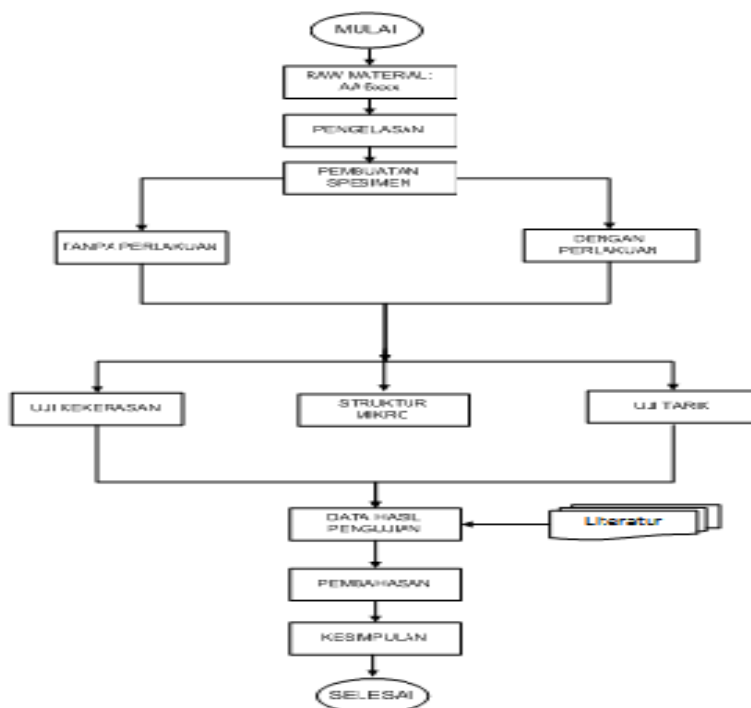
Aluminium dan paduannya memiliki sifat mampu las yang kurang baik. Hal ini disebabkan oleh sifat aluminium sendiri seperti konduktivitas panas yang tinggi, koefisien muai yang besar, bersifat reaktif dengan udara membentuk lapisan aluminium oksida yang menyebabkan cacat las. Maka pada penelitian ini akan dikaji suhu dan waktu penahanan terbaik untuk dilakukannya tempering, mengetahui nilai kekuatan tarik dan luluh, serta nilai kekerasan aluminium setelah diberi perlakuan panas berupa tempering. Aluminium yang telah di las, diberi panaskan kembali sampai temperatur 520⁰ C, kemudian di quenching dengan media air selama 30 menit selanjutnya diberi perlakuan panas kembali berupa tempering dengan varian temperatur 180⁰ C, 200⁰ C dan 220⁰ C, dengan waktu penahanan 1,2 dan 3 jam. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian tarik, pengujian mikro stuktur dan pengujian mikro vickers. Nilai kekuatan tarik pada aluminium yang telah ditemper dengan suhu 200⁰ C yaitu 99 N/mm² lebih tinggi dari aluminium yang tidak mendapatkan pemanasan yaitu 97 N/mm². Kekerasan yang stabil pada logam lasan, daerah haz dan logam lasan didapat pada aluminium dengan temperatur temper 200⁰ C dan waktu penahanan 1 jam yaitu 51,5, 50,25 dan 49,8 HVN.

Kata kunci: Alumunium alloy 6xxx, tempering, quenching, waktu penahanan

PENDAHULUAN

Aluminium merupakan logam ringan yang mempunyai ketahanan korosi yang baik dan hantaran listrik yang baik dan sifat – sifat yang baik lainnya sebagai sifat logam. Sebagai tambahan terhadap, kekuatan mekaniknya yang sangat meningkat dengan penambahan Cu, Mg, Si, Mn, Zn, Ni, dsb. Secara satu persatu atau bersama-sama, memberikan juga sifat-sifat baik lainnya seperti ketahanan korosi, ketahanan aus, koefisien pemuaian rendah^[4]. Material ini dipergunakan di dalam bidang yang luas bukan saja untuk peralatan rumah tangga tapi juga dipakai untuk keperluan material pesawat terbang, mobil, kapal laut, konstruksi. Aluiminium adalah unsur melimpah ketiga terbanyak dalam kerak bumi (sesudah oksigen dan silikon), mencapai 8,2 % dari massa total. Paduan jenis Al-Mg-Si (seri 6xxx). Elemen paduan seri 6xxx adalah magnesium dan silikon. Paduan ini termasuk dalam jenis yang dapat diperlaku - panaskan dan mempunyai sifat mampu potong dan daya tahan korosi yang cukup. Sifat yang kurang baik dari paduan ini adalah terjadinya pelunakan pada daerah las sebagai akibat dari panas pengelasan yang timbul. Paduan jenis ini banyak digunakan untuk tujuan struktur rangka. Peningkatan kekuatan dan kekerasan logam paduan disebabkan oleh adanya 10 atom-atom yang larut yang menghambat pergerakan dislokasi dalam kristal sewaktu deformasi plastik. Secara garis besar paduan aluminium dibedakan menjadi dua jenis yaitu paduan aluminium tempa dan aluminium cor.

METODE



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Pada proses ini material aluminium seri 6xxx dipanaskan kembali sampai mencapai suhu 520°C , perlakuan panas pada aluminium paduan dilakukan dengan memanaskan sampai terjadi fase tunggal kemudian ditahan beberapa saat dan diteruskan dengan pendinginan cepat hingga tidak sempat berubah ke fase lain. Hal ini bertujuan untuk mendapatkan presipitat hardening. Presipitation Hardening adalah proses pengerasan paduan logam dengan menyebarkan partikel-partikel halus secara merata. dengan proses penuaan (*aging*) yang sebelumnya telah mengalami proses pemanasan (*solution treatment*) dan pencelupan cepat (*quenching*).

Sesudah dilakukan pencelupan cepat (*quenching*), dilakukan proses presipitation heat treatment yaitu memanaskan kembali paduan yang telah diquenching dengan varian suhu yaitu 180°C , 200°C dan 220°C , dengan varian waktu penahanan yaitu 1 jam, 2 jam dan 3 jam. Pada tahap ini atom-atom yang dipaksa diam mulai kembali bergerak karena proses pemanasan yang dilakukan dan berdifusi membentuk presipitat fasa kedua, kehadiran presipitat inilah yang akan memberikan efek penguatan. Presipitat yang tersebar secara halus dan merata akan menghambat gerakan dislokasi.

Untuk mengetahui karakteristik dan sifat mekanisme terutama pada kekuatan sambungan las akibat pengaruh tempering, maka akan dilakukan pengujian tarik, pengujian metalografi dan pengujian kekerasan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

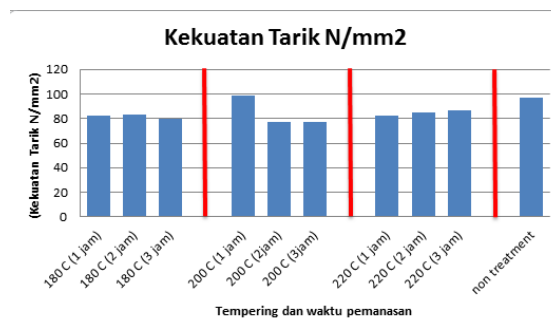
HASIL PENGUJIAN TARIK

Pengujian tarik dilakukan untuk mendapatkan kekuatan luluh (*yield strength*), kekuatan tarik (*tensile strength*), dan *elongation* dari material aluminium alloy 6xxx yang telah dilakukan pengelasan dan dipanaskan kembali dengan suhu heat 520°C diquenching kemudian ditempering kembali dengan suhu yg berbeda yaitu, 180°C , 200°C , dan 220°C serta variasi suhu yang berbeda antara 1 jam, 2 jam, dan 3 jam. Standar yang digunakan dalam pengujian tarik ini adalah ASTM E-8. Sehingga dapat diketahui nilai pengujian tarik sebagai berikut :

Tabel 1. Data Hasil Pengujian Tarik

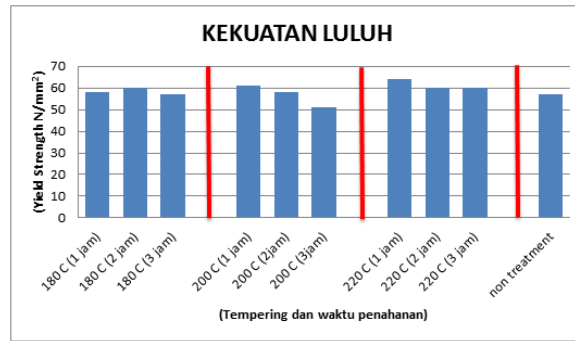
Sampel	Suhu Temper dan Holding Time	Yield strength (N/mm ²)	Tensile strength (N/mm ²)	Elongation (%)
1	180 ⁰ C (1 jam)	58	82	3,66
2	180 ⁰ C (2 jam)	60	83	3,42
3	180 ⁰ C (3 jam)	57	80	4,86
4	200 ⁰ C (1 jam)	61	99	8,13
5	200 ⁰ C (2 jam)	58	77	3,37
6	200 ⁰ C (3 jam)	51	77	6,17
7	220 ⁰ C (1 jam)	64	82	2,71
8	220 ⁰ C (2 jam)	60	85	7,72
9	220 ⁰ C (3 jam)	60	87	11,12

Data hasil pengujian tarik menunjukkan bahwa suhu tempering dan waktu penahanan saat tempering mempengaruhi terhadap kekuatan tarik (*Tensile Strength*), kekuatan luluh (*yield strength*), dan elongation dari material hasil pengelasan aluminium alloy seri 6xxx. Dan berdasarkan data yang telah didapat dari hasil pengujian maka didapatkan nilai kekuatan tarik yang dapat dilihat.

**Gambar 2. Kurva Kekuatan Tarik**

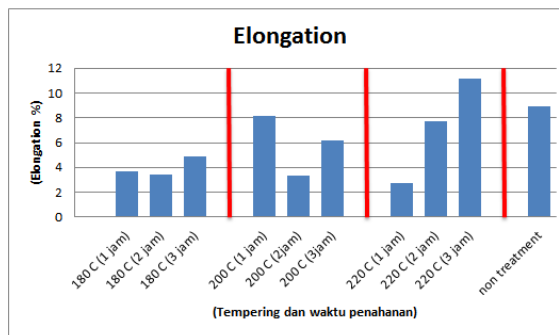
Pada gambar 2 menunjukkan bahwa pada sampel yang telah dilakukan pengelasan SMAW serta mendapat perlakuan panas, didinginkan dengan media air serta di tempering kembali dengan suhu dan waktu penahanan yang berbeda didapatkan kekuatan tarik pada aluminium yang telah ditemper dengan suhu 200⁰ C yaitu 99 N/mm² lebih tinggi dari aluminium yang tidak mendapatkan pemanasan yaitu 77 N/mm². Dari hasil pengujian tarik ini menunjukkan bahwa suhu tempering dan waktu penahanan saat tempering sangat mempengaruhi nilai kekuatan tarik. Semakin tinggi suhu penemperan dan semakin lama didiamkan pada suhu tersebut (lama penemperan) maka akan semakin banyak persipitan yang terbentuk. Hal tersebut disebabkan karena paduan logam yang dipanaskan kembali pada suhu tertentu maka senyawa fasa akan larut – padat dalam satu fasa yang relatif homogen, fasa yang relatif homogen tersebut bila didinginkan akan membentuk fasa larut – padat super jenuh. Kemudian setelah di tempering terbentuklah persipitan berupa partikel endapan fasa yang halus dan tersebar merata sehingga mengakibatkan material menjadi ulet dan ketangguhannya naik.

Namun dari kekuatan tarik ini tidaklah cukup digunakan sebagai acuan untuk menentukan suhu tempering dan waktu penahanan yang baik dalam hasil pengelasan aluminium tanpa memperhatikan kekuatan luluh (*yield strength*) dan elongation yang diperoleh. Pada gambar menunjukkan nilai kekuatan luluh.



Gambar 3. Kurva Kekuatan Luluh

Dari gambar 3 memperlihatkan kembali bahwa kekuatan luluh pada dengan suhu penemperan 200°C dengan waktu penahanan 1 jam 61 N/mm^2 lebih baik dari material yang tanpa mendapatkan perlakuan panas yaitu 57 N/mm^2 . Hal ini terjadi karena presipitat yang terbentuk akibat proses penemperan menghambat dislokasi yang terjadi didalam struktur aluminium alloy 6xxx, sehingga kekuatan luluh dari material tersebut menjadi meningkat. Pada gambar 4.6 menunjukkan nilai elongation atau perubahan panjang yang terjadi pada sampel uji setelah dilakukan pengujian tarik.

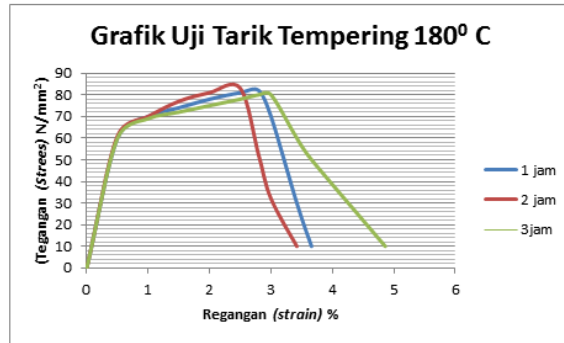


Gambar 4. Kurva Elongation

Pada gambar 4 nilai elongation tertinggi dimiliki sampel dengan suhu tempering 220°C dengan waktu penahanan 3 jam yaitu senilai 11,12%, dan nilai elongation terendah dimiliki sampel dengan suhu tempering 220°C dengan waktu penahanan 1 jam.

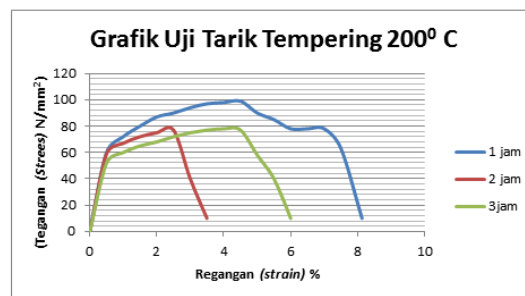
Dari data-data yang telah didapat dapat dianalisa bahwa suhu dan waktu penahanan sangat berpengaruh pada kekuatan tarik, kekuatan luluh dan elongation pada material aluminium alloy seri 6xxx yang telah dilakukan pengelasan dan pemanasan berupa tempering.

Ini terlihat dari kekuatan tarik dan kekuatan luluh berbanding lurus, dimana kekuatan tarik dan kekuatan luluh akan mengalami kenaikan nilai tergantung dari suhu tempering dan waktu penahanannya. Pada sampel 180°C dengan varian suhu penahanan yaitu 1 jam, 2 jam, dan 3 jam memiliki nilai yg lebih rendah dibandingkan dengan suhu tempering 200°C dan 220°C . Hal ini dikarenakan pada proses presipitation heat treatment ini memanaskan kembali paduan yang telah di-quenching. Pada tahap ini atom-atom yang dipaksa diam mulai kembali bergerak karena proses pemanasan yang dilakukan dan berdifusi membentuk presipitat fasa kedua, kehadiran presipitat inilah yang akan memberikan efek penguatan. Presipitat yang tersebar secara halus dan merata akan menghambat gerakan dislokasi.



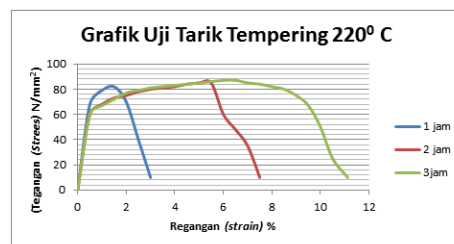
Gambar 5. Grafik Uji Tarik Tempering 180° C

Dari gambar 5 didapat pada spesimen dengan suhu tempering 180° C dan waktu penahanan 1 jam diperoleh nilai tegangan (*stress*) 82 N/mm² dan nilai regangan (*strain*) 3,66%, pada spesimen dengan waktu penahanan 2 jam diperoleh nilai tegangan (*stress*) 83 N/mm² dan nilai regangan (*strain*) 3,42%, sedangkan pada spesimen dengan waktu penahanan 3 jam diperoleh nilai tegangan (*stress*) 80 N/mm² dan nilai regangan (*strain*) 4,86%.



Gambar 6. Grafik Uji Tarik Tempering 200° C

Gambar 6 didapat pada spesimen dengan suhu tempering 200° C dan waktu penahanan 1 jam diperoleh nilai tegangan (*stress*) 99 N/mm² dan nilai regangan (*strain*) 8,13%, pada spesimen dengan waktu penahanan 2 jam diperoleh nilai tegangan (*stress*) 77 N/mm² dan nilai regangan (*strain*) 3,37%, sedangkan pada spesimen dengan waktu penahanan 3 jam diperoleh nilai tegangan (*stress*) 77 N/mm² dan nilai regangan (*strain*) 6,17%.



Gambar 7. Grafik Uji Tarik Tempering 220° C

Gambar 7 didapat pada spesimen dengan suhu tempering 220° C dan waktu penahanan 1 jam diperoleh nilai tegangan (*stress*) 82 N/mm² dan nilai regangan (*strain*) 2,71%, pada spesimen dengan waktu penahanan 2 jam diperoleh nilai tegangan (*stress*) 85 N/mm² dan nilai regangan (*strain*) 7,72%, sedangkan pada spesimen dengan waktu penahanan 3 jam diperoleh nilai tegangan (*stress*) 87 N/mm² dan nilai regangan (*strain*) 11,12%.

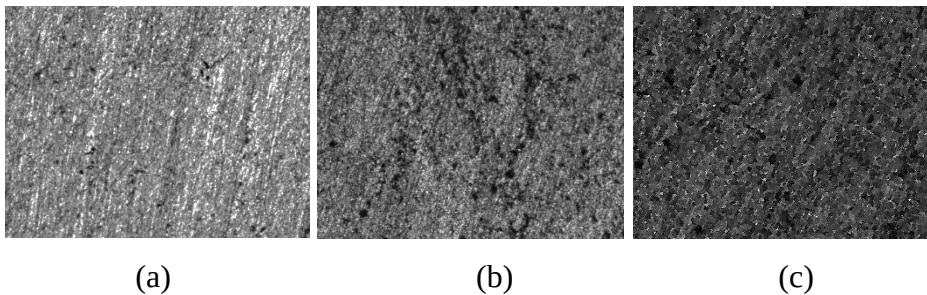
HASIL PENGUJIAN METALOGRAFI

Dari hasil metalografi yang telah dilakukan didapat secara foto struktur mikro pada masing – masing pembagian daerah meliputi logam induk, HAZ dan logam las, etsa yang digunakan pada metalografi ini adalah HF 5 ml, H₂SO₄ 10 ml dan air dan dapat dilihat seperti pada gambar dibawah ini.



Gambar 8. Spesimen Metalografi

Hasil metalografi pada material yang mendapatkan perlakuan panas tempering pada temperatur 200°C dan waktu penahanan 1 jam mendapatkan hasil yang baik, dikarenakan pada suhu tempering tersebut presipitasi yang terbentuk menyebar merata, sehingga dislokasi yang terjadi kecil.

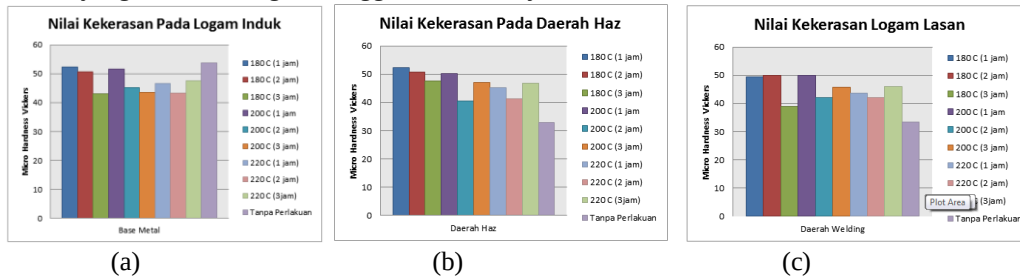


Gambar 9. Struktur Mikro Temper 200°C Logam Induk (a), Haz (b) Dan Logam Lasan (c)

HAIL PENGUJIAN KEKERASAN

Distribusi nilai kekerasan pada lasan berkaitan dengan daerah Haz. Hal ini dipengaruhi suhu tempering dan waktu penahanan yang dilakukan. Dikarenakan tempering dan waktu penahanan bertujuan untuk mengurangi tegangan sisa yang terjadi setelah material induk mengalami pengelasan.

Pada gambar 10 dapat dilihat nilai kekerasan yang didapat dari material yang diperlakukan tempering dengan suhu penahanan yang berbeda dengan menggunakan alat uji mikro vickers.



Gambar 10. Kurva Nilai (a) Kekerasan Pada Logam Induk, (b) Kekerasan Pada Daerah Haz, (c) Kekerasan Pada Logam Lasan

Dari hasil data yang dapat dilihat pada tabel dapat dianalisa bahwa pada logam induk nilai kekerasan yang baik berada pada material yang tanpa mendapatkan pemanasan, untuk nilai kekerasan yang baik pada daerah haz ada pada material yg mendapatkan tempering pada suhu 180°C dengan waktu penahanan 1 jam sedangkan pada logam lasan nilai tertinggi berada pada material dengan suhu tempering 200°C dengan waktu penahanan selama 1 jam.

Kekerasan pada daerah HAZ diatas terdapat perbedaan nilai kekerasan. Terlihat bahwa nilai kekerasan yang paling tinggi adalah pada sampel material yang tanpa mendapatkan pemanasan kembali. Hal ini diakibatkan karena tidak terdapat perubahan struktur mikro pada material tersebut tetapi untuk nilai kekerasan pada daerah haz dan pada daerah logam induk terjadi penurunan drastis dikarenakan struktur mikro pada logam induk dan logam lasan tersebut tidak homogen dan mengakibatkan tegangan sisa dari hasil pengelasan tersebut sangat tinggi.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Suhu dan waktu penahanan pada saat tempering sangat mempengaruhi sifat mekanik pada lasan material aluminium alloy 6xxx.
2. Nilai kekuatan tarik, kekuatan luluh, elongation terbaik berada pada sampel dengan suhu 2000 C dan dengan waktu penahanan 1 jam.
3. Nilai kekerasan yang tinggi berada pada spesimen tanpa perlakuan, hal ini menyebabkan kekerasan tinggi tetapi keuletan rendah.

REFERENSI

- [1] T. Surdia, S.Saito, Handbook Pengetahuan Bahan Teknik, 1999.
- [2] J.R. Davis, Ed., Aluminum and Aluminum Alloys, ASM Specialty Handbook, ASM International, 1993
- [3] W.D. Callister, JR, Book Materials Science and Engineering: An Introduction, , 2007
- [4] Missori s, Sili, A Mechanical Behavior of 6082 – T6 Alumunium Alloy Welds. J Metall Sci Technol 2000
- [5] ASM Metal Handbook, Vol II, heat Treating Cleaning and Finishing, 8 th edition, 1964
- [6] ASM Metal Handbook Vol.8 ., 2008
- [7] ASTM International.(2009). Standard Test Method for UnconsolidatedUndrained Triaxial Compression Test on Cohesive Soils (ASTM D 2850), United State : ASTM International