

ISBN No. 978-602-14272-1-7

Prosiding
Seminar Nasional Teknoin 2014

Meningkatkan Daya Saing Industri Nasional Berkelanjutan
Berbasis Riset

Yogyakarta, 22 November 2014

Bidang Teknik Mesin

diselenggarakan oleh:

Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia
Yogyakarta

Prosiding Seminar Nasional Teknoin 2014
ISBN: 978-602-14272-1-7

Diterbitkan oleh:

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

Hak Cipta ©2014 ada pada penulis

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

Organisasi Penyelenggara

Penanggung Jawab	: Dr. Drs. Imam Djati Widodo, M.Eng.Sc.	Dekan
Pengarah	: Dr. Sri Kusumadewi, S.Si., M.T. Faisal RM, Ir, Drs., MSIE., Ph.D Yuli Agusti Rochman, S.T., M.Eng. Hendrik, ST., M.Eng. Hendra Setiawan, S.T., M.T., Ph.D. Risdiyono, S.T., M.Eng., Ph.D.	Wakil Dekan Ketua Jurusan Teknik Kimia Ketua Jurusan Teknik Industri Ketua Jurusan Teknik Informatika Ketua Jurusan Teknik Elektro Ketua Jurusan Teknik Mesin
Ketua Pelaksana	: Asmanto Subagyo, M.Sc.	
Wakil Ketua	: Ir. Hartomo, M.Sc., Ph.D.	
Bendahara	: 1. Dra. Kamariah Anwar, M.Sc. 2. Erawati Lestari, A.Md.	
Reviewer	: 1. Dr. Megawati, ST., MT 2. Inayati, ST., MT. Ph.D. 3. Prof. Dr. Ir. Hari Purnomo, M.T. 4. M. Ridwan Andi Purnomo, S.T., M.Sc., Ph.D. 5. Ir. Drs. Faisal RM., MSIE., Ph.D. 6. Izzati Muhimmah, S.T., M.Sc., Ph.D. 7. R.M. Sisdarmanto Adinandra, S.T., M.Sc., Ph.D. 8. Risdiyono, S.T., M.Eng., D.Eng. 9. Arif Hidayat, S.T., M.T.	Univ. Negeri Semarang Universitas Sebelas Maret Univ. Islam Indonesia Univ. Islam Indonesia Univ. Islam Indonesia Univ. Islam Indonesia Univ. Islam Indonesia Univ. Islam Indonesia Univ. Islam Indonesia
Sie. Makalah & Prosiding: Koordinator	Feri Wijayanto, S.T., M.T. 1. Khamdan Cahyari, S.T., M.T. 2. Diana, S.T., M.T. 3. Agus Sumarjono, S.T. 4. Sumarwan 5. Haryadi, S.Pd.Si.	
Sie. Sekretariat: Koordinator	Ir. Agus Taufiq, M.Sc. 1. Ir. Sukirman, M.M. 2. Muhammad Susilo Atmodjo 3. Herviana El Diansyah, A.Md. 4. Jerry Irgo, S.E., M.M.	
Sie. Acara dan Publikasi: Koordinator	Dyah Retno Sawitri, S.T., M.T. 1. Pangesti Rahman, S.E. 2. Eko Sukanto, S.T. 3. Suwati, S.Sos.	
Sie. Konsumsi dan Perlengkapan: Koordinator	Ir. Tuasikal M. Amin, M.sn. 1. Kasiyono, S.Kom 2. Supardi 3. Bagus Handoko, S.Pd. 4. Sri Handayani 5. Sarjudi	
Pembantu Pelaksana	: 1. Muhammad Henry Himawan 2. M. Agus Kurniawan	

Kata Pengantar

Assalamu 'alaikum warahmatullah wabarakatuh

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya kepada kita semua sehingga Seminar Nasional Teknoin 2014 dapat terselenggara. Seminar Nasional Teknoin merupakan seminar yang diagenda pada setiap tahun sejak tahun 2004 oleh Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia. Berpijak pada misi Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia sebagai lembaga pendidikan tinggi tidak berlebihan berpartisipasi aktif memberi kontribusi nyata melalui penyelenggaraan Seminar Nasional Teknoin 2014.

Seminar Nasional Teknoin pada tahun 2014 merupakan Seminar Nasional yang ke-11 dengan mengangkat isu-isu terkini tentang industri nasional berkelanjutan yang berbasis riset dalam upaya meningkatkan daya saing bangsa ditengah-tengah persaingan global. Tema Seminar Nasional Teknoin 2014 adalah; Peningkatan Daya Saing Industri Nasional Berkelanjutan Berbasis Riset dan sekaligus mendiseminasi berbagai hasil penelitian bidang ilmu Teknik Tekstil, Teknik Kimia, Teknik Industri, Teknik Informatika, Teknik Elektro dan Teknik Mesin, dengan jumlah makalah *full paper* 99 dari berbagai perguruan tinggi dan institusi di Indonesia.

Pada tahun 2014 daya saing global (*Global Competitiveness Index/GCI*) Indonesia naik keperingkat 34 dari 144 negara, tentu saja posisi Indonesia seperti yang dilansir *World Economic Forum* 2014-2015 berada diatas Negara-negara seperti Spanyol - 35, Italia - 49. Sedangkan di level ASEAN masih dibawah tiga Negara tetangga seperti, Singapura(2), Malaysia (20) dan Thailand(31). Pendidikan merupakan bagian dari upaya untuk memanfaatkan bonus demografi dan meningkatkan kualitas asset bangsa yang pada akhirnya dapat meningkatkan daya saing nasional. Peningkatan daya saing industri nasional yang berbasis pada hasil penelitian yang terimplimentasikan merupakan kunci penting bagi pertumbuhan ekonomi nasional berkelanjutan, sehingga dapat membawa Indonesia menjadi bangsa yang makmur, sejahtera dan bermartabat.

Pada kesempatan ini kami sebagai ketua panitia saya mengucapkan terima kasih dan penghargaan kepada pimpinan Fakultas Teknologi Industri dan pimpinan Prodi.dan pimpinan Pascasarjana, tim reviewer serta seluruh panitia pelaksana yang telah berusaha maksimal dan bekerjasama dengan baik hingga terlaksananya acara ini. Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada bapak Dr.Ing. Ilham Akbar Habibie, MBA, CEO PT. Ithabi Rekatama yang berkenan meluangkan waktunya sebagai narasumber dalam seminar ini serta kepada pimpinan Bank Muamalat yang telah berpartisipasi sebagai sponsor terima kasih atas kerjasamanya dan kontribunya. Tidak lupa pula ucapan terima kasih kepada seluruh pemakalah dan peserta yang berpartisipasi dalam acara ini. Kami juga mohon maaf yang sebesar-besarnya apabila selama penyelenggaraan seminar ada hal-hal yang kurang berkenan.

Semoga dengan seminar ini, akan membuka wawasan dan ide-ide baru untuk melakukan berbagai inovasi pengembangan teknologi di Indonesia.Selamat berseminar dan kami tunggu pada Seminar Nasional Teknoin 2015.

Wassalamu 'alaikum warahmatullah wabarakatuh

Yogyakarta, 22 November 2014
Ketua Panitia,

Asmanto Subagyo, M.Sc.

Sambutan

Dekan Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia

Assalamu'alaikum warahmatullah wabarakatuh

Dunia industri di Indonesia saat ini dihadapkan pada persaingan yang sangat ketat, yang diakibatkan oleh persaingan global. Oleh karena itu, industri dituntut untuk melakukan inovasi disemua bidang agar mampu mempertahankan tingkat persaingan. Jiwa kewirausahaan harus dimiliki oleh para pemangku kepentingan yang ada di industri dalam menghadapi ketatnya persaingan bisnis dewasa ini. Merupakan suatu keharusan bagi para wirausahawan (*entrepreneurs*) untuk melakukan berbagai inovasi bisnis, agar dapat mengubah tantangan/hambatan yang ada menjadi suatu peluang (*opportunity*). Beberapa sektor industri di Indonesia dewasa ini belum dapat bersaing ditingkat internasional yang disebabkan oleh pemanfaatan potensi yang belum optimal meskipun potensi tersebut seharusnya dapat menjadi keunggulan bersaing.

Peranan pendidikan tinggi dalam membangun jiwa kewirausahaan menjadi cukup penting untuk dikembangkan, sehingga pendidikan tinggi dapat dijadikan sebagai pusat pengembangan inovasi kewirausahaan maupun sebagai pencetak para wirausahaan yang unggul. Melalui Seminar Nasional ini diharapkan dapat memberikan wawasan mengenai pentingnya pengembangan peran entrepreneurs dan sebagai ajang diseminasi keberhasilan kewirausahaan. Beragam konsep, hasil pemikiran, dan hasil riset tentang kewirausahaan akan disajikan dan dibahas dalam Seminar Nasional ini untuk turut mendorong tercapainya pembangunan berkelanjutan.

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

Atas nama Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, saya menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah berkontribusi atas terselenggaranya Seminar Nasional Teknoin 2014 ini. Seminar ini dapat berlangsung karena usaha terbaik dari panitia pelaksana.

Wassalamu'alaikum warahmatullah wabarakatuh

Yogyakarta, 22 November 2014
Dekan,

Dr. Imam Djati Widodo, M.Eng.Sc.

DAFTAR ISI
(Teknik Mesin)

Organisasi Penyelenggara	iii
Kata Pengantar Ketua Panitia Seminar Nasional TEKNOIN 2014	iv
Sambutan Dekan Fakultas Teknologi Industri	v
Daftar Isi	vi
Modifikasi Dispenser Air Dengan Menginsulasi Tabung Air Panas Menggunakan Poliuretan Endang Achdi, Erik Lukmanudin, Herman Somantri	1
Perancangan Alat Bantu Pelepas Dan Pemasang Sambungan Bola (Ball Joint) Untuk Kebutuhan Service Dalam Usaha Peningkatan Kualitas Hasil Perbaikan Agus Sentana, Agus Sentana, Syahbardia	6
Analisis Pengaruh Perlakuan Panas Pengerolan Terhadap Kekerasan dan Strukturmikro Pada Las Baja AISI 316l Srihanto, Budi arto	16
Pembuatan Nanofiber Serat Rami (Bohmeria Nivea) dengan Metode Semimekanis Gery Prizlanto, Heru Santoso B. R.	20
Perbandingan Karakteristik Balistik pada Baja Karbon Rendah yang Ditembaki Peluru yang Terdeformasi dan Tidak Terdeformasi Rusnaldy, Ismoyo Haryanto, Sri Nugroho, Nur Fahmi Tadjuddin, Dian Adiyat Purwanto, Ahmad Lutfi Azmi	24
Pemodelan Tegangan dan Kekuatan Batang Crane Aji Gumilar, Suprayogi, Gianti Puspawardhani	28
Rancang Bangun Alat Penukar Kalor Jenis <i>Shell and Tube</i> Skala Laboratorium Sulis Yulianto, Fadwah Maghfurah, Munzir Qadri	33
Pembuatan Dan Karakterisasi Prototipe Piston Berbahan Limbah Piston Aluminium Dengan Metode Squeeze Casting Sutrisno, A.P Bayuseno	37
Pengaruh Laju Aliran Massa Air Laut Terhadap Produktivitas Unit Desalinasi Berbasis Pompa Kalor Dengan Proses Humidifikasi dan Dehumidifikasi Indri Yaningsih, Tri Istanto	46
Penerapan Sistem Refrigerasi Penyedia Air Dingin Jenis Shell And Coil Pada Pencuci Udara Jenis Spray And Cell Markus, Ade Suryatman Margana	51

Pengaruh pH Tanah dan Cacat Goresan pada Coating Terhadap Supplay Arus Proteksi pada Sistem <i>Impressed Current Cathodic Protection</i> (ICCP) untuk Baja AISI 1045	61
Tubagus Noor Rohmannudin, Faris Putra Ardiansyah, Sulistidjono	
Daya Saing Industri Baja dan Fabrikasi Nasional dalam Mendukung Rencana Pembangunan Jembatan Selat Sunda	66
I Nyoman Jujur, Agustanhakri Bakri	
Analisa Teknis Pengelasan Dissimilar Material Antara AA 6063 Dan AA 5083 Ditinjau dari Aspek Mekanik dan Metalurgi pada Bangunan Kapal	71
Imam Khoirofik, Achmad Zubaydi, Nurul Muhayat, Hery Inprasetyo	
The Feasibility Study Of Application The Accomodation Cabin Module System On The Passenger Ship Pax-500 Building	83
Edi Rianto	

ANALISIS PENGARUH PERLAKUAN PANAS PENGGEROLAN TERHADAP KEKERASAN DAN STRUTURMIKRO PADA LAS BAJA AISI 316L

Srihanto

Program Studi Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri ITBU
Jakarta

Email : hanto_sri@yahoo.com

Budi arto

Program Studi Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri, ITBU
Jakarta

budidamz@yahoo.com

Abstrak

Telah dilakukan pengukuran kekerasan dan pengamatan strukturmikro baja AISI 316L di sekitar *daerah heat affected zone* (HAZ) akibat pengaruh pengerolan panas. Studi ini dilakukan dalam rangka mencari bahan yang tahan pada operasi temperatur tinggi, pengerolan dan las. Sampel asli digunakan sebagai acuan perbandingan sampel yang diberi perlakuan. Sampel lainnya diberi perlakuan pengelasan. Parameter penelitian pada temperatur pengerolan panas, dimana variasi temperatur; T= kamar (2 buah), T=300°C (2 buah), T=600°C (2 buah) dan T=900°C (2 buah). dan disambungkan dengan las. Karakterisasi dilakukan dengan uji kekerasan dengan metode Vickers dan pengamatan strukturmikro dengan mikroskop optik. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa pada daerah HAZ kekerasan meningkat dibanding pada daerah las dan logam induk. Kekerasan HAZ maksimum terdapat pada proses pengerolan temperatur kamar, yaitu 360 HV. Pada daerah logam induk berfluktuasi disekitar 200 HV dan 300 H. Kekerasan baja AISI 316L berubah tergantung pada siklus termal yang terjadi saat pengelasan dan perubahan berangsur dari *base meta*, *heat affected zone* hingga ke pusat las. Hasil pengamatan strukturmikro menunjukkan bahwa struktur yang terbentuk adalah ferit *acicular*, ferit batas butir dan Ferit *Widmanstätten*.

Kata Kunci: baja AISI 316L, daerah HAZ, kekerasan, strukturmikro dan pengerolan

I. PENDAHULUAN

Dalam maksud dan pemenuhan kebutuhan tertentu, logam biasanya diberi perlakuan pengerolan pada suatu temperatur. Selain itu logam juga biasa disambungkan dengan las. Pengelasan merupakan teknik penyambungan yang sudah lazim dikenal dan banyak digunakan pada berbagai konstruksi logam.^[1] Keuntungan yang ditawarkan dari teknologi ini adalah murah dan sederhana. Pada proses pengelasan mempertahankan atau tetap dicapainya sifat-sifat yang diinginkan perlu sekali karena didalamnya terjadi peristiwa pelelehan, *re-solidifikasi* dan *heat affected zone*. Oleh karena itu sifat mampu las (*weldability*) yang merupakan kemampuan suatu logam mencapai sifat dan karakteristik yang diinginkan untuk pemakaian tertentu (khusus) menjadi sangat penting.

Penelitian ini dilakukan untuk mengamati pengaruh proses pengerolan dan pengelasan terhadap kekerasan di daerah HAZ. Parameter proses yang dilakukan terhadap sampel dengan klasifikasi: (a) tanpa pengerolan, (b) pengerolan temperatur kamar, (c) pengerolan temperatur 300°C,

(d) pengerolan temperatur 600°C, (e) pengerolan temperatur 900°C.

Penelitian terhadap pengaruh pengerolan dan pengelasan di daerah HAZ memiliki urgensi penting agar diperoleh informasi dan pemahaman pengaruh *mechano-thermo treatments* pada bahan. Kebolehjadian kegagalan terbesar komponen konstruksi biasanya bermula dari sambungan antar komponen khususnya pada daerah terpengaruh panas (*heat affected zone*; HAZ).^[2,3]

Hot rolling ^[2-4] adalah proses pengerolan yang dilakukan pada Temperatur di atas Temperatur rekristalisasi. Hal ini mempunyai arti fisik bahwa deformasi berlangsung pada daerah rekristalisasi. Rekristalisasi yang terus menerus inilah yang menyebabkan tidak adanya pengerasan regangan (*strain hardening*), sehingga logam tetap relatif lunak selama proses *hot rolling*. Proses *hot rolling* terhadap pelat dilakukan dengan dua tujuan; yaitu: untuk menipiskan pelat menjadi plat dengan reduksi pengerolan yang cukup besar dan untuk memperbaiki strukturmikro, yang dapat dianalogikan seperti mengubah struktur coran pada pelat menjadi struktur yang lebih homogen. Selain itu *hot rolling* juga akan menyeragamkan struktur dan distribusi kadar unsur pepadu yang tidak homogen akibat segregasi saat pembekuan. *Hot rolling* juga dapat memecah dan menghaluskan inklusi serta menutup porositas/*void*. Parameter proses pengerolan dapat dipakai untuk mengontrol sifat plat yang dihasilkan. Hal ini sejalan dengan prinsip yang menyatakan bahwa sifat bahan itu dipengaruhi oleh stuktur bahan dan struktur bahan dipengaruhi oleh komposisi bahan dan proses pengolahan/pengerjaan. Proses deformasi dapat mengarahkan ke suatu orientasi tertentu (*preferred orientation*) dari butir-butir logam yang acak pada pelat. *Crystallographic texture* hasil proses deformasi biasa dikenal sebagai tekstur deformasi (*deformation texture*). Tekstur ini digambarkan dengan *pole figure* yang menunjukkan orientasi yang dominan, pada bidang kristal yang sejajar dengan permukaan pelat dan arah pengerolan. Karena selama *hot rolling* terjadi pula rekristalisasi, maka tekstur *hot rolling* juga dipengaruhi rekristalisasi tersebut. Sehingga derajat deformasi dan

temperatur pengerolan mampu mempengaruhi tekstur kristalografi.

Salah satu usaha tersebut adalah pengerolan pada kondisi temperatur tertentu. Pengerolan merupakan proses perubahan bentuk suatu bahan dengan cara memberikan deformasi plastis.^[2-4] Tujuan pengerolan adalah mengubah bentuk dan sifat bahan. Dalam proses ini terdapat berbagai faktor yang berpengaruh terhadap sifat mampu bentuk (*formability*). Besarnya deformasi yang dapat diberikan selain tergantung pada sifat-sifat bahan juga tergantung pada proses deformasi yang dilakukan.

roses *mechano-thermo treatments* pada bahan logam merupakan rangkaian pengerjaan yang selalu disertakan. Proses mekanik berupa penempaan, pengerolan atau pemotongan dan proses termal berupa pemberian panas/dingin agar bahan logam lebih lunak/keras, merupakan usaha *mechano-thermo treatments*.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh proses las, pengerolan dan temperatur pada nilai kekerasan baja AISI 316L yang memiliki daerah feritik sangat luas. Dalam studi ini dibatasi oleh pengaruh pengerolan, temperatur rol dan pengelasan terhadap kekerasan bahan di sekitar daerah sambungan las.

Proses *mechano-thermo treatments* pada bahan logam merupakan rangkaian pengerjaan yang selalu disertakan. Proses mekanik berupa penempaan, pengerolan atau pemotongan dan proses termal berupa pemberian panas/dingin agar bahan logam lebih lunak/keras, merupakan usaha *mechano-thermo treatments*.

Salah satu usaha tersebut adalah pengerolan pada kondisi temperatur tertentu. Pengerolan merupakan proses perubahan bentuk suatu bahan dengan cara memberikan deformasi plastis.^[2-4] Tujuan pengerolan adalah mengubah bentuk dan sifat bahan. Dalam proses ini terdapat berbagai faktor yang berpengaruh terhadap sifat mampu bentuk (*formability*). Besarnya deformasi yang dapat diberikan selain tergantung pada sifat-sifat bahan juga tergantung pada proses deformasi yang dilakukan.

Hot rolling ^[2-4] adalah proses pengerolan yang dilakukan pada Temperatur di atas Temperatur rekristalisasi. Hal ini mempunyai arti fisik bahwa deformasi berlangsung pada daerah rekristalisasi. Rekristalisasi yang terus menerus inilah yang menyebabkan tidak adanya pengerasan regangan (*strain hardening*), sehingga logam tetap relatif lunak selama proses *hot rolling*. Proses *hot rolling* terhadap pelat dilakukan dengan dua tujuan; yaitu: untuk menipiskan pelat menjadi plat dengan reduksi pengerolan yang cukup besar dan untuk memperbaiki strukturmikro, yang dapat dianalogikan seperti mengubah struktur coran pada pelat menjadi struktur yang lebih homogen. Selain itu *hot rolling* juga akan menyeragamkan struktur dan distribusi kadar unsur pepadu yang tidak homogen akibat segregasi saat pembekuan. *Hot rolling* juga dapat memecah dan menghaluskan inklusi serta menutup porositas/*void*. Parameter proses pengerolan dapat dipakai untuk mengontrol sifat plat yang dihasilkan. Hal ini sejalan dengan prinsip yang menyatakan bahwa sifat bahan itu dipengaruhi oleh stuktur bahan dan struktur bahan dipengaruhi oleh komposisi bahan dan proses pengolahan/pengerjaan. Proses deformasi dapat

mengarahkan ke suatu orientasi tertentu (*preferred orientation*) dari butir-butir logam yang acak pada pelat. *Crystallographic texture* hasil proses deformasi biasa dikenal sebagai tekstur deformasi (*deformation texture*). Tekstur ini digambarkan dengan *pole figure* yang menunjukkan orientasi yang dominan, pada bidang kristal yang sejajar dengan permukaan pelat dan arah pengerolan. Karena selama *hot rolling* terjadi pula rekristalisasi, maka tekstur *hot rolling* juga dipengaruhi rekristalisasi tersebut. Sehingga derajat deformasi dan temperatur pengerolan mampu mempengaruhi tekstur kristalografi.

BAHAN DAN TATA KERJA

Bahan komersial yang digunakan pada studi ini adalah baja AISI 316L. Bahan dipotong dalam skala laboratorium menjadi 11 bagian dengan ukuran 6 cm x 1,5 cm x 0,6 cm. Sampel asli dipisahkan sebagai acuan perbandingan sampel yang diberi perlakuan las dan rol. Dua buah sampel lain hanya diberi perlakuan pengelasan.

Sementara 8 sampel lainnya dipanaskan dan di roll dengan variasi temperatur; T= kamar (2 buah), T=300°C (2 buah), T=600°C (2 buah) dan T=900°C (2 buah), dan disambungkan dengan las. Pengukuran kekerasan dilakukan menggunakan Metode Vickers dimana jarak pengukuran kekerasan mulai dari 4 mm sampai dengan 50 mm di sekitar daerah HAZ, dan pengamatan strukturmikro menggunakan mikroskop optik.

2. HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Analisa hasil uji kekerasan

Hasil uji kekerasan dengan metode Vickers pada baja AISI 316L dapat dilihat pada Tabel 1, berikut ini.

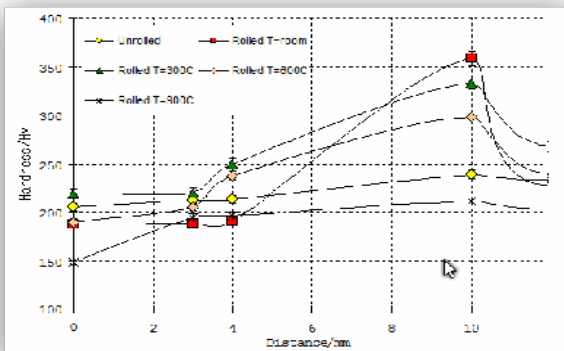
Tabel 1, Hasil uji kekersan di daerah HAZ pada baja AISI 316L

Nama sampel Acuan	Jarak daerah HAZ -	Nilai Kekerasan (HV) 232
T=300°C, Las	4	223
T=300°C, Las	5	253
T=300°C, Las	11	336
T=300°C, Las, logam induk	13	271
T=300°C, Las, logam induk	39	285
T=300°C, Las, logam induk	50	277
T=600°C, Las	4	208
T=600°C, Las	5	241
T=600°C, Las	11	360
T=600°C, Las, logam induk	13	243
T=600°C, Las, logam induk	39	243
T=600°C, Las, logam induk	50	214
T=900°C, Las	4	197
T=900°C, Las	5	199
T=900°C, Las	11	214
T=900°C, Las, logam induk	13	207
T=900°C, Las, logam induk	39	229
T=900°C, Las, logam induk	50	202

Pada daerah HAZ yang terlihat bahwa nilai kekerasan yang tinggi dapat mengakibatkan retak dingin (*shock thermal*).

Hal ini disebabkan oleh: struktur daerah pengaruh panas, difusi hidrogen di daerah las dan tegangan. Daerah ini dengan proses pengelasan dan pengerolan temperatur 600°C diperoleh nilai kekerasan maksimum yaitu sebesar 360 HV. Daerah HAZ pengerolan temperatur kamar nilai kekerasan lebih tinggi dari pengerolan temperatur 300°C, hal ini terjadi efek *strain hardening*. Sedang pengerolan pada temperatur 300°C, nilai kekerasan menurun, boleh jadi pada temperatur ini proses pembentukan presipitat masih dalam tahap *pre-precipitation*. Peningkatan kekerasan daerah HAZ dengan pengerolan temperatur 600°C terjadi karena pada baja AISI 316L terbentuk presipitat-presipitat yang mampu menghalangi pergerakan dislokasi sehingga kekerasan meningkat (*Precipitation Hardening*). Sedang pada pengerolan temperatur 900°C terjadi penurunan kekerasan karena pada temperatur ini terjadi proses presipitat melepaskan diri dari kisi matriks dan membentuk struktur tersendiri yang menyebabkan turunnya regangan lokal sehingga memudahkan pergerakan dislokasi.

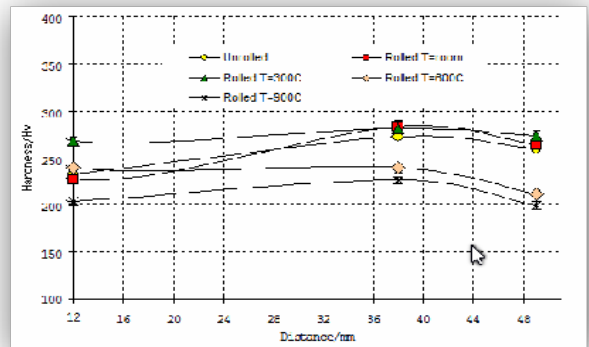
Dari hasil uji kekerasan baja AISI 316L asli terukur sebesar 232 HV. Gambar 1 memperlihatkan plot data pengukuran kekerasan di daerah *heat affected zone* (HAZ). Secara umum terlihat bahwa kekerasan baja AISI 316L di daerah HAZ memiliki nilai paling tinggi dibandingkan dengan daerah pusat las (*weld core*) dan logam induk. Pada daerah HAZ, kekerasan meningkat dan optimum di posisi 11 mm dari pusat las. Daerah ini merupakan daerah yang mengalami dinamika cair-beku saat proses las berlangsung. Ketika temperatur pengelasan sangat tinggi baja AISI 316L mencair, oleh karena itu kekerasan di pusat las cenderung rendah dan memiliki struktur mikro *lamellar* (struktur cor) dibanding daerah lain (HAZ dan logam induk). Sedang di daerah HAZ, kekerasan bahan cenderung meningkat tajam hingga jarak di bawah 11 mm karena presipitat Cr_xI_y ($I= Ni, Al$) [2] yang terbentuk terdistribusi merata dengan ukuran optimum dan dapat menghambat pergerakan dislokasi, di atas posisi ini cenderung stabil di sekitar kekerasan logam induk, dimana distribusi presipitat tidak merata.



Gambar 1. Kekerasan di daerah *Heat Affected Zone* (HAZ) pada baja AISI 316L

Pengaruh temperatur pengerolan pada Gambar 1 cukup signifikan, dimana semakin tinggi temperatur

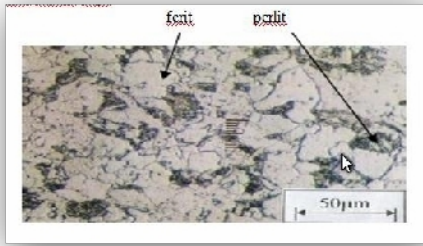
pengerolan harga kekerasan bahan semakin menurun/melunak. Dari fenomena ini terlihat bahwa temperatur pengerolan yang mendekati temperatur *fresh point* dapat meningkatkan sifat mampu bentuk (*formability*) bahan, sementara *strain hardening* akibat pengerolan dapat diminimalkan. Proses pengerolan dilakukan di bawah temperatur tersebut ($T=900^{\circ}C$) secara eksperimen mampu meningkatkan kekerasan bahan. Peningkatan ini diakibatkan oleh adanya proses *mechano-thermo treatments* dimana *locus-locus* pengintian presipitat Cr_xI_y dapat terbentuk dan mampu menghalangi pergerakan dislokasi. Kekerasan pada pengerolan $T=300^{\circ}C$ berada di atas kekerasan bahan tidak dicanai (*unrolled*), sedang pada pengerolan $T=900^{\circ}C$ kekerasan bahan semakin lunak berada dibawah kondisi normalnya, dimana presipitat Cr_xI_y ($I= Ni, Al$) larut dalam matriks paduan, penjelasan tentang kekerasan dibahas lebih lanjut pada literatur.^[1,2]



Gambar 2. Kekerasan di daerah logam induk.

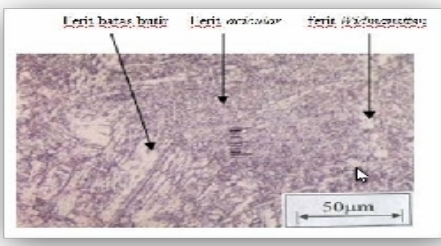
Dari Gambar 2 diatas secara umum dapat terlihat bahwa kekerasan baja AISI 316L di daerah HAZ memiliki nilai paling tinggi dibanding dengan daerah las dan logam induk. Pada daerah HAZ kekerasan optimum di sebuah titik yaitu 11 mm yang di ukur dari daerah las sebagai acuan. Daerah las merupakan daerah yang dalam proses pengelasan mencair dan kemudian membeku. Pengelasan yang dilakukan menggunakan temperatur yang sangat tinggi yaitu di atas titik cair baja AISI 316L, dimana presipitat yang terkandung pada daerah ini mencair yang mengakibatkan kekerasan menurun. Gambar merupakan grafik hubungan jarak titik pengukuran terhadap kekerasan sampel yang diukur dari pusat las sebagai titik acuan (nol). Pada pengukuran kekerasan terlihat bahwa nilai kekerasan tertinggi untuk setiap titik adalah sebagai berikut: - pada titik acuan nol dimana bahan dirol pada temperatur kamar, -pada titik 4 mm dimana bahan dirol pada temperatur kamar, -pada titik 5 mm dimana bahan dirol pada temperatur kamar, -pada titik 11 mm dimana bahan dirol pada temperatur 600°C, - pada titik 13 mm dimana bahan dirol pada temperatur kamar, - pada titik 39 mm dimana bahan dirol pada temperatur 600°C dan -pada titik 50 mm dimana bahan dirol pada temperatur kamar. Sehingga secara umum kekerasan tertinggi terdapat pada sekitar titik pengukuran 11 mm dari pusat las yang diasumsikan sebagai *Heat Affected Zone* (HAZ).

b. Analisa struktur mikro baja AISI 316L

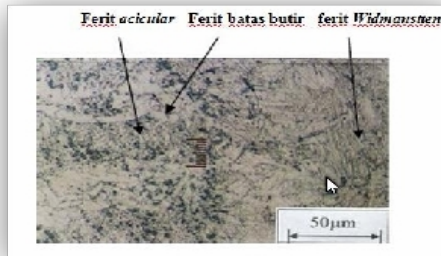


Gambar 3. Foto struktur mikro baja AISI 316L (asli)

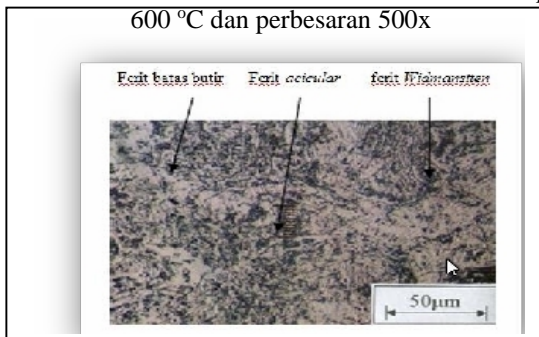
Dari Gambar 3, terlihat didominasi butir-butir ferrit yang berwarna putih (terang), sedangkan fasa perlit lebih sedikit (berwarna gelap). Butir ferrit cenderung lebih halus sedangkan butir perlit lebih kasar. Butir perlit cenderung keras karena mengandung karbon, sedangkan butir ferrit cenderung lunak.



Gambar 4. Foto struktur mikro batas las dan HAZ Temperatur 300 °C dan perbesaran 500x



Gambar 5. Foto struktur mikro batas las dan HAZ Temperatur 600 °C dan perbesaran 500x



Gambar 6. Foto struktur mikro batas las dan HAZ pada Temperatur 900 °C dan perbesaran 500x

Gambar 4, 5 dan 6 menunjukkan struktur yang terbentuk adalah ferrit *acicular*, ferrit batas butir dan Ferrit *Widmanstätten*. Ferrit batas butir yang terbentuk kecil dan memanjang dan ferrit *acicular* berupa bilah-bilah yang menyilang dan berbutir lembut. Gambar 4,5, dan 6 menunjukkan ferrit *Widmanstätten* yang berbentuk garis-garis miring. Ferrit *acicular* terbentuk diantara ferrit batas butir.

Pada gambar terlihat bahwa struktur mikro ferrit *acicular* lembut yang berupa bilah-bilah menyilang lebih optimal, sehingga menahan rambatan retak yang terjadi. Ini disebabkan semakin lembut ferrit *acicular* mempunyai kekerasan yang semakin tinggi dengan Temperatur meningkat

Pada daerah HAZ terjadi kekerasan yang tinggi pada Temperatur 600 °C, hal ini disebabkan adanya struktur ferrit kasar, bainit dan ferrit halus. Nilai kekerasan yang paling tinggi terjadi pada Temperatur 600 °C, karena pendinginan yang lebih cepat dari Temperatur 900 °C yang mempunyai nilai kekerasan yang lebih rendah. Dari pendinginan yang sangat cepat ini pada daerah HAZ terbentuk struktur mikro bainit yang mempunyai nilai kekerasan yang lebih tinggi dibandingkan ferrit, tetapi lebih rendah dari martensit. Pendinginan yang cepat menyebabkan struktur HAZ yang berbatasan dengan logam las terlihat lebih kasar dibandingkan struktur mikro daerah HAZ dengan logam induk. Pada daerah HAZ yang mempunyai struktur mikro kasar mempunyai nilai kekerasan yang lebih besar dibandingkan HAZ halus.

KESIMPULAN

Dari hasil analisa kekerasan dan struktur mikro bahan baja AISI 316L yang diperlakukan dengan rol dan las dapat disimpulkan sebagai berikut;

Kekerasan bahan di daerah HAZ meningkat tajam hingga 360 HV pada rol temperatur kamar dan melunak hingga 214 HV di bawah harga kekerasan bahan asli 232 HV.

-Kekerasan bahan di daerah logam induk berfluktuasi disekitar 200 HV dan 300 HV.

-Kekerasan baja AISI 316L berubah tergantung pada siklus termal yang terjadi saat pengelasan dan perubahan berangsur dari logam induk, *heat affected zone* hingga pusat las.

- Hasil pengamatan strukturmikro menunjukkan struktur yang terbentuk adalah ferrit *acicular*, ferrit batas butir dan Ferrit *Widmanstätten*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Wiryo Sumarto, Harsono dan Toshie Okumora, *Teknologi Pengelasan Logam*, cetakan ke-8, Pradnya Pramita, Jakarta, 2000.
- [2]. Colling, D.A., and Thomas Vasilos, 1995, "*Industrial Materials: Metal-Joining Process*", Vol. 1, Prentice Hall, Inc. USA.
- [3]. Bintoro, A. G., 2005, *Dasar-Dasar Pekerjaan Las*, Kanisius, Yogyakarta.
- [4]. Cary, H. B., 1994, *Modern Welding Technology*, A Simon & Schuster Company, Englewood Cliffs, New Jersey.
- [5]. ASM International, *Metals Handbook, Properties and Selection: Irons, Steels and High Performance Alloys*, Vol. 1, 10th ed., ASM, New York, 1990.
- [6]. ASM, 1989, *Metallurgy and Microstructures*, ASM Handbook Committee, Metal Park, Ohio.