STUDI EKSPERIMENTAL EFEK KUAT ARUS TERHADAP DISTRIBUSI KEKERASAN DI DAERAH LAS PADA PENGELASAN GMAW SECARA MANUAL

Hery Irawan[1], Sukendro B.S[2], Muhamad Anzaldi[3]
Jurusan Teknik Mesin ITATS[1,2,3]
Email : hery@itats.ac.id

ABSTRACT
The welding process is used to join many machine parts, that welding process quality define the toughness and the hardness of welding result. The welding process quality need more emphasis in the medium steel weld. The welding parameter experiment is needed to improve the welding result quality. This research are made up by using Central Composite Design Model that parameter are used the welding current. The welding current are used 175 A, 225 A and 275 A.The welding process is used The TIG process. The hardness and Micro structure are used as the response of system. From the result is showed the change of hardness distribution and micro structure that formed at the welding result that is caused by the welding current. The hardness distribution changed is showed 28 % at weld metal regime when the welding current increased. The HAZ regime is showed 30 % of changed. The base metal regime was not changed significantly. From the micro structure are showed about increased pearlit structure within welding micro structure.
***Keyword** : welding current, hardness distribution,Welding parameter, micro structure*.

ABSTRAK
Pengelasan sering digunakan untuk menyatukan komponen-komponen mesin, dimana kualitas proses pengelasan menentukan ketangguhan dan kekuatan hasil las. Kualitas hasil las juga perlu diperhatikan didalam pengelasan baja medium. Perlu dilakukan penelitian parameter las guna memperbaiki kualitas hasil las. Penelitian ini disusun dengan metode Central Composite Design (CCD), dimana parameter las digunakan arus pengelasan. Kuat arus pengelasan digunakan 175 A, 225 A dan 275 A. Proses las digunakan las TIG. Kekerasan dan struktur mikro digunakan sebagai respon sistem. Pada hasil pengujian ditunjukkan perubahan distribusi kekerasan dan struktur mikro yang terbentuk pada hasil las akibat kuat arus pengelasan dan tebal pelat. Distribusi kekerasan ditunjukkan perubahan kekerasan pada daerah logam las sebesar 28 % ketika arus dinaikkan. Pada daerah HAZ ditunjukkan perubahan sebesar 30 % dan daerah logam induk tidak terjadi perubahan yg signifikan. Dari hasil struktur mikro ditunjukkan kenaikan struktur pearlit didalam mikro struktur.
Kata kunci : arus pengelasan, distribusi kekerasan, parameter pengelasan,, struktur mikro.

PENDAHULUAN

Teknologi pengelasan telah berkembang pesat dewasa ini, dimana banyak peneliti membahas tentang cacat las guna memperbaiki hasil las dan meningkatkan kualitas hasil las. Pengelasan berbeda dengan proses pengecoran, dimana pemanasan dari masukan panas menyebabkan kondisi pemanasan non equilibrium, sehingga muncul empat daerah las yang berbeda struktur kristalnya.

Daerah las yang terjadi akibat masukan panas antara lain : logam induk, logam las, fusion line dan daerah HAZ. Beberapa kasus pelemahan kekuatan sambungan ada di logam las, sehingga beberapa praktisi memilih karakteristik logam las yang mendekati logam induk. Fusion line merupakan daerah logam induk yang mencair bersama-sama dengan logam las membentuk struktur baru yang berbeda dalam struktur mikro dan sifat mekanik. HAZ merupakan daerah logam induk yang mengalami perubahan struktur mikro dan sifat mekanik akibat masukan panas, pada beberapa kasus pelemahan las terjadi pada daerah ini.

Perubahan struktur mikro pada daerah las sering kali berpengaruh pada distribusi kekerasan, dimana kekerasan akan berbanding terbalik dengan kekuatan. Struktur kristal sering kali berekspansi ketika mendapatkan masukan panas. Sehingga beberapa kasus pelemahan las terjadi pada daerah

HAZ, ketika dilakukan pengujian tarik. Pelemahan las akan sangat berbahaya ketika suatu konstruksi menahan beban yang sesungguhnya, sehingga perlu untuk dilakukan deteksi dini, sebelum konstruksi dilakukan pembebanan pada kondisi yang sebenarnya.

Penelitian ini memandang pentingnya meneliti distribusi kekerasan guna membuktikan terjadinya daerah las pada hasil las. Hasil pengujian kekerasan dapat mendeteksi pelemahan las yang terjadi pada hasil las, tanpa dilakukan pengujian tarik. Deteksi dini diperlukan untuk melihat kondisi awal, ketika dihadapkan pada struktur rigid yang tidak memungkinkan untuk dilakukan pengujian lain yang sifatnya merusak.

TINJAUAN PUSTAKA

Baja adalah bahan dasar vital untuk industri. Perlakuan panas dapat mengubah sifat fisis baja dari lunak seperti kawat menjadi keras seperti pisau. Penyebabnya perlakuan panas mengubah struktur mikro baja dan struktur kristalnya. Baja karbon terdiri dari besi dan karbon. Karbon merupakan unsur pengeras besi yang efektif dan murah dan oleh karena itu umumnya sebagian besar baja hanya mengandung karbon dengan sedikit unsur paduan lainnya. *Base metal* adalah logam induk. Akibat masukan panas, pada logam induk muncul daerah ***PMZ***, ***HAZ*** dan daerah yang tidak terkena panas. ***PMZ*** merupakan daerah logam induk yang mengalami fase cair (*dilution*). ***HAZ*** adalah logam induk yang bersebelahan dengan ***PMZ*** yang dipengaruhi oleh masukan panas saat pengelasan berlangsung tanpa disertai pencairan logam (dilution). Pada daerah ***HAZ*** terdapat dua zona, yaitu zona temperatur tinggi dan rendah. Selama proses pengelasan, daerah ***HAZ*** mengalami *siklus thermal* berupa pemanasan danpendinginan sehingga struktur mikronya berubah. Struktur mikro yang terbentuk didaerah ***HAZ*** dipengaruhi oleh kecepatan pendinginan. Pendinginan pada temperatur 800 – 500°C akan menentukan tingkat *hardenability* baja. Kecepatan pendinginan akan dipengaruhi tebal plat yang dilas.

Pengklasifikasian baja karbon menurut standar *American International and Steel Iron* (AISI) diberi kode dengan empat angka. Dua angka pertama adalah 10 yang menujukan nominal 1/100 % sebagai contoh AISI 1045 menunjukan kadar karbon 0,45 %. Baja AISI 1045 termasuk dalam jenis baja karbon sedang. Hal ini dapat diketahui dari kandungan unsur karbon yang ditunjukkan pada kode penamaannya berdasarkan AISI yang merupakan badan standarisasi baja *American Iron and Steel Institude* dengan kode 1045 dimana angka 10xx menyatakan karbon steel sedangkan angka 45 menyatakan kadar karbon dengan persentase 0,45 %. Baja AISI 1045 adalah jenis *heat treatable steel* dan sering digunakan sebagai bahan pembuatan komponen-komponen mesin. Baja kelompok *heat treatable* memiliki keuntungan yaitu sifat mekanik baja yang dapat dimodifikasi dengan menggunakan *heat treatment*. Baja AISI 1045 memiliki karakter dengan kemampuan las yang baik, mampu mesin yang baik, serta memiliki kemampuan menyerap beban impak yang cukup baik. Struktur yang dihasilkan dari proses pemanasan dan pendinginan yang lambat adalah fasa ferit dan fasa perlit. Struktur mikro baja karbon medium (AISI 1045) yang dinormalisasi hasil austenisasi pada temperature 1095 ^{0}C pendinginan di udara.

Besi karbon terbagi atas dua bagian yaitu baja (*steel*) dan *cast iron*. Baja adalah paduan besi dengan karbon maksimal sampai sekitar 2 %, sedangkan cast iron adalah paduan besi dengan karbon diatas 2 %. Baja dibagi dua bagian yaitu baja yang mengandung kurang dari 0,83 % disebut *hypoetectoid* dan baja yang mengandung lebih dari 0,83 % sampai dengan 2 % karbon disebut dengan *hyperetectoid*d. Pemanasan pada suhu 723 ^{0}C dengan komposisi 0,8 % C disebut dengan titik *eutectoid*. Apabila dilakukan pemanasan sebelum mencapai titik *eutectoid*, pada titik *hypoeutectoid* terbentuk fasa *pearlit* dan *ferrit*. Sedangkan dibawah *hypereutectoid* mempunyai fasa pearlit dan sementit. Pada pemanasan melewati garis *eutectoid*, terjadi perubahan fase *pearlit* menjadi *austenite*.

Pada baja medium dengan kandungan banyak karbon dan unsur lain yang dapat memperkeras baja. Karena itu daerah pengaruh panas atau HAZ pada baja ini mudah keras bila dibandingkan baja karbon rendah. Sifatnya yang mudah menjadi keras ditambah dengan adanya difusi hydrogen menyebabkan baja ini sangat peka dengan retak las. Disamping itu pengelasan dengan menggunakan *filler metal* yang sama kuat dengan logam lasnya mempunyai perpanjangan

yang rendah. Terjadinya retak dapat dihindari dengan pemanasan mula dengan suhu yang sangat tergantung dari pada kadar karbon atau harga ekuivalen karbon. Komposis logam pengisi harus sesuai komposisi dengan logam induk. Tapi pada kenyataannya berbagai unsur yang ada dalam logam pengisi akan teroksidasikan, akan membentuk terak atau menguap. Dasar utama dalam memilih logam pengisi adalah sifat yang dimiliki, cara pengalasan yang akan dilakukan dan sifat lasan yang diharapkan. Selain komposisi kimia dari logam pengisi harus juga dipertimbangkan kekerasan dan diameternya yang digunakan serta mesin las yang digunakan. Disamping itu harus juga diusahakan agar waktu penyimpangan logam pengisi sependek mungkin sehingga pembentukan lapisan oksida dan penyerap uap air dapat dihindari agar tidak membentuk terak dan uap.

Dalam pengelasan nyala cair elektroda akan diselubungi gas pelindung. Gas pelindung yang digunakan berupa gas aktif (CO_2) atau gas mulia (argon, Helium). Pada pengunaan gas Helium murni dapat menghasilkan tegangan listrik yang tinggi apabila parameter lain dipertahankan tetap yang menimbulkan *spatter*. Pemakaian Argon murni sering digunakan untuk pengelasan material nonferros. Pemakaian gas argon murni dapat menimbulkan *undercut* pada daerah *fusion line*. Pada pengelasan baja, gas pelindung CO_2 lebih disukai dengan alasan faktor ekonomis, *welding speed* yang tinggi dan penetrasi yang dalam, jika dibandingkan dengan gas pelindung campuran. Pengelasan carbon steel sering menggunakan debit gas pelindung 10÷20 Lt/min.

Baja karbon sedang pada umumnya juga dapat dilas dengan berbagai proses las dengan hasil yang baik juga. Hanya saja baja karbon sedang tersebut bila dilas akan mempunyai kecenderungan pembentukan struktur martensit yang keras, getas/rapuh pada daerah lasan dan pada daerah pengaruh daerah panas (***HAZ***). Oleh karena itu dalam proses pengelasan baja karbon sedang tersebut diperlukan adanya proses *preheating* dan *postheating*.

Preheating adalah aplikasi/penerapan panas terhadap logam dasar pada saat sebelum dilakukannya proses pengelasan, sedangkan postheating adalah aplikasi panas pada saat setelah proses pengelasan dilaksanakan. Dimana preheating dan postheating adalah bagian dari proses pengelasan pada baja karbon. Dengan melakukan proses preheating maka benda kerja yang dilas akan dapat lebih lambat dalam proses pendinginannya, yang berarti dapat mengurangi terbentuknya struktur martensit yang keras tapi getas/rapuh. Dan dengan melakukan proses postheating yaitu proses pemanasan kembali benda kerja yang telah dilas, untuk mendapatkan hasil lasan yang ulet/liat (*ductile*).

Las GMAW mempunyai dua tipe gas pelindung yaitu inert gas dan actif gas yang kemudian sering dikenal dengan sebutan las MIG (*metal inert gas*) dan las MAG (*metal actif gas*). Pada tahun 1953, *Lyubavskii dan Novoshilov* mengumumkan penggunaan proses las MIG menggunakan gas CO_2 sebagai gas pelindung. Mereka juga menggunakan gas CO_2 untuk mengelas besi karbon. Perkembangannya dari tahun ke tahun mengalami peningkatan, dengan kemajuan teknologi saat ini GMAW dapat diaplikasikan pada proses pengelasan dengan Sistem Otomasi (robot). Pada alat las ini bisa digunakan secara otomatis dan semi otomatis.

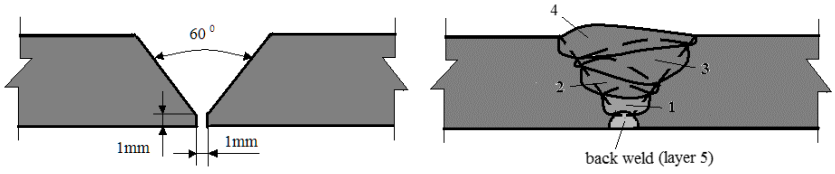
Umumnya mesin las arus searah (DC) mendapatkan sumber tenaga listrik dari trafo las (AC) yang kemudian diubah menjadi arus searah dengan voltage yang konstan (*constant-voltage*). Pemasangan kabel-kabel las (pengkutuban) pada mesin las arus searah dapat diatur/dibolak-balik sesuai dengan keperluan pengelasan, ialah dengan cara: Polaritas lurus (*Direct Current Straight Polarity*/DCSP). Dengan pengkutuban lurus berarti kutub positif (+) mesin las dihubungkan dengan benda kerja dan kutub negatif (-) dihubungkan dengan kabel elektroda. Dengan hubungan seperti ini panas pengelasan yang terjadi 1/3 bagian panas memanaskan elektroda sedangkan 2/3 bagian memanaskan benda kerja dan Polaritas balik (*Direct Current Reverce Polarity*/DCRP). Pada pengkutuban terbalik, kutub negatif (-) mesin las dihubungkan dengan benda kerja dan kutub positif (+) dihubungkan dengan elektroda. Pada hubungan semacam ini panas pengelasan yang terjadi 1/3 bagian panas memanaskan benda kerja dan 2/3 bagian memanaskan elektroda. Parameter yang paling penting dalam pengelasan adalah arus las, tegangan las, ekstensi elektroda, dan kecepatan pengelasan (*welding speed*) yang dapat mempengaruhi hasil las secara langsung .

Saat pengelasan berlangsung, logam akan mengalami proses *heat treatment* dalam kondisi *non equilibrium*. Kualitas kekuatan hasil las pada pengelasan baja akan ditentukan pada temperatur

500°C÷800°C, dimana pada temperatur tersebut akan terjadi pembentukan martensit sebagai akibat proses *heat treatment* dan proses terbentuknya martensit dipengaruhi oleh kecepatan pendinginan setelah pemanasan usai. *Heat treatment* yang terjadi pada pengelasan dapat berupa *preheat* dan *postheat*. *Postheat* yang terjadi pada proses pengelasan akan menyebabkan seolah-olah terjadi *tempering* pada daerah HAZ, dimana kristal-kristal akan mengalami mekanisme *cold working* hingga timbul rekristalisasi tanpa terjadinya perubahan fase. Sehingga kekuatan dari hasil las akan ditentukan oleh besar masukan panas dan kecepatan pendinginan, dimana kekuatan didalam sifat mekanik bahan akan identik dengan kekerasan bahan.

METODE

Benda uji pelat baja AISI 1045 dengan tebal 5 mm, 10 mm, dan 15 mm, dengan panjang x lebar sebesar 200 mm x 100 mm. Kemudian di buat kampuh V tunggal (sudut 60°). Dimensi kampuh V dan jumlah layer yang digunakan ditunjukkan pada gambar 5. Root face menggunakan 1mm dan celah akar las menggunakan 1 mm (AWS D1.1). Pemotongan pelat sesuai dimensi yang diinginkan dengan menggunakan gergaji mesin. Komposisi kimia baja Mn = 0,6 %, P = 0,01 %, S = 0,02 %, Si = 0,2 % dan C = 0,48 %. Kuat arus pengelasan digunakan 175 A, 225 A dan 275 A dengan menggunakan las GMAW. Gas pelindung digunakan CO_2. Elektroda terumpan secara semi otomatis dan mesin las dioperasikan semi manual oleh operator yang bersifikat juru las. las GMAW merk CIGWELD 330SE dengan spesifikasi: model Transmig 330SE, 3 phase, dial control, 70-330A, 9.5-15KVA, trolley mounted, digital readout; with gun and regulator, serial no. N921 01 A 706126. Jenis elektroda yang digunakan adalah jenis AWS A/SFA 5.18 : ER. 70 S-6 dengan diameter 0,8 mm buatan ESAB (*AWS A5*).



Gambar 1. (a). Dimensi kampuh V, (b). Jumlah layer yang digunakan dalam penelitian.

Prosedur pengujian dengan skala rocwell dilaksanakan ini: Sebagai indentor digunakan kerucut intan dengan sudut puncak 120°**.** Penekanan awal dengan beban minor 10 Kg. Range skala kekerasan 20-95. Permukaan benda kerja dijaga tegak lurus dengan indentor. Jarak antar pusat diameter indentasi harus lebih dari 4d, dan jarak antara pusat indentasi dengan ujung benda uji harus lebih dari 2,5d. Selama waktu penekanan berlangsung, indentor tidak boleh mendapat beban kejut atau getaran dan beban harus diberikan secara berlahan-lahan. Replikasi pengujian dilakukan sebanyak 3 kali di setiap daerah las.

Tabel 1. Skala kekerasan Rockwell test.

Skala	Indentor	Beban Mayor	Range	Material
C	Kerucut Intan	150	10 - 70	Hardened steels, cast irons, deep case-hardened
D		100	20 - 80	Thin but hard steel, medium depth case-hardened
A		60	20 - 95	Sheet steel, shallow case-hardened

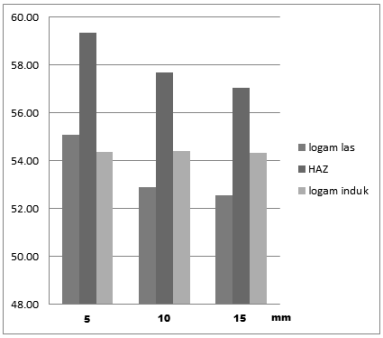
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian kekerasan didaerah las pada variasi tebal pelat pada arus pengelasan 175 A ditunjukkan pada Gambar 2. Pada hasil pengujian terlihat kekerasasn tertinggi terjadi pada HAZ, dikarenakan masukan panas yang terjadi pada daerah las tidak melebihi titik A_1, sehingga struktur kristal tidak terbentuk dalam kondisi equlibrium yang berakibat perkembangan krisal cenderung

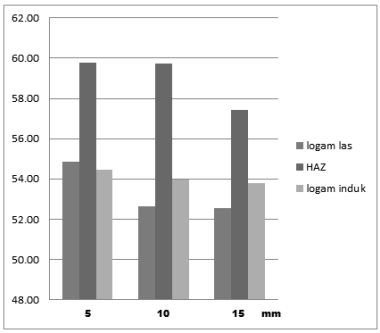
kasar. Pada variasi tebal pelat distribusi kekerasan tertinggi pada tebal 5 mm, kejadian tersebut terjadi akibat struktur kristal cenderung kasar yang diindikasikan memiliki kekerasan tinggi. Fenomena tersebut juga mengindikasikan terjadinya kecepatan pendinginan cepat yang ditimbulkan dari efek dimensi benda kerja.

Hasil pengujian kekerasan didaerah las pada variasi tebal pelat pada arus pengelasan 225 A ditunjukkan pada Gambar 3. Hasil pengujian kekerasan terlihat kekerasan tertinggi masih terjadi pada HAZ, dikarenakan masukan panas yang terjadi pada daerah las tidak melebihi titik A_1, sehingga struktur kristal tidak terbentuk dalam kondisi equlibrium yang berakibat perkembangan krisal cenderung kasar. Pada variasi tebal pelat distribusi kekerasan tertinggi pada tebal 5 mm, kejadian tersebut terjadi akibat struktur kristal cenderung kasar yang diindikasikan memiliki kekerasan tinggi. Fenomena tersebut juga mengindikasikan terjadinya kecepatan pendinginan cepat yang ditimbulkan dari efek dimensi benda kerja.

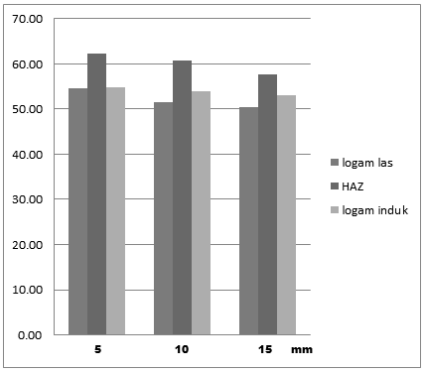
Hasil pengujian kekerasan didaerah las pada variasi tebal pelat pada arus pengelasan 275 A ditunjukkan pada Gambar 4. Hasil pengujian kekerasan terlihat kekerasan tertinggi masih terjadi pada HAZ, dikarenakan masukan panas yang terjadi pada daerah las tidak mendekati titik A_1, sehingga struktur kristal tidak terbentuk dalam kondisi equlibrium yang berakibat perkembangan krisal cenderung kasar. Pada variasi tebal pelat distribusi kekerasan tertinggi pada tebal 5 mm, kejadian tersebut terjadi akibat struktur kristal cenderung kasar yang diindikasikan memiliki kekerasan tinggi. Fenomena tersebut juga mengindikasikan terjadinya kecepatan pendinginan cepat yang ditimbulkan dari efek dimensi benda kerja.



Gambar 2. Distribusi kekerasan didaerah las akibat variasi tebal pelat pada arus pengelasan 175 A



Gambar 3. Distribusi kekerasan didaerah las akibat variasi tebal pelat pada arus pengelasan 225 A



Gambar 4. Distribusi kekerasan didaerah las akibat variasi tebal pelat pada arus pengelasan 275 A.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dapat terlaksana dengan pembiayaan Hibah Dosen Pemula dari Kmenristek Dikti tahun 2017, dimana artikel ini sebagi bentuk salah satu keluaran.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Anggono, Juliana, dkk (1999), Pengaruh Besar Input Panas Pengelasan SMAW terhadap Distorsi Angular Sambungan T Baja Lunak SS400, Vol 1, No 1, Jurnal Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Industri, Universitas Kristen Petra, Surabaya, http://www.t.petra.ac.id/~puslit/journals/.

[2] Awia (2009), Pengaruh variasi tebal pelat dan besar arus listrik terhadap distorsi pada pengelasan multilayer proses GMAW dengan menggunakan transfer spray. Proceding Seminar Pascasarjana, PPs, ITS, Surabaya.

[3] AWS D1.1/D1.1 M – 2002, Struktur Welding Code – Steel, American Welding Society, An American National Standart.

[4] Gourd L.M., (1995), Principles of Welding Technology, Third Edition, Edward Arnold, A Division of Holder Headline PLC, 338 Euston Road, London.

[5] Iriawan, Nur, Septin Pudji Astuti, (2006), Mengolah Data Statistik Dengan Mudah Menggunakan Minitab 14, Andi, Yogyakarta.

[6] Kou, Sindo, (2003), Welding Metallurgy, 2th Edition, John Wiley and Sons, Canada.

[7] Montgomery, D.C., (1991), Design and Analysis of Experiment, John Wiley and Sons, Canada.

[8] Myer, R.H., and Montgomery, D.C., (2002). Respon Surface Methodology Process and Production Optimazation Using Design Experiment. John Wiley and Sons, Canada.

[9] Rusdianto, Jaka, (1999), Analisa Pengaruh Parameter Pengelasan GMAW terhadap Distorsi yang Terjadi Pada Pengelasan Baja SS400 Ketebalan 12mm. Tugas Akhir yang tidak dipublikasikan, ITS, Surabaya.

[10] Suwanda, Totok, (2001), Minimalisasi Distorsi Pada Pengelasan Plat Baja Lunak dengan Submerged Arc Welding Pada lebar Pelat Dan Kedalaman Penetrasi yang berbeda, Proceding Seminar Pascasarjana, PPs, ITS, Surabaya.

[11] Suherman, Wahid (1998), Ilmu Logam II. Diktat Kuliah Jurusan teknik Mesin, ITS.

[12] Widharto Sri (2009), Menuju Juru Las Dunia, PT. Pradnya Paramitha. Jakarta.

[13] Wiryosumarto, Harsono dan Toshie Okumura (2004), Teknologi Pengelasan Logam, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.

[14] Yoshiki, Mikami, dkk., (2006), Measurement and Numerical Simulation of Angular Distortion of Fillet Welded T-joint, Vol.24, No. 4(20061105) pp.312-323. Japan Welding Society.

[15] Triyono (2006), Pengaruh Manajemen Termal terhadap Distorsi Bowing Sambungan Las Logam tak Sejenis antara Baja Karbon dan Baja Tahan Karat. Unesa.

[16] Pranowo Sidi, (2008). Minimalisasi Distorsi Sudut dengan Kedalaman Penetrasi sebagai Kendala pada Proses Pengelasan Busur Rendam Sambungan-T. Proceding Seminar Pascasarjana, PPs, ITS, Surabaya.