

**LAPORAN PENELITIAN
PENGEMBANGAN IPTEK
DANA PNBP TAHUN ANGGARAN 2012**



**Analisis Pengaruh Variasi Sudut Kampuh V (*one side welding*)
Sambungan Las MIG Terhadap Distorsi dan Kekuatan Tarik
Baja Karbon Rendah.**

Oleh :

BUYUNG R. MACHMOED. ST.,M.Eng.

**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI GORONTALO
2012**

LEMBAR IDENTITAS DAN PENGESAHAN

1. Judul Penelitian : Analisis Pengaruh Variasi Sudut Kampuh V Sambungan Las MIG Terhadap Distorsi dan Kekuatan Tarik Baja Karbon Rendah.
2. Peneliti
 - a. Nama lengkap dan gelar : Buyung R. Machmoed.,ST. M.Eng.
 - b. Jenis Kelamin : Laki-Laki
 - c. NIP : 197610192006041 001
 - d. Jabatan Struktural : Dosen UNG
 - e. Jabatan Fungsional : Asistenahli
 - f. Fakultas/Jurusan : Fakultas Teknik / Teknik Elektro.
 - g. Pusat Penelitian : Lembaga Penelitian UNG
 - h. Alamat: : Jln. Jend. Sudirman No.6 Kota Gorontalo
 - i. Telepon : (0435) 821125
 - j. Alamat Rumah : Jl. Moh.Tayeb Gobel No.198 Kel, Ayula Utara Kec. Bolango Selatan Kab. Bone Bolango
 - k. Telepon / E-mail : 085256396999 / byg_machmoed@yahoo.com
3. Jangka Waktu Penelitian : 6 (enam) Bulan
4. Pembiayaan : Dana PNBPN Lemlit
Jumlah biaya yang di ajukan : Rp 9.850.000

Gorontalo, Oktober 2012

Mengetahui,
Dekan,

Peneliti,

Ir. Rawivah Husnan. MT.
NIP: 19640427199403 2 001

Buyung R.Machmoed. ST. M.Eng.
NIP : 19761019200604 1 001

Menyetujui
Ketua Lembaga Penelitian

DR. Fitryane Lihawa. M.Si.
NIP 19691209199303 2 001

IDENTITAS PENELITI

1. Judul Penelitian : Analisis Pengaruh Variasi Sudut Kampuh V Sambungan Las MIG Terhadap Distorsi dan Kekuatan Tarik Baja Karbon Rendah.
2. Peneliti
- a. Nama lengkap dan gelar : Buyung R. Machmoed.,ST. M.Eng.
 - b. Bidang keahlian : Rekayasa Konstruksi Dan Mekanika Material
 - c. Jabatan Struktural : Dosen UNG
 - d. Jabatan Fungsional : Asisten ahli
 - e. Unit kerja : Fakultas Teknik/Teknik Elektro.
 - f. Alamat surat : Jln. Jend. Sudirman No.6 Kota Gorontalo
 - g. Telepon / Faks : (0435) 821125
 - h. E-Mail : byg_machmoed@yahoo.com
3. Anggota peneliti : -

No	Nama dan Gelar Akademik	Bidang Keahlian	Instansi	Alokasi Waktu Jam / Minggu
1	Buyung R.Machmoed.,ST. M.Eng	Rekayasa Konstruksi Dan Mekanika Material	FT UNG	120 / 24

4. Obyek penelitian :

Material pelat baja karbon rendah tebal 10mm panjang 20cm lebar 50cm sebanyak 6 lembar, pengelasan menggunakan las MIG (*Metal inert Gas*) jenis kampuh V sudut alur divariasikan antara 50°, 60° dan 70°

5. Masa pelaksanaan penelitian :

Mulai : Mei 2012
Berakhir : Oktober 2012

6. Anggaran keseluruhan : Rp. 9.850.000

7. Lokasi penelitian : Lab Teknik Industri UNG
: Lab. Proses Produksi Politeknik Agropolitan Gorontalo

8. Hasil yang ditargetkan : Dapat menentukan sudut alur yang tepat pada pengerjaan pelat- pelat tebal $\pm 10\text{mm}$ yang menggunakan jenis las MIG (*Metal Inert Gas*).

9. Institusi lain yang terlibat tidak ada.

ABSTRAK

Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pengaruh variasi sudut (50° , 60° , dan 70°) pada pengelasan kampuh V (*one side welding*), terhadap distorsi dan kekuatan tarik las baja karbon rendah. Target jangka panjang penelitian ini adalah dapat memberikan kontribusi pengelasan dalam penentuan jenis kampuh dan sudut alur.

Material penelitian adalah material baja karbon rendah yang berada di pasaran dengan tebal 10 mm. Pengelasan menggunakan jenis las MIG (*metal inert gas*). Parameter sambungan yang akan diteliti adalah sudut alur 50° , 60° , dan 70° jenis kampuh V (*one side welding*). Kemudian dilakukan karakterisasi fisik mekanik meliputi uji tarik dan pengukuran Distorsi. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa. Distorsi angular terbesar jika dibandingkan ketiga spesimen dengan sudut 50° , 60° dan 70° relatif lebih baik pada sudut 70° karena menghasilkan penyusutan penampang secara tegak lurus, Distorsi lengkung (*longitudinal bending distortion*) terbesar terjadi pada spesimen sudut alur 70° Selain itu pengujian tarik menunjukkan bahwa tegangan tarik maximum dan regangan tarik tertinggi terjadi pada spesimen sudut alur 70° sebesar 1938 MPa dan 28.5 % jika dibandingkan antara sudut alur 50° dan 60° . Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat korelasi antara sudut alur, distorsi dan sifat mekanis.

Kata Kunci : *Las, Alur V, Sifat Mekanis*

KATA PENGANTAR

Puji syukur Penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan dengan baik laporan Penelitian yang berjudul **Analisis Pengaruh Variasi Sudut Kampuh V Sambungan Las MIG Terhadap Distorsi dan Kekuatan Tarik Baja Karbon Rendah.**

Penelitian ini terselesaikan atas bantuan dan kerjasama dari berbagai pihak oleh karena itu penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. DR. Fitriyane Lihawa, M.Si. selaku ketua Lembaga Penelitian Universitas Negeri Gorontalo yang selalu memberikan motivasi kepada Dosen Muda untuk melakukan penelitian.
2. Ir. Rawiyah Husnan., MT. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Gorontalo
3. Pihak-pihak lain yang telah memberikan dan mendukung penelitian, penyusunan dan penulisan laporan

Penulis berharap penelitian ini bermanfaat walaupun masih jauh dari sempurna oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat konstruktif.

Gorontalo, Oktober 2012

Buyung R. Machmoed. ST., M. Eng.

DAFTAR ISI

Halaman Pengesahan	i
Halaman Identitas Peneliti	ii
Abstrak	iii
Kata Pengantar	iv
Daftar Isi .	v
Daftar Lampiran	vi
BAB I PENDAHULUAN	
I. Latar Belakang	1
1.1. Rumusan Masalah	1
1.2. Tujuan Penelitian	1
1.3. Urgensi Penelitian	2
BAB II STUDI PUSTAKA	
II. Ruang Lingkup Pengelasan.	3
2.1. Las Metal Inert Gas (MIG).	3
2.2. Distribusi Temperatur.	5
2.3. Distorsi.	5
2.4. Pengujian Tarik.	8
BAB III METODE PENELITIAN	
III. Rancangan Penelitian.	10
3.1. Rencana Penelitian.	10
A. Tahap Pertama.	10
B. Tahap Kedua.	12
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
IV. Hasil Pengukuran Distorsi dan Uji Tarik	14
4.1. Hasil Pengukuran Distorsi.	14
4.2. Hasil Pengujian Tarik.	15
BAB V PENUTUP	
V. Kesimpulan Dan Saran.	17
5.1. Kesimpulan.	17
5.2. Saran.	17
DAFTAR PUSTAKA	18
LAMPIRAN – LAMPIRAN	19-36

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Perhitungan tegangan tarik sudut alur V 50°
- Lampiran 2 Perhitungan regangan sudut alur V 50°
- Lampiran 3 Data spesimen uji tarik Variasi Sudut Alur V Sambungan las MIG.
- Lampiran 4 Grafik hasil uji tarik spescimen pada variasi sudut 50° Spesimen 01.
- Lampiran 5 Grafik hasil uji tarik spescimen pada variasi sudut 50° Spesimen 02.
- Lampiran 6 Grafik hasil uji tarik spescimen pada variasi sudut 50° Spesimen 03.
- Lampiran 7 Grafik hasil uji tarik spescimen pada Variasi Sudut 60° Spesimen 01.
- Lampiran 8 Grafik hasil uji tarik spescimen pada Variasi Sudut 60° Spesimen 02.
- Lampiran 9 Grafik hasil uji tarik spescimen pada Variasi Sudut 60° Spesimen 03.
- Lampiran 10 Grafik hasil uji tarik spescimen pada Variasi Sudut 70° Spesimen 01.
- Lampiran 11 Grafik hasil uji tarik spescimen pada Variasi Sudut 60° Spesimen 02.
- Lampiran 12 Grafik hasil uji tarik spescimen pada Variasi Sudut 60° Spesimen 01.
- Lampiran 13 Grafik hasil uji tarik spescimen raw material 01.
- Lampiran 14 Grafik hasil uji tarik spescimen raw material 02.
- Lampiran 15 Grafik hasil uji tarik spescimen raw material 03.
- Lampran 16 Foto proses persiapan material dan pengukuran .
- Lampiran 17 Foto proses pemotongan material .
- Lampran 18 Foto material setelah di potong – potong dengan ukuran 10x 50 cm.
- Lampran 19 Foto persiapan material untuk pembuatan sudut menggunakan mesin skrap.
- Lampran 20 Persiapan material untuk pembuatan sudut menggunakan mesin skrap.
- Lampiran 21 Foto mesin las MIG yang digunakan Merek *Phonix 421 Expert*.
- Lampiran 22 Foto proses persiapan pengelasan.
- Lampiran 23 Foto pemasangan kawat las pada mesin las MIG.
- Lampiran 24 Foto kalibrasi arus konstan yang akan digunakan.
- Lampiran 26 Foto proses pengelasan posisi datar DCEP (*dierect current electrode positif*).
- Lampiran 27 Foto proses kocking setelah pengelasan *pass* pertama.
- Lampiran 28 Foto material setelah proses pengelasan.
- Lampiran 29 Foto persiapan pembuatan spesimen uji tarik.

Lampiran 30 Foto Spesimen uji tarik standar JIZ 2201 No 7 sebelum dilakukan pengujian tarik .

Lampiran 31 Foto Spesimen uji tarik standar JIZ 2201 setelah dilakukan pengujian tarik.

Lampiran 32 Foto alat uji kekuatan tarik beban maximum 5000 kg merek.

Lampiran 33 Foto pengukuran pertambahan panjang spesimen uji tarik menggunakan.

Biodata Peneliti .

BAB I

PENDAHULUAN

I. Latar Belakang

Pengembangan teknologi dibidang konstruksi yang semakin maju tidak dapat dipisahkan dari pengelasan karena mempunyai peranan penting dalam rekayasa dan reparasi logam. Pembangunan konstruksi dengan logam pada masa sekarang ini banyak melibatkan unsur pengelasan khususnya bidang rancang bangun karena sambungan las merupakan salah satu pembuatan sambungan yang secara teknis memerlukan ketrampilan yang tinggi bagi pengelasnya agar diperoleh sambungan dengan kualitas baik. Pengelasan dalam suatu konstruksi sangat luas meliputi perkapalan, jembatan, rangka baja, bejana tekan, sarana transportasi, rel, pipa saluran dan lain sebagainya.

Faktor yang mempengaruhi las adalah prosedur pengelasan yang meliputi cara pembuatan konstruksi las yang sesuai rencana dan spesifikasi dengan menentukan semua hal yang diperlukan dalam pelaksanaan tersebut. Faktor produksi pengelasan adalah jadwal pembuatan, proses pembuatan, alat dan bahan yang diperlukan, urutan pelaksanaan, persiapan pengelasan (meliputi: pemilihan mesin las, penunjukan juru las, pemilihan elektroda, penggunaan jenis kampuh) (Wiryosumarto, 2000).

Secara umum pengelasan dapat diartikan sebagai suatu ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan pada saat logam dalam keadaan cair. Sekarang ini pengelasan merupakan pelaksanaan pekerjaan yang amat penting dalam teknologi produksi dengan bahan baku logam.

1.1. Rumusan Masalah.

Sesuai dengan judul dan latar belakang yang diuraikan diatas, maka permasalahan yang timbul adalah bagaimanakah pengaruh variasi sudut antara 50° · 60° dan 70° pada pengelasan MIG (*metal inert gas*) yang menggunakan filler AWS A5.18 ER 70S-6 terhadap uji tarik dan distorsi.

1.2. Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui pengaruh variasi sudut (50° , 60° , 70°) pada pengelasan kampuh V (*one side welding*), plat baja karbon rendah terhadap distorsi hasil pengelasan MIG dengan filer AWS A5.18 ER 70S-6
2. Untuk mengetahui sifat mekanis (*kekuatan tarik*) pada variasi sudut (50° , 60° , 70°) kampuh V (*one side welding*), hasil pengelasan MIG (*metal inert gas*) dengan filler AWS A5.18 ER 70S-6

1.3. Urgensi Penelitian.

Definisi pengelasan menurut DIN (*Deutsche Industrie Norman*) adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Dengan kata lain, las merupakan sambungan setempat dari beberapa batang logam dengan menggunakan energi panas.

Mengelas bukan hanya memanaskan dua bagian benda sampai mencair dan membiarkan membeku kembali, tetapi membuat lasan yang utuh dengan cara memberikan bahan tambah atau elektroda pada waktu dipanaskan sehingga mempunyai kekuatan seperti yang dikehendaki. Kekuatan sambungan las dipengaruhi beberapa faktor antara- lain: prosedur pengelasan, bahan, elektroda dan jenis kampuh yang digunakan.

Pada proses penyambungan dengan menggunakan proses pengelasan banyak tahapan yang harus diperhatikan untuk mendapatkan hasil yang optimal, mulai dari tahapan desain, pengerjaan dan pemeliharaan. Tahapan desain yang dimulai dari pemilihan jenis pengelasan sampai dengan pemilihan bentuk kampuh yang digunakan, pada tahap pengerjaan akan dipilih arus dan posisi material yang akan dilas.

BAB II

STUDI PUSTAKA

II. Ruang Lingkup Pengelasan

Pengelasan merupakan proses manufaktur yang dominan dalam teknologi konstruksi kapal sehingga ini perlu penanganan yang serius agar dapat menghasilkan las yang memenuhi kualitas yang dipersyaratkan. Pemilihan kampuh dan alur las dapat mempengaruhi perubahan dimensi (*distorsi*) pada struktur las akibat adanya pengaruh panas lokal yang menghasilkan tegangan thermal dan mempengaruhi laju pendinginan.

Hasil penyambungan logam melalui pengelasan hendaknya menghasilkan sambungan yang berkualitas dari segi kekuatan dan distorsi las, dimana untuk menghasilkan sambungan las yang berkualitas hendaknya kedua pelat atau bagian logam yang akan di las perlu diberikan suatu bentuk kampuh las tertentu.

Untuk memperoleh kekuatan hasil pengelasan yang dapat dijamin kualitasnya, pengelasan sebaiknya menggunakan berbagai bentuk alur yang sudah dikembangkan. Pengerjaan kampuh las terdiri dari 4 jenis yaitu, sambungan kampuh sisi, sambungan berimpit, sambungan sudut dan sambungan T. Sambungan atau kampuh tumpul (*butt joint*) adalah sambungan las yang dilakukan dengan jalan mengelas bagian tepi atau ujung dari logam yang akan di las. Adapun sambungan atau kampuh tumpul terdiri dari sambungan I, V, X, dan $\frac{1}{2}$ V, $\frac{1}{2}$ X, U. Sambungan V dipergunakan untuk menyambung logam/pelat yang tebalnya antara 4-12 mm, dimana sambungan ini terdiri dari sambungan V terbuka dan tertutup. Sambungan V terbuka digunakan untuk menyambung logam/pelat yang tebalnya 4-12 mm dan jarak/celah kampuh sekitar 1 mm serta tinggi dasar sampai sudut kampuh 1-2 mm. Sambungan V tertutup dipergunakan untuk menyambung logam/pelat yang tebalnya 4-12 mm dengan sudut sambungan dan tinggi dari dasar sampai dasar sudut, sambungan dibuat sama dengan sambungan V terbuka (Wiryosumarto, Okumura 1994).

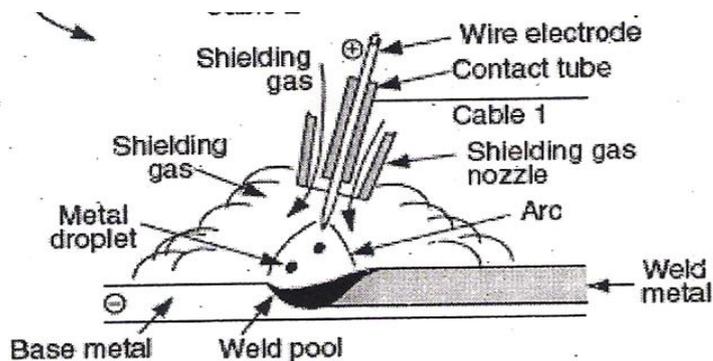
2.1. Las Metal Inert Gas (MIG)

Pada penelitian ini pengelasan yang digunakan adalah jenis pengelasan MIG (*Metal Inert Gas*) dengan argon dan helium sebagai gas pelindung seperti pada Gambar 2.1. Pengelasan

MIG menggunakan energi panas yang dihasilkan dari busur listrik yang dapat mencairkan kawat logam yang berfungsi sebagai elektroda terumpun (*Consumable Electrode / Filler*).

Pada aplikasi teknik gas pelindung yang digunakan adalah gas argon dan untuk memantapkan busur listrik kadang-kadang ditambahkan gas O₂ antara 2 sampai 5% atau CO₂ antara 5 sampai 20%. Dalam banyak hal penggunaan las MIG sangat menguntungkan karena sifat-sifatnya yang baik misalnya :

1. Konsentrasi busur yang tinggi, menyebabkan busur sangat bagus dan percikannya sedikit sehingga memudahkan operasi pengelasan.
2. Karena dapat menggunakan arus yang tinggi maka kecepatannya juga sangat tinggi sehingga efisiensi sangat baik.
3. Tidak terdapat terak (*slag*).
4. Hasil pengelasan mempunyai sifat-sifat yang lebih baik dari pada yang dihasilkan dengan cara pengelasan yang lain.



Gambar 2.1. Pengelasan MIG (*Metal Inert Gas*)
(ASM Handbook 2004)

Gas CO₂ akan mempengaruhi dalamnya penetrasi dan jika gas ini dicampurkan ke dalam gas argon, maka penetrasi pada tempat busur berkurang tetapi penetrasi disekitarnya makin dalam. Kawat pengisi dalam las MIG biasanya diumpankan secara otomatis.

2.2. Distribusi temperatur

Sumber panas pada proses pengelasan berasal dari panas elektroda yang ada. Dimana panas ini secara matematis dapat dihitung dengan persamaan empiris.

$$H_{net} = \frac{1 \cdot E \cdot I}{v} \dots\dots\dots(2.1)$$

dimana :

- H_{net} : Energi input bersih (J/mm).
- E : Tegangan ($Volt$).
- I : Arus ($Ampere$).
- 1 : Efisiensi pemindahan panas
- v : Kecepatan pengelasan (mm/s)

Pada pengelasan MIG nilai efisiensi pemindahan panas berkisar antara 25% - 75%. Pemindahan panas yang terjadi selama proses pengelasan berlangsung secara konduksi dan konveksi. Konduksi terjadi pada bidang-bidang benda kerja yang menerima panas secara langsung dari elektroda dan transfer panas, secara konveksi terjadi pada permukaan yang berkontak langsung dengan udara.

Pada distribusi temperatur sekitar sumber panas untuk pelat tebal dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut : (Messler,1999)

$$T - T_o = - \frac{q/v}{2\pi kh} e^{-v\xi/2\alpha} \frac{e^{-vR/2\alpha}}{R} \dots\dots\dots(2.2)$$

Persamaan (3.2) diatas dapat disederhanakan sehingga menghasilkan distribusi waktu temperatur disuatu tempat pada sekitar las yang berjarak $r^2 = x^2 + y^2$ Sebagai berikut :

$$T - T_o = \frac{q/v}{2\pi kt} e^{-\frac{r^2}{4\alpha t}} \dots\dots\dots(2.3)$$

Dengan T_o = Temperatur akhir las (K), T = Temperatur awal las (K),
 q = Masukan panas (KJ/mm), k = Konduktifitas panas ($\square/ms^{-1}K^{-1}$), α = Difusivity = $K/\rho c$ (m^2/s),
 h = tebal las (mm), v = kecepatan las (mm/s).

3.3. Distorsi

Cheng dkk (2005) telah melakukan penelitian distorsi pada alur V, pada aluminium paduan 2024-T351, 6061-T6 dan 7075-T6. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa jika sudut alur 0° (alur I), distorsi las dengan pelat yang dijepit lebih besar dari pada pelat yang bebas.

Efek berlawanan yang terjadi pada las dengan sudut alur 45° – 60° dan 90° dimana las dengan pelat dijepit, menghasilkan sudut distorsi yang kecil jika dibandingkan dengan pelat bebas. Hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa distorsi sudut dipengaruhi oleh tegangan luluh dimana semakin besar tegangan luluh distorsi yang terjadi semakin kecil.

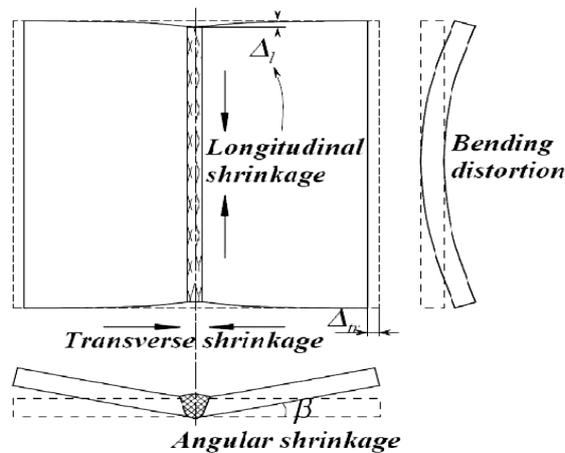
Perubahan dimensi pada struktur las biasa terjadi karena adanya pemuaian dan penyusutan las yang disebabkan adanya pemanasan dan pendinginan selama siklus las berlangsung.

Besar dan arah penyusutan / distorsi tergantung banyak faktor diantaranya diakibatkan oleh distribusi massa disekitar garis las (*momen inersia*), medan gaya dan adanya logam las.

Distorsi akan menyebabkan :

- Bentuk akhir tidak memenuhi syarat baik keindahan maupun letak.
- Dapat menjadi bagian terlemah.
- Mengganggu distribusi gaya.

Macam-macam distorsi yang terjadi pada pengelasan seperti terlihat pada Gambar 2.2 dibawah ini :

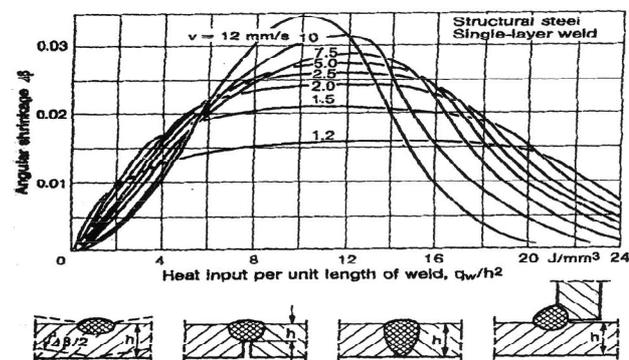


Gambar 2.2 Perubahan dimensi pada pengelasan.

- Penyusutan transversal (*transverse shrinkage*) adalah penyusutan yang terjadi tegak lurus terhadap arah garis las.
- Penyusutan longitudinal (*longitudinal shrinkage*) adalah penyusutan yang terjadi searah garis las.
- Distorsi lengkung (*longitudinal bending distortion*) adalah distorsi dalam bidang yang melalui garis las dan tegak lurus terhadap pelat.

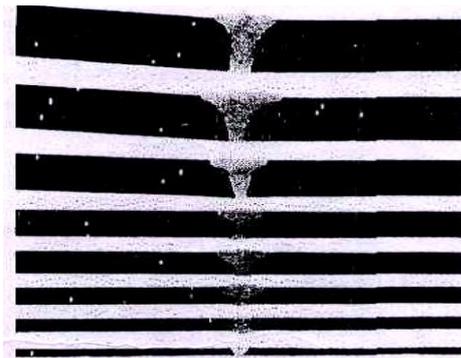
d. Distorsi sudut (*angular shrinkage*) adalah rotasi pelat dari posisi horizontal akibat penyusutan sepanjang tebal pelat yang tidak merata.

Distorsi sudut (*angular shrinkage*) biasanya terjadi karena penyusutan yang tegak lurus sepanjang tebal pelat yang tidak merata, ketidakmerataan ini tergantung pada sambungan dan penampang lintang logam las. Besarnya distorsi tergantung pada lebar dan kedalaman las relatif terhadap ketebalan pelat jenis sambungan, urutan pengelasan, sifat thermal logam, dan masukan panas dapat dilihat pada Gambar 2.2. dan 2.4. dibawah ini



Gambar 2.3 Distribus anguler pada las tunggal

Distorsi Sudut ($\Delta\beta$) untuk las lapis tunggal tergantung pada kecepatan pengelasan, masukan panas dan ketebalan pelat atau las untuk bahan baja paduan rendah (*low alloy steel*).



Gambar 2.4 Distorsi sudut pada sambungan butt – joint untuk logam dengan berbagai ketebalan (Kou, 2003)

Murugan, Gunaraj (2005) telah meneliti pangaruh parameter las terhadap distorsi sudut pada pengelasan pelat baja menggunakan las GMAW. Hasil penelitian menunjukkan bahwa

meningkatnya jumlah lintasan las (*pass*) menyebabkan kenaikan distorsi sudut las sedangkan parameter las seperti waktu jeda antar lintasan dan laju umpan kawat las cenderung menurunkan distorsi sudut las jika parameter tersebut meningkat.

Pengaruh variasi arus (*pulsed current*) terhadap tegangan susut dan distorsi pada las GMAW dengan ukuran alur yang berbeda telah diteliti oleh Ghosh dkk (2010), dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa las GMAW dengan *pulsed current* lebih menguntungkan dibanding dengan arus konvensional karena dapat mengurangi tegangan susut dan distorsi.

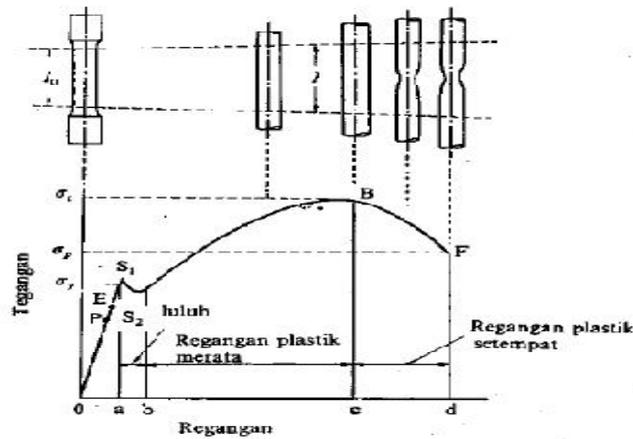
Sambungan las dikatakan memiliki kualitas yang baik jika daerah-daerah sambungan las yang meliputi daerah las (*weld metal*) batas las (*fusion zone*) dan daerah pengaruh panas (*heat affected zone*) mempunyai sifat fisis dan mekanisnya lebih baik atau mendekati logam induknya (Atkins dkk, 2002).

3.4. Pengujian Tarik

Proses pengujian tarik bertujuan untuk mengetahui kekuatan tarik benda uji. Pengujian tarik untuk kekuatan tarik daerah las dimaksudkan untuk mengetahui apakah kekuatan las mempunyai nilai yang sama, lebih rendah atau lebih tinggi dari kelompok *raw materials*. Pengujian tarik untuk kualitas kekuatan tarik dimaksudkan untuk mengetahui berapa nilai kekuatannya dan dimanakah letak putusnya suatu sambungan las. Pembebanan tarik adalah pembebanan yang diberikan pada benda dengan memberikan gaya tarik berlawanan arah pada salah satu ujung benda.

Penarikan gaya terhadap beban akan mengakibatkan terjadinya perubahan bentuk (*deformasi*) bahan tersebut. Proses terjadinya deformasi pada bahan uji adalah proses pergeseran butiran kristal logam yang mengakibatkan melemahnya gaya elektromagnetik setiap atom logam hingga terlepas ikatan tersebut oleh penarikan gaya maksimum.

Pada pengujian tarik beban diberikan secara kontinu dan pelan-pelan bertambah besar, bersamaan dengan itu dilakukan pengamatan mengenai perpanjangan yang dialami benda uji dan dihasilkan kurva tegangan regangan.



Gambar 2-5. Kurva tegangan-regangan (Wiryosumarto, 2000)

Pada pengujian tarik beban diberikan secara kontinu dan pelan–pelan bertambah besar, bersamaan dengan itu dilakukan pengamatan mengenai perpanjangan yang dialami benda uji dan dihasilkan kurva teganganregangan.

Tegangan dapat diperoleh dengan membagi beban dengan luas penampang mula benda uji.

$$\sigma = \frac{F}{A_0} \dots\dots\dots(2.4)$$

Engineering strain (*regangan teknik*) :

$$\varepsilon = \frac{L-L_0}{L_0} = \frac{\Delta L}{L_0} \dots\dots\dots(2.5)$$

- Dimana :
- σ : Tegangan tarik (kgf/mm^2).
 - F : Beban (kgf).
 - A_0 : Luas penampang patah (mm^2).
 - L : Panjang spesimen setelah patah.
 - ε : Regangan (%).
 - ΔL : Pertambahan panjang (mm).
 - L_0 : Panjang spesimen mula-mula (mm).

Regangan (*persentase pertambahan panjang*) yang diperoleh dengan membagi perpanjangan panjang ukur (ΔL) dengan panjang ukur mula-mula benda uji.

BAB III

METODE PENELITIAN

III. Rancangan Penelitian

Penelitian ini adalah menggunakan metode eksperimen. Eksperimen dilaksanakan dilaboratorium dengan kondisi dan peralatan yang diselesaikan guna memperoleh data tentang pengaruh variasi sudut alur V 50° 60° dan 70° , terhadap distorsi dan kekuatan tarik las MIG dengan filler AWS A5.18 ER 70S-6. Pengumpulan data dalam penelitian ini menggunakan metode dokumentasi, observasi dan eksperimen langsung yaitu metode pengumpulan data penelitian yang dengan sengaja dan secara sistematis mengadakan perlakuan atau tindakan pengamatan terhadap suatu variabel.

Subyek yang akan ditinjau pada penelitian ini adalah material yang berbentuk pelat dengan tebal 10 mm yang akan menggunakan pengelasan MIG (*metal inert gas*). Pada proses pengelasan tersebut sering terjadi perubahan bentuk yang dipengaruhi oleh kurangnya perhatian pada jenis kampuh dan besarnya sudut alur yang digunakan. Berdasarkan permasalahan tersebut perlu dilakukan penelitian mengenai sudut alur yang digunakan agar logam pengisi dapat masuk diantara logam sambungan sehingga dapat menyatukan seluruh material yang akan dilas hasil pengelasan ini diharapkan dapat menghasilkan suatu sambungan yang memiliki sifat mekanis (*uji tarik*) dan distorsi yang optima.

3.1. Rencana Penelitian

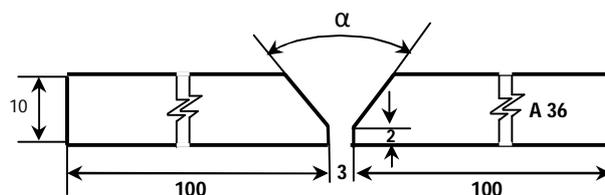
Penelitian ini dilakukan dalam sembilan langkah, yaitu studi kepustakaan, analisa permasalahan pengelasan, persiapan material yang akan digunakan, persiapan alat yang digunakan, persiapan mesin las yang digunakan, pengukuran distorsi, pembuatan spesimen uji tarik, pengujian tarik, analisa hasil pengujian. Kesembilan langkah tersebut dibagi dalam dua tahap yaitu:

A. Tahap Pertama

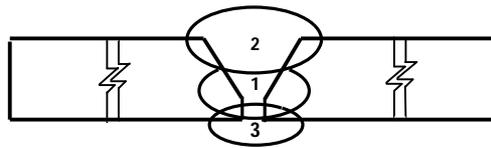
1. Studi kepustakaan (*bibliography research*), untuk menemukan filosofis dan teori-teori mengenai pengelasan, serta untuk melakukan identifikasi terhadap permasalahan-permasalahan yang sering muncul dalam proses pengelasan. Keluaran dari tahapan ini adalah diperolehnya rumusan permasalahan dalam pengelasan. Target atau indikator

keberhasilan pada tahap ini adalah teridentifikasinya permasalahan-permasalahan pengelasan khususnya pada sifat mekanik (uji tarik) dan distorsi.

2. Analisa permasalahan yaitu melakukan analisis dan diskusi mengenai permasalahan pengelasan yang terjadi untuk menentukan material, jenis kampuh dan sudut alur. Keluaran dari tahapan ini adalah, akan dibahas mengenai perlunya variasi sudut alur pengelasan antara (50° , 60° , dan 70°) dan pengukuran distorsi. Target atau indikator keberhasilan pada tahap ini adalah teridentifikasinya jenis material, jenis kampuh dan sudut alur pengelasan.
3. Persiapan material yang akan digunakan yaitu mempersiapkan jenis material baja karbon rendah dengan tebal 10 mm panjang 40mm dan lebar 20mm. Keluaran dari tahapan ini adalah dapat menentukan jumlah lembaran material yang akan disambung / dilas. Indikator keberhasilan pada tahap ini adalah dapat menentukan jumlah material yang digunakan.
4. Persiapan alat yang digunakan yaitu alat pemotong material yang menggunakan las asitelin dan alat ukur mistar baja dan kapur penggaris pelat keluaran dari tahapan ini adalah terbentuknya material plat baja karbon rendah dengan ukuran panjang 40mm lebar 20mm dan tebal 10mm. indikator keberhasilan pada tahap ini adalah terbentuknya material yang akan dilas sebanyak 3 pasang (*6 lembar*) plat baja karbon rendah.
5. Persiapan mesin las yang akan digunakan yaitu menggunakan mesin las MIG dan melakukan kalibrasi pada arus yang digunakan, posisi pengelasan dan jenis filler. Keluaran dari tahapan ini dapat menentukan jenis arus, posisi pengelasan dan filler yang digunakan. Indikator keberhasilan arus yang di gunakan DC dengan polaritas DCEP (*dierect current electrode positif*) pada tegangan konstan 25 Volt, 150 amper dan masukan panas 0,9375 kJ/mm dengan kecepatan pengelasan 4 mm/detik, dengan bentuk kampuh dan urutan pengelasan seperti pada gambar di bawah ini :



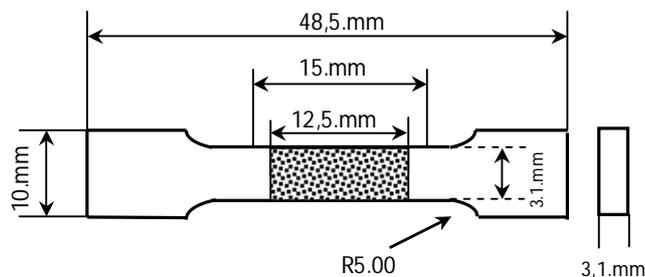
Gambar 3.1 Kampuh V terbuka (Wiryosumarto & Okumura 1988)



Gambar 3.2 Urutan Pengelasan (Wirjosumarto & Okumura 1988)

B. Tahap Kedua

- 1 Pengukuran distorsi yaitu untuk mengetahui perubahan dimensi struktur las yang terjadi karena tegangan thermal pada saat pengelasan MIG baja karbon rendah. Keluaran dari tahapan ini adalah terjadinya perubahan dimensi pada material setelah pengelasan. Indikator keberhasilan perubahan dimensi sudut (*angular shrinkage*) dan sudut lengkung (*bending distortion*) yang berbeda pada setiap sudut alur.
2. Pembuatan spesimen uji tarik yaitu spesimen uji tarik mengacu ke standar JIS Z 2201 No 7 pada semua material dan sudut alur yang telah proses pengelasan. Keluaran dari tahapan ini adalah sudut alur (50° , 60° , dan 70°) masing-masing dibuat spesimen uji tarik terdiri dari 3 spesimen. Indikator keberhasilan yaitu jumlah spesimen uji tarik keseluruhan sebanyak 9 spesimen standar JIS Z 2201 No 7 seperti pada Gambar dibawah ini

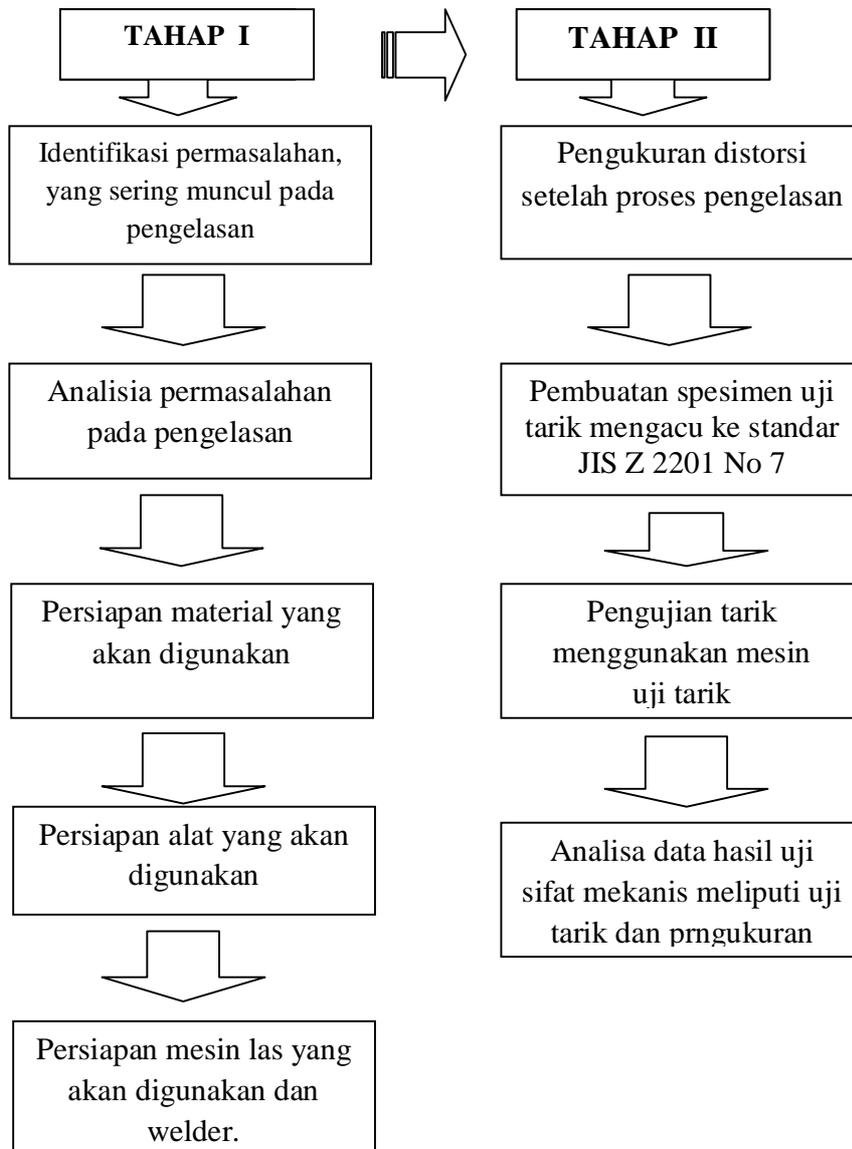


Gambar. 3.3 Spesimen uji tarik mengacu standar JIS Z 2201 No 7

3. Pengujian tarik adalah untuk mengetahui pengaruh perubahan masukan panas terhadap kekuatan tarik hasil pengelasan pada daerah las, Keluaran dari tahapan ini adalah Umumnya pengujian tarik dilakukan pada arah transversal untuk daerah sambungan dan daerah las. Indikator keberhasilan yaitu karena bentuk spsimen yang sedemikian rupa maka patah yang terjadi dipastikan berada didaerah las.

5. Analisa hasil pengujian yaitu dari data hasil uji sifat mekanis dan hasil pengukuran distorsi masing masing di analisa sehingga mendapat kesimpulan yang menjadi hasil penelitian. Keluaran dari tahap ini adalah terbentuknya grafik hasil pengukuran distorsi dan grafik uji tarik yang telah di rata-ratakan Indikator keberhasilannya adalah kesimpulan dari hasil penelitian pada variasi sudut alur dan sifat mekanis meliputi pengukuran distorsi dan uji tarik.

Gambar 3.4 berikut menggambarkan tahapan-tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini:



Gambar 3.4. Bagan Alir Tahapan Penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

IV. Hasil Pengukuran Distorsi dan Uji Tarik

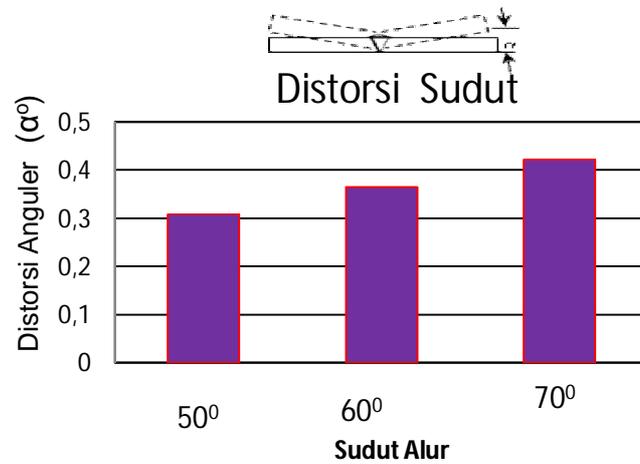
4.1. Hasil pengukuran distorsi.

Distorsi adalah perubahan dimensi pada struktur las hal ini biasa terjadi karena adanya pemuaian dan penyusutan las yang disebabkan adanya pemanasan dan pendinginan selama siklus las berlangsung. Besar dan arah penyusutan/distorsi tergantung banyak faktor diantaranya diakibatkan oleh distribusi massa disekitar garis las (*momen inersia*), medan gaya dan adanya logam las.

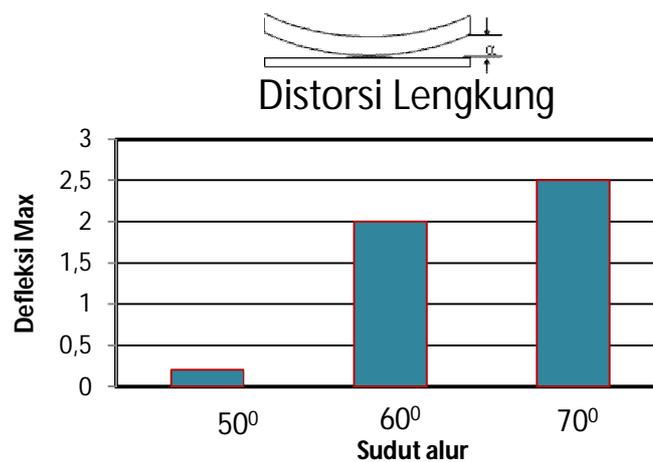
Dari hasil pengukuran distorsi angular pada pengelasan alur V yang sudut alur divariasi antara 50° , 60° , dan 70° diperoleh distorsi angular terbesar pada sudut alur 70° , jika dibandingkan dengan sudut 50° dan 60° . Hal ini disebabkan karena penampang logam las yang relatif terlalu besar pada permukaan atas, sedangkan pada bagian bawah relatif kecil sehingga mengakibatkan gaya penyusutan semakin besar.

Hasil pengukuran distorsi lengkung (*longitudinal bending distortion*) terbesar terjadi pada sudut alur 70° , ini disebabkan penyusutan yang melalui garis las yang terjadi secara tegak lurus terhadap pelat. Distorsi lengkung terkecil terjadi pada sudut alur 50° seperti pada Gambar 4.1 dan 4.2 dibawah ini.

Perbedaan penampang dan penyusutan yang terjadi pada pengelasan ini juga mengakibatkan terjadinya pencairan, pembekuan, dan pengembangan, termal didaerah sambungan las dan sekitarnya pada suatu konstruksi las yang juga tidak uniform (*mendorong terjadinya gaya eksentris pada penampang melintang logam las*).



Gambar 4.1. Distorsi Anguler (*angular shrinkage*) pada pengelasan alur V 50° 60° 70°

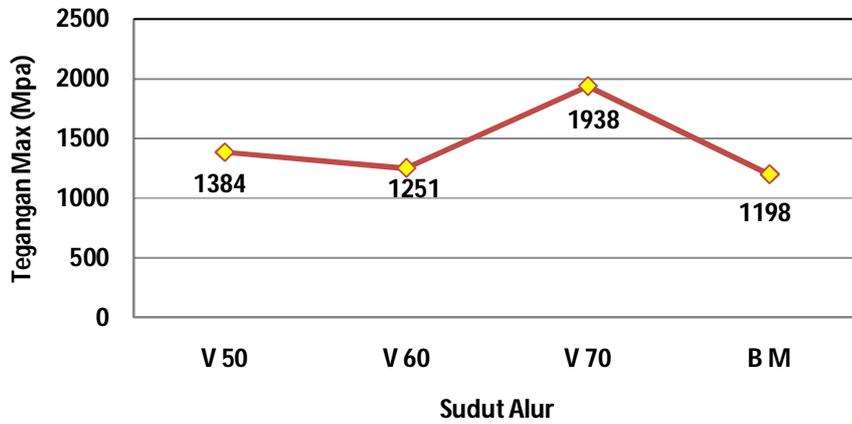


Gambar 4.2. Distorsi lengkung (*longitudinal bending distortion*) pada pengelasan alur V 50° 60° 70°

4.2. Hasil pengujian tarik sambungan las

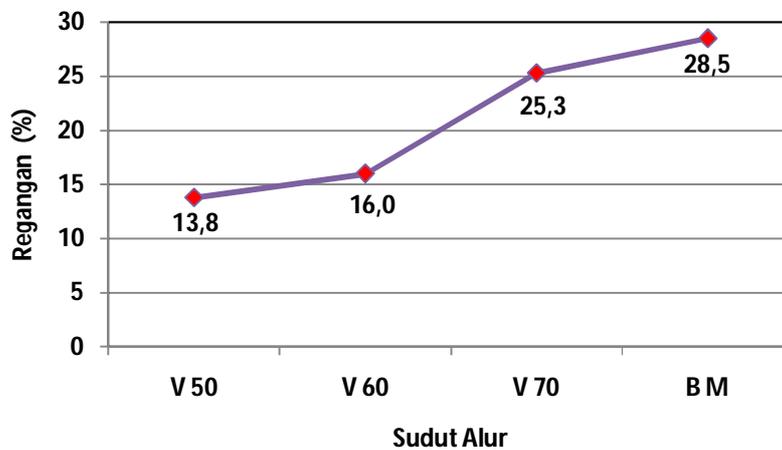
Umumnya pengujian tarik dilakukan pada arah transversal untuk daerah sambungan dan daerah las, untuk pengujian tarik daerah las menggunakan spesimen standar JIS Z 2201 No.7 karena bentuk spesimen yang sedemikian rupa, maka patah yang terjadi dipastikan berada di daerah las. Tujuan dari pengujian tarik ini adalah untuk mengetahui pengaruh perubahan masukan panas terhadap kekuatan tarik pada daerah las hasil pengelasan MIG (Metal Inert Gas)

pada baja karbon rendah, Seperti pada Gambar 4.3 dan 4.4 yang memperlihatkan hasil pengujian tarik pada daerah las.



Gambar 4.4 Diagram tegangan tarik hasil pengujian tarik pada daerah las

Hasil uji memberikan tegangan tarik maksimum 1938 MPa terjadi pada spesimen alur V 70° dan raw material (BM) sebesar 1198 MPa.



Gambar 4.5 Diagram regangan (ϵ) tarik hasil pengujian tarik pada daerah las

Hasil uji memberikan regangan (ϵ) tarik rata-rata tertinggi terjadi pada spesimen raw material (BM) sebesar 28.5 %

BAB V

PENUTUP

V. Kesimpulan Dan Saran

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang dilakukan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil penelitian menunjukkan bahwa. Distorsi anguler terkecil jika dibandingkan alur V 50° V 60° V 70°, maka alur V 50° relatif lebih baik karena penyusutan penampang yang merata. Sedangkan Distorsi lengkung (*longitudinal bending distortion*) terkecil terjadi pada spesimen alur V 50°. Hal ini menggambarkan dari hasil penelitian pada material baja karbon rendah dengan menggunakan filler AWS A5.18 ER 70S-6 arus 150 amper lebih baik
2. Pada pengujian tarik menunjukkan bahwa tegangan tarik maximum dan regangan tarik tertinggi terdapat pada spesimen alur V 70° sebesar 1938 MPa dan 25.3 %. Hasil penelitian ini menunjukkan sifat mekanis yang baik pada pengelasan alur V sudut 70° yang menggunakan filler AWS A5.18 ER 70S-6 arus 150 amper.

5.2. Saran – Saran.

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk mengetahui struktur mikro dan makro pada daerah las karena hal ini untuk mengetahui perubahan struktur pada daerah lasan.
2. Untuk penelitian selanjutnya dapat dilakukan dengan menggunakan stover pada material yang akan dilakukan pengelasan agar dapat meminimalisir terjadinya perubahan bentuk (distorsi).

DAFTAR PUSTAKA

- ASM Handbook, Vol. 06. 2004. *Welding, Brazing dan Soldering*.
- ASTM E 32-02 .,1991. *Standar Tes Methods For Notched Bar Impact Testing of Metallic Materials*.
- ASM, Handbook Committe 1989, *Metallurgi and Microstructures*, Metal Park, Ohio.American Welding Society, Miami.
- Atkins,D.,dkk.,2002 *Welding Process Effets in Weldability Testing of Steel* Welding Journal, pp 61-68.
- Cheng C.M, dkk 2005. *Distortion Analysis of Single V-groove Butt Welding on Heat Treatable Aluminum Alloys* Journal. Mater. Sci. Technol., Vol.21 No.5, 2005.
- Dieter E.G.1988 *Mechanical metallurgy*,3rd Edition Penerbit Erlangga.
- Gunaraj V,Murugan VV, 2005. *Effects Of Process Parameters On Angular Distortion Of Gas Metal Arc Welded Structural Steel Plates*. Suppl Weld Journal 84:165s–171s
- Ghosh .K, .dkk.,2010. *Effect Of Pulse Current On Shrinkage Stress and Distortion In Multipass GMA Welds Of Different Groove Sizes* Supplementoto The Welding Journal, Vol 89. March 2010
- Ilman M.N, 2008 *Diktat Kuliah Teknologi Pengelasan Logam* UGM Yogyakarta
- Kou, S, 2003, *Welding Metallurgy, Second Edition*, John Wiley And Sons,Canada
- Sonawan H dan Suratman R. 2004. *Pengantar Untuk Memahami ProsesPengelasan Logam*. Bandung. Alfabeta.
- Wiryosumarto,2000. *Teknologi Pengelasan Logam*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Wiryosumarto, W.,Okumora T.1994 . *Teknologi Pengelasan Logam* cetakan keenam. Jakarta: Pradnya Paramita.
- ____ 1991 *Welding Handbook Vol II Miami* : American Welding Society.

BIODATA PENELITI

1. Keterangan Diri

Nama Lengkap dan Gelar : Buyung R.Machmoed.,ST. M.Eng.
N I P : 19761019200604 1 001
Jenis Kelamin : Laki-laki
Tempat / Tanggal Lahir : Gorontalo,19 Oktober 1976
Pangkat / Golongan : Penata muda / IIIb
Jabatan : Asisten ahli
Unit Kerja : Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri
Gorontalo
Alamat Rumah : Jl. Moh Tayeb Gobel No 198 , Kelurahan Ayula Utara ,
Kecamatan Bolango Selatan Kabupaten Bone Bolango
Gorontalo.
Telepon : 085256396999

2. Matakuliah yang diampuh :

No	Matakuliah	Jumlah SKS	Tahun Ajaran
1	Pengetahuan Bahan Teknik	2	2011 / 2012
2	Pengetahuan Bahan Teknik	2	2011 / 2012
3	Kewirausahaan	2	2011 / 2012
4	Penggunaan Mesin Listrik	2	2011 / 2012
5	Praktikum Mesin Listrik	2	2011 / 2012

3. Riwayat Pendidikan

- a. Sarjana (S1) di Universitas Muslim Indonesia Makassar Tahun 2001 dengan gelar Sarjana Teknik (S.T) pada Jurusan Teknik Mesin Metalurgi

- b. Magister (S2) di Universitas Gadjah Mada, tamat tahun 2011 dengan gelar Magister Engineering (M.Eng), pada Program Studi Teknik Mesin bidang keahlian Rekayasa Mekanika Dan Material.

3. Pengalaman penelitian 5 tahun terakhir

- a. Analisis Proses Chemichal Milling Terhadap Uji Kekuatan Tarik / penelitian PNBP 2007
- b. Pengaruh Variasi Sudut Alur Terhadap Distorsi dan Sifat Mekanis Sambungan Las MIG pada Konstruksi Kapal / Tesis UGM 2011

5. Publikasi Karya Ilmiah 5 tahun terakhir

- a. Analisis Proses Chemichal Milling Terhadap Uji Kekuatan Tarik journal 2008 Universitas Ichsan Gorontalo
- b. Comparatif Study of Single and Double V-Grooves on Distortion and Mechanical Properties of Steel Weld Joints For Ship Strucktures . Prosiding ISBN 978-602-19028-0-6 /UNBRA 2011
- c. Pengaruh Sudut Kampuh V terhadap Struktur Mikro dan Sifat Mekanis Sambungan Las MIG Baja A36 Pada Konstruksi Kapal.Prosiding ISBN : 978-979-25-4415-2 /UNPERTA 2011

Gorontalo, Oktober 2012

Buyung R, Machmoed.,ST. M.Eng.
NIP.: 19761019200604 1 001

LAMPIRAN –LAMPIRAN

Lampiran 1

Perhitungan tegangan tarik sudut alur V 50°

$$\sigma_u = \frac{P_u}{A_o}$$

Dimana : P_u = Beban (kg)

σ_u = Tegangan *Ultimate* (MPa)

A_o = Luas mula-mula (mm²)

a.
$$P_u = 5000 \text{ kg} \times \frac{528 \text{ kg}}{100} = 2638 \text{ kg}$$

$$\sigma_u = \frac{2638 \text{ kg}}{24.48 \text{ mm}^2} = 107.7 \text{ kg/mm}^2 = 1077 \text{ MPa}$$

b.
$$P_u = 5000 \text{ kg} \times \frac{749 \text{ kg}}{100} = 3743 \text{ kg}$$

$$\sigma_u = \frac{3743 \text{ kg}}{22.44 \text{ mm}^2} = 166.8 \text{ kg/mm}^2 = 1668 \text{ MPa}$$

c.
$$P_u = 5000 \text{ kg} \times \frac{718 \text{ kg}}{100} = 3591 \text{ kg}$$

$$\sigma_u = \frac{3591 \text{ kg}}{25.50 \text{ mm}^2} = 140.8 \text{ kg/mm}^2 = 1408 \text{ MPa}$$

$$\text{Rata-rata} = \frac{(107.7 + 166.8 + 140.8) \text{ kg/mm}^2}{3} = 138.4 \text{ kg/mm}^2 = 1384 \text{ MPa}$$

Untuk tegangan tarik pada sudut alur V 60° dan 70° dapat dilihat pada tabel lampiran

Lampiran 2

Perhitungan regangan sudut alur V 50°

$$\varepsilon = \frac{L-L_0}{L_0} \times 100\%$$

Dimana : $\varepsilon = \text{elongation (\%)}$

L = Panjang setelah ditarik (mm)

L₀ = Panjang mula-mula (mm)

$$\text{a. } \varepsilon = \frac{(27.45 - 25) \text{ mm}}{25 \text{ mm}} \times 100\% = \frac{(2.45) \text{ mm}}{25 \text{ mm}} \times 100\% = 9.8\%$$

$$\text{b. } \varepsilon = \frac{(27.50 - 25) \text{ mm}}{25 \text{ mm}} \times 100\% = \frac{(2.50) \text{ mm}}{25 \text{ mm}} \times 100\% = 10.0\%$$

$$\text{c. } \varepsilon = \frac{(30.40 - 25) \text{ mm}}{25 \text{ mm}} \times 100\% = \frac{(5.40) \text{ mm}}{25 \text{ mm}} \times 100\% = 21.60\%$$

$$\text{Rata-rata} = \frac{(9.8 + 10.0 + 21.60)\%}{3} = 13.8\%$$

Untuk regangan (ε) pada sudut alur V 60° dan 70° dapat dilihat pada tabel lampiran

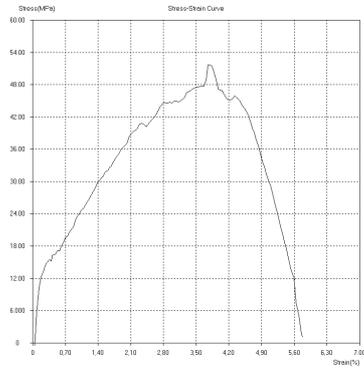
Lampiran 3

Data spesimen uji tarik Variasi Sudut Alur V Sambungan las MIG

Spes.	N0	Lebar	Tebal	Ao	Lo	Lf	ΔL	P_{Max}	Pu	Teg. Max (σ_U)	rata-rata	Regangan (ϵ)	Regangan (ϵ)
	Spes.	(mm)	(mm)		(mm)	(mm)	(mm)	(kN)	(kg)	(MPa)	(σ_U)	(%)	(%)
V 50°	1	4.80	5.10	24.48	25.00	27.45	2.45	5.175	2.637	1077		9.80	13.8
V 50°	2	4.40	5.10	22.44	25.00	27.50	2.50	7.344	3.743	1668	138	10.00	
V 50°	3	5.00	5.10	25.50	25.00	30.40	5.40	7.046	3.591	1408		21.60	
V 60°	1	4.60	5.00	23.00	25.00	29.50	4.50	4.833	2.463	1071		18.00	16.0
V 60°	2	4.50	5.00	22.50	25.00	26.55	1.55	4.742	2.416	1074	125	6.20	
V 60°	3	4.70	5.00	23.50	25.00	30.95	5.95	7.413	3.778	1607		23.80	
V 70°	1	4.50	5.10	22.95	25.00	29.70	4.70	8.986	4.580	1995		18.80	25.3
V 70°	2	4.50	5.10	22.95	25.00	32.05	7.05	8.815	4.492	1957	193	28.20	
V 70°	3	4.50	5.10	22.95	25.00	32.20	7.20	8.376	4.269	1860		28.80	
B M	1	4.60	5.05	23.23	25.00	31.10	6.10	4.821	2.457	1057		24.40	28.5
B M	2	4.70	5.10	23.97	25.00	33.20	8.20	6.153	3.136	1308	119	32.80	
B M	3	4.40	5.00	22.00	25.00	32.10	7.10	5.316	2.709	1231		28.40	

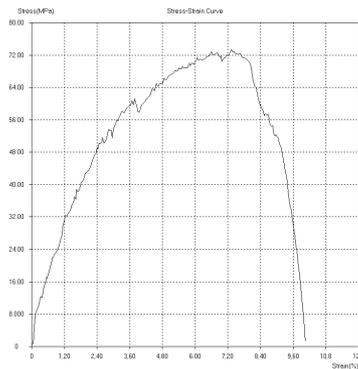
Lampiran 4

Grafik hasil uji tarik spescimen pada variasi sudut 50° Spesimen 01



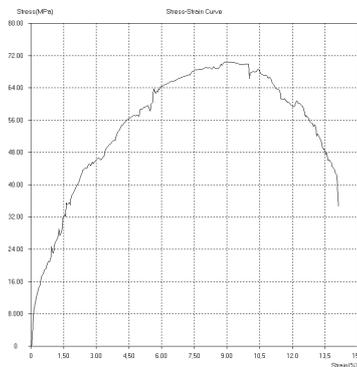
Lampiran 5

Grafik hasil uji tarik spescimen pada variasi sudut 50° Spesimen 02



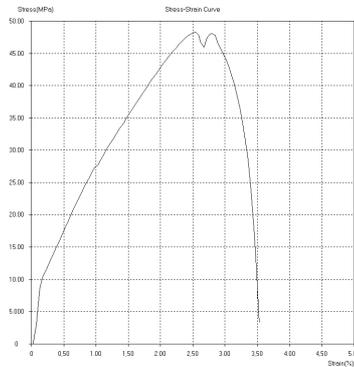
Lampiran 6

Grafik hasil uji tarik spescimen pada variasi sudut 50° Spesimen 03



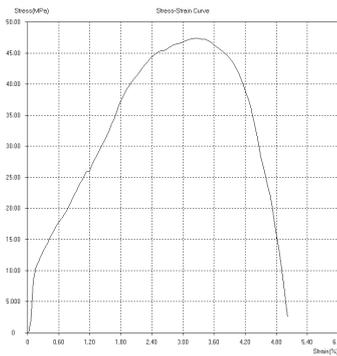
Lampiran 7

Grafik hasil uji tarik spescimen pada Variasi Sudut 60° Spesimen 01



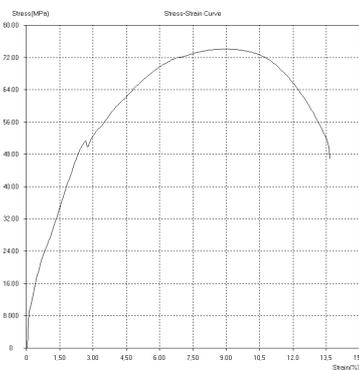
Lampiran 8

Grafik hasil uji tarik spescimen pada Variasi Sudut 60° Spesimen 02



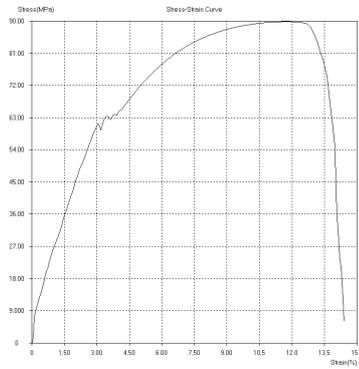
Lampiran 9

Grafik hasil uji tarik spescimen pada Variasi Sudut 60° Spesimen 03



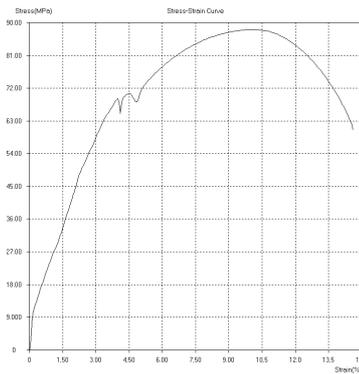
Lampiran 10

Grafik hasil uji tarik spescimen pada Variasi Sudut 70° Spesimen 01



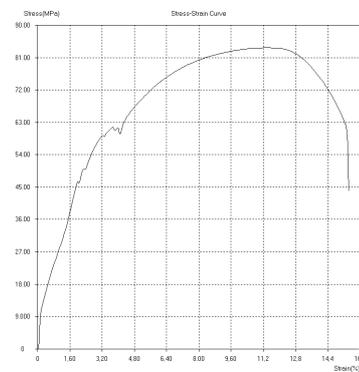
Lampiran 11

Grafik hasil uji tarik spescimen pada Variasi Sudut 70° Spesimen 02



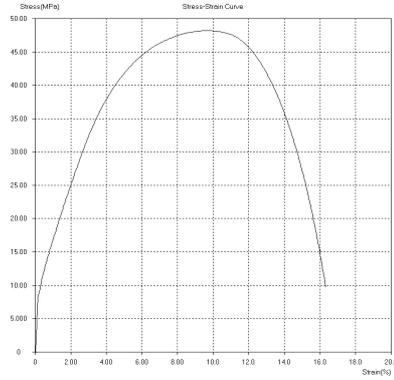
Lampiran 12

Grafik hasil uji tarik spescimen pada Variasi Sudut 70° Spesimen 01



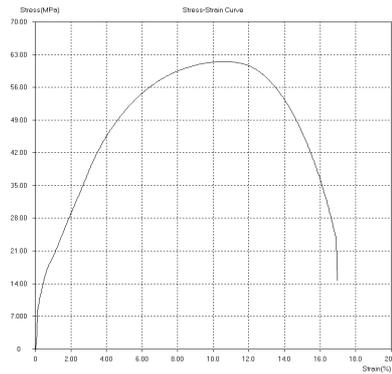
Lampiran 13

Grafik hasil uji tarik spescimen raw material 01



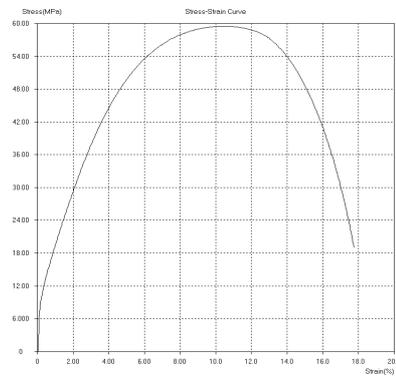
Lampiran 14

Grafik hasil uji tarik spescimen raw material 02



Lampiran 15

Grafik hasil uji tarik spescimen raw material 03



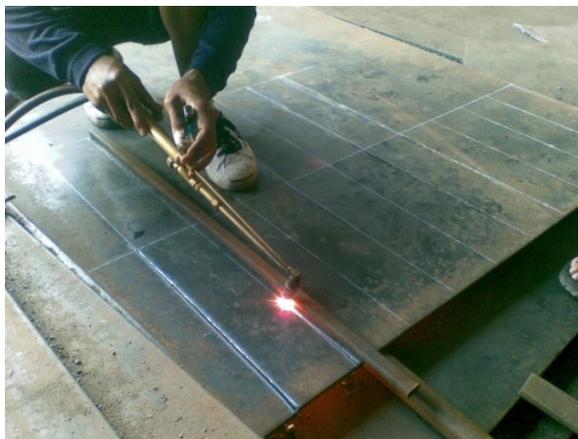
Lampran 16

Foto proses persiapan material dan pengukuran



Lampiran 17

Foto proses pemotongan material



Lampran 18

Foto material setelah di potong –potong dengan ukuran 10x 40 cm



Lampran 19

Foto persiapan material untuk pembuatan sudut menggunakan mesin skrap



Lampiran 20

Lampiran persiapan material untuk pembuatan sudut menggunakan mesin skrap



Lampiran 21

Foto mesin las MIG yang digunakan Merek *Phonix 421 Expert*



Lampiran 22

Foto proses persiapan pengelasan



Lampiran 23

Foto pemasangan kawat las pada mesin las MIG



Lampiran 24

Foto kalibrasi arus konstan yang akan digunakan



Lampiran 25

Foto proses pengelasan posisi datar DCEP (*direct current electrode positif*)



Lampiran 26

Foto proses koccing setelah pengelasan *pass* pertama



Lampiran 27

Foto material setelah proses pengelasan



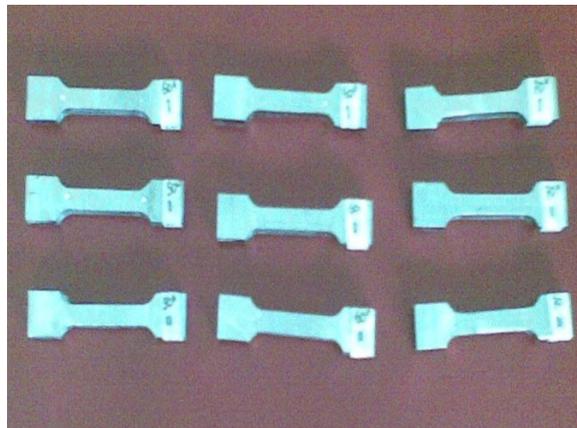
Lampiran 28

Foto persiapan pembuatan spesimen uji tarik



Lampiran 29

Foto Spesimen uji tarik standar JIZ 2201 No 7 sebelum dilakukan



Lampiran 30

Foto Spesimen uji tarik standar JIZ 2201 setelah dilakukan pengujian



Lampiran 31

Foto alat uji kekuatan tarik beban maximum 5000 kg merek



Lampiran 32

Foto pengukuran pertambahan panjang spesimen uji tarik menggunakan sigma .

