

PENGARUH PARAMETER PENGELASAN TERHADAP HASIL UJI BENDING DENGAN STANDAR AWS PADA BAJA ASTM A36

Rika Veronika¹, Hamid Abdillah², Ma'mun Hidayat³, Irwan Kalam Nainggolan⁴

^{1,2} Pendidikan Vokasional Tenik Mesin, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

Jl. Ciwaru Raya, Cipare, Kec. Serang, Kota Serang, Banten, 42117

^{3,4} Balai Besar Pelatihan Vokasi dan Produktivitas Serang

Jl. Raya Pandeglang No.Km.3, Karundang, Kec. Cipocok Jaya, Kota Serang, Banten

Email : rikaveronika35@gmail.com

Abstrak

Pada *era modern* ini teknologi berjalan dengan pesatnya, tidak terkecuali dengan teknik pengelasan. Pada proses pengelasan ini, seorang *welder* memiliki buku panduan yang dinamakan dengan WPS (*Welding Procedure Specification*). Peran WPS dalam pengelasan ini sangatlah penting, hal tersebut dikarenakan WPS dibuat untuk mencapai hasil pengelasan yang baik dan sesuai dengan apa yang diinginkan. Oleh sebab itu, penelitian perihal kesesuaian WPS dengan hasil pengelasan ini dilakukan. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan melakukan pengelasan GMAW (*Gas Metal Arc Welding*) posisi 1G serta proses uji yang dilakukan dengan uji bending. Proses uji bending ini dilakukan untuk mengetahui apakah WPS yang digunakan sudah sesuai dengan hasil yang diinginkan atau belum sesuai. Pada hasil uji bending yang sudah dilakukan dengan percobaan pengelasan sebanyak dua kali, maka didapatkan hasil uji bending sebesar $3,528 \text{ kN/mm}^2$. Pada proses pengelasan ini diperoleh hasil yang lebih optimal dengan menggunakan parameter ampere 94A – 106A dan tegangan 23 V – 25 V. Pada proses ini tidak ditemukan cacat las visual sehingga WPS ini dapat digunakan oleh peserta pelatihan.

Kata kunci : WPS, GMAW dan Uji Bending.

Abstract

In this modern era, technology is progressing rapidly, including welding techniques. In this welding process, a welder has a manual called WPS (Welding Procedure Specification). The role of WPS in welding is very important, this is because WPS is made to achieve good welding results and according to what is desired. Therefore, research regarding the suitability of WPS with welding results was carried out. This study uses an experimental method by performing GMAW (Gas Metal Arc Welding) welding in the 1G position and the test process is carried out with a bending test. This bending test process is carried out to find out whether the WPS used is in accordance with the desired results or not. In the bending test results that have been carried out by welding experiments twice, the bending test results are 3.528 kN/mm^2 . In this welding process, more optimal results were obtained using the amperage parameters of 94A – 106A and a voltage of 23 V – 25 V. In this process no visual welding defects were found so that this WPS could be used by trainees.

Keywords : WPS, GMAW and Bending Test.

PENDAHULUAN

Ilmu Zaman modern ini teknologi berjalan begitu cepat, hal tersebut dibuktikan dengan

banyaknya produksi pembuatan sebuah produk menggunakan teknik penyambungan material di bidang manufaktur, perkapalan, otomotif dan lainnya [1]. Proses penyambungan material logam diantaranya adalah dengan proses pengelasan. Proses pengelasan adalah sebuah proses yang

dilakukan untuk menyambung dua buah logam atau lebih dengan cara mencairkan elektroda. Pengelasan ini terbagi menjadi beberapa macam, seperti *Gas Metal Arc Welding* (GMAW), *Shield Metal Arc Welding* (SMAW), *Flux Cored Arc Welding* (FCAW), *Gas Tungsten Arc Welding* (GTAW), *Submerged Arc Welding* (SAW) dan PAW *Plasma Arc Welding* (PAW) [2]. Dari banyaknya macam pengelasan, proses pengelasan GMAW (*Gas Metal Arc Welding*). Hal tersebut dilatarbelakangi oleh proses GMAW yang memiliki mutu yang lebih baik dan produktivitas yang tinggi [3]. Pada proses pengelasan GMAW ini terjadi proses perpindahan panas, peleburan serta proses pemanasan benda kerja serta kawat elektroda. Pada kawat elektroda ini terdapat beberapa tipe, namun yang dipakai dalam penelitian ini digunakan kawat elektroda dengan kode ER-70-S6. Kawat elektroda ini disimpan pada wire feeder untuk dapat bergerak secara kontinyu sesuai dengan parameter yang digunakan.

Proses pengelasan GMAW (*Gas Metal Arc Welding*) merupakan proses penyambungan logam dengan sumber panas dari busur api listrik yang digunakan untuk kegiatan mencairkan logam bahan tambah [1]. Pengelasan GMAW adalah proses pengelasan yang memiliki cara kerja semi otomatis dengan gas yang biasanya dipakai adalah gas CO² (*Carbodioksida*) [4]. Gas CO² ini biasa dijumpai pada proses pengelasan karena gas pelindung yang dimiliki CO² ini menghasilkan penetrasi yang lebih dalam ketimbang gas lainnya, proses pengelasan yang lebih cepat serta harga gas CO² yang lebih murah daripada gas lainnya. Selanjutnya, gas CO² ini juga bisa dicampur dengan gas lainnya seperti Argon (Ar) sesuai kebutuhan dari masing-masing proses pengelasan tersebut. Mesin yang digunakan untuk pengelasan GMAW ini memiliki prinsip kerja dengan mesin las arus bolak-balik AC (*Alternating Current*) dan mesin las arus searah DC (*Direct Current*), akan tetapi mesin pengelasan GMAW lebih sering dijumpai dengan arus DC. Pengelasan GMAW ini juga bisa disebut dengan proses pengelasan gas logam mulia (*inert*).

Proses pengelasan harus sesuai dengan ketentuan yang berlaku. Pada proses pengelasan ini, langkah kerja yang dilakukan oleh seorang *welder* harus sesuai dengan WPS (*Welding Procedure Specification*). Pada WPS ini terdapat banyak komponen seperti material, cara pengelasan, kuat arus, elektroda yang digunakan, sampai dengan kemiringan sudut yang dipakai ketika proses pengelasan berlangsung. Persyaratan langkah kerja/*rules* dalam WPS ini dibuat oleh WE (*Welding Engineer*) dan hasilnya sudah nyata terspesifikasi. Pada WPS ini terdapat parameter yang digunakan,

karena parameter yang digunakan ini akan mempengaruhi kualitas dan mutu dari hasil pengelasan yang dilakukan. Untuk mengetahui kualitas hasil pengelasan ini maka harus dilakukan proses pengujian pada benda kerja yang sudah selesai dalam proses pengelasan tersebut. Pada proses pengujian hasil las ini ada dua cara pengujian yaitu NDT (*Non Destructive Test*) atau pengujian yang dilakukan secara kasat mata dan DT (*Destructive Test*) [5]. Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan DT (*Destructive Test*) atau pengujian dengan cara merusak benda kerja.

Dalam penelitian ini dilakukan uji bending untuk menguji kegetasan sambungan hasil pengelasan yang sudah dilakukan. Uji bending merupakan pengujian dengan cara tekuk dimana benda kerja atau pelat dilakukan proses tekuk sampai dengan kegetasannya mencapai pada titik batas [6]. Uji bending ini dilakukan pada pelat yang sudah mengalami proses pengelasan 3 (tiga) pass yaitu root, fill dan caping. Pada root ini menggunakan gap dengan jarak 3 mm, root face 1 mm dan diameter elektroda 1 mm sesuai WPS yang digunakan. Kemudian untuk melakukan proses perhitungan ini *travel speed* (kecepatan proses pengelasan), *heat input* (panas yang diterima) dan kekuatan uji bending. Dalam penelitian ini, akan membuktikan apakah WPS yang digunakan dalam proses pengelasan GMAW sudah sesuai dengan hasil yang diharapkan atau sebaliknya.

METODE PENELITIAN

1. Metode dan Teknik Pengumpulan Data

Metode penelitian eksperimen ini digunakan dalam penelitian kali ini. Penelitian eksperimen dipilih dengan mencari variabel yang berpengaruh dengan variabel lain. Pada proses penelitian ini akan dilihat bagaimana kekuatan dari benda kerja yang sudah melalui proses las sesuai dengan WPS. Dalam kegiatan penelitian ini, teknik pengumpulan data yang digunakan adalah dengan observasi. Kegiatan observasi dalam pengumpulan data merupakan sebuah pengamatan serta menuliskan data yang dilakukan dengan terstruktur terhadap gejala yang terlihat pada objek penelitian.

2. Waktu dan Tempat Pelaksanaan

Kegiatan penelitian ini dilakukan pada bulan Mei 2022. Penelitian ini sudah dilakukan di program studi Pendidikan Vokasional Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Pada BBPVP

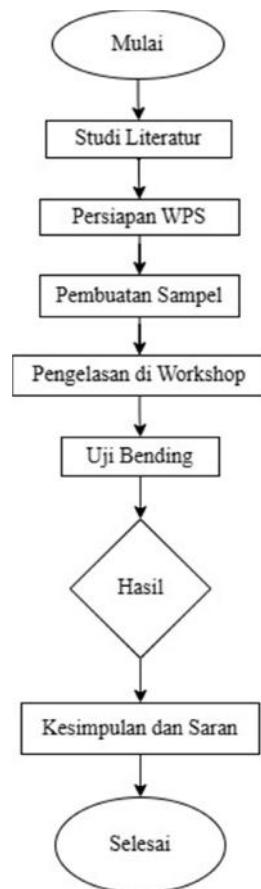
(Balai Besar Pelatihan Vokasi dan Produktivitas) Serang, Banten. Data penelitian ini didapatkan dengan diawali proses pemotongan bahan, kemudian proses bevel dan dilanjutkan dengan proses pengelasan serta proses terakhir yaitu dengan proses uji.

3. Alat dan Bahan

Proses penelitian ini menggunakan alat seperti alat tulis, *stop watch*, penggaris besi, mesin las GMAW, ragum, gerinda, helm las, apron dada, apron tangan, *safety shoes*, alat uji bending, tangan panas dan sikat baja. Setelah itu, nahan yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan pelat baja ASTM A36, gas CO₂, mata gerinda kasar, listrik arus DCEP, mata gerinda halus, elektroda ER70S-6, WPS BBPVP Serang.

4. Diagram Alir Prosedur Penelitian

Penelitian yang dilakukan ini memiliki tahapan prosedur yang digambarkan dengan diagram alir sebagai berikut:



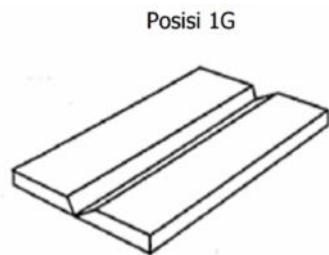
5. Analisis Data

Data pada penelitian ini diambil melalui proses persiapan WPS AWS D1.1, kemudian dilanjutkan dengan persiapan alat dan bahan, setelah itu dilakukan proses pengelasan pada benda kerja dan dilanjutkan dengan proses uji bending serta yang terahir adalah proses analisa hasil uji bending tersebut. Pada proses pengambilan data ini dilakukan dengan cara observasi ke lapangan dengan melakukan metode penelitian eksperimen untuk membuktikan apakah WPS yang digunakan sudah sesuai dengan hasil yang diharapkan atau belum. Dalam melakukan analisa data ini dilakukan perhitungan data parameter pada travel speed, heat input serta perhitungan kekuatan uji bending.

HASIL DAN PEMBAHASAN

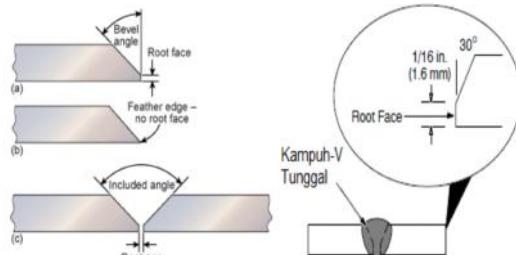
Ilustrasi atau contoh yang benda kerja yang dijadikan sebagai bahan eksperimen adalah dengan menggunakan pelat ukuran 120 mm x 300 mm dan sertifikasi baja ASTM A36. Sebelum dilakukan kegiatan pengelasan, persiapan WPS. Spesifikasi yang digunakan pada WPS (*Welding Procedure Specification*) ini menggunakan AWS D1.1/D1.1 M dengan proses pengelasan GMAW (*Gas Metal Arc Welding*) tipe mesin semi otomatis. Proses pengelasan GMAW ini menggunakan kawat elektroda dengan spesifikasi ER 70-S6 ukuran 1 mm. Gas CO₂ senilai 99.99% dijadikan sebagai gas pelindung pada proses pengelasan dengan *range gas flow* sebesar 5-10 ATM. Setelah persiapan tersebut selesai dilakukan, maka langkah selanjutnya adalah proses pemotongan bahan. Pada penelitian ini dilakukan proses pengelasan GMAW dengan posisi 1G. Proses pengelasan 1G ini merupakan proses pengelasan yang dilakukan dengan posisi benda kerja datar [7]. Posisi pengelasan 1G ini dapat dilihat pada gambar 1 (satu).

Proses penyambungan logam *groove* pelat ke pelat ini diawali dengan proses pemotongan pelat yang kemudian dilanjutkan dengan proses pembuatan bevel serta dilanjutkan dengan *grinding process* atau proses gerinda untuk pembuatan *butt joint single V*. Pembuatan kampuh V ini diperlukan dalam proses pengelasan kampuh groove dengan root gap 1-3 mm yang kemudian akan dijadikan sebagai area tembusan dalam proses penyambungan kampuh.



Sumber : Buku informasi C.24LAS01.029.1 BBPLK
Gambar 1. Posisi Pengelasan 1G

Proses pemotongan pelat ini dilakukan sesuai dengan ukuran yang sudah disebutkan sebelumnya. Proses pemotongan ini diawali dengan mesin KNUTH dan dilanjutkan dengan proses pembuatan bevel oleh mesin *flame cutting*. Proses pemotongan benda kerja ini dibuat untuk proses penyambungan *butt joint* dengan single V yang terlihat pada gambar 2. Pada groove angle 60° single V ini dibuat root face 1.5 mm dan root gap 3 mm. Tidak hanya itu, arus yang digunakan pada proses pengelasan GMAW ini adalah arus DCEP dengan nilai ketangguhan yang dimiliki oleh polaritas DCEP ini lebih tinggi daripada polaritas arus DCEN [8].



Sumber : Buku informasi C.24LAS01.029.1 BBPLK
Gambar 2. Root Face dan Kampuh Single V

1. Kuat Arus Pengelasan

Pengelasan merupakan sebuah proses penyambungan logam dengan cara mencairkan sebagian logam yang akan dilas dan logam yang berfungsi sebagai pengisi. Pada logam pengisi ini ada yang memiliki logam penambah ataupun tidak [9]. Dalam melakukan proses pengelasan ini sebelumnya harus diatur terlebih dahulu parameter pada mesin las yang digunakan. Pada mesin las ini terdapat tombol untuk mengatur ampere dan voltase yang akan digunakan pada proses pengelasan. Variabel utama yang mengontrol banyaknya logam las yang diterima oleh logam induk pada proses pengelasan merupakan definisi dari arus pengelasan [10]. Ampere merupakan kuat arus yang keluar ketika proses pengelasan berlangsung dan voltase merupakan tegangan listrik keluar ketika proses

pengelasan yang jumlahnya berjalan lurus dengan ampere pengelasan.

Proses pengukuran kuat arus dan tegangan ini memiliki efek akurasi yang dapat memengaruhi besar nilai ketidakpastian dalam pengukuran [11]. Efek akurasi alat ukur mengakibatkan data yang dihasilkan memiliki ketidakpastian data sehingga kualitas las yang dihasilkan kurang baik dan efek distorsi pada material yang akan di las. Untuk mengurangi dampak dari efek akurasi alat ukur arus dan tegangan ini maka dilakukan proses kalibrasi dan verifikasi alat ukur serta lebih memperhatikan spesifikasi alat ukur yang digunakan pada proses pengukuran [12]. Kuat arus yang digunakan pada proses ini sesuai dengan WPS dengan standar AWS yang dapat dilihat pada gambar 3 (tiga).

Tabel 1. WPS Parameter Pengelasan.

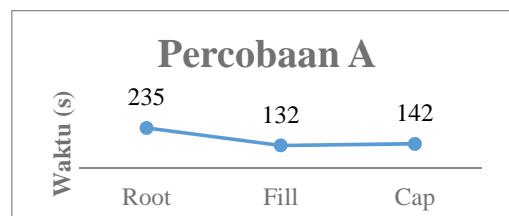
Pass No.	Process	FILLER METAL		CURRENT		Voltage Range	Travel Speed Range (in/min)	Heat Input (kJ/mm)
		Class	Diameter (mm)	Type Polar	Amp Polar			
Root/Hot	GMAW	ER70S-6	1.0 or 1.2	DCEP	75 - 125	20 - 26	75 - 100	1,20 - 1,95
Fill/Weld	GMAW	ER70S-6	1.0 or 1.2	DCEP	95 - 195	20 - 27	100 - 150	1,14 - 2,11
Cap	GMAW	ER70S-6	1.0 or 1.2	DCEP	95 - 185	18 - 28	125 - 200	0,82 - 1,55

Sumber : BBPLK Serang

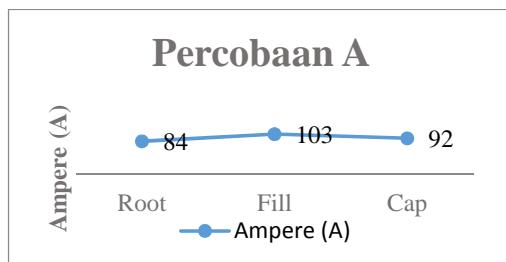
Berikut ini adalah data kuat arus pengelasan yang dipakai untuk percobaan pengelasan GMAW posisi 1G:

Tabel 2. Percobaan A

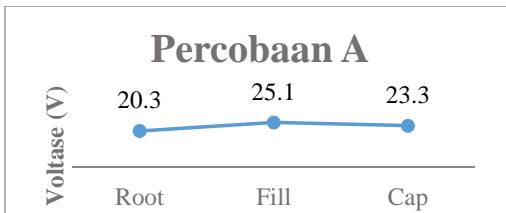
Pass	Waktu (s)	Ampere (A)	Voltage (V)
Root	235	84	20.3
Fill	132	103	25.1
Caping	142	95	23.3



Gambar 3. Grafik Waktu Percobaan A



Gambar 4. Grafik Ampere(A) Percobaan A

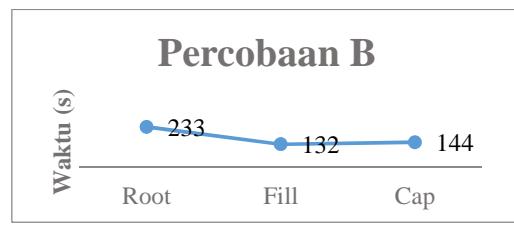


Gambar 5. Grafik Voltase(V) Percobaan A

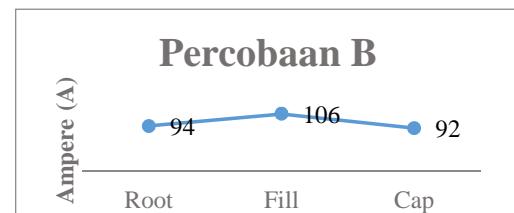
Tabel 2 dan gambar diatas menjelaskan perihal waktu yang ditempuh untuk melakukan pengelasan *root* adalah 235 detik dengan A senilai 84 A dan 20.3 V. Selanjutnya adalah pengelasan *fill* (isi) dengan waktu 132 detik, ampere senilai 103 A dan voltase 25.1 V. Setelah itu dilakukan proses *caping* yang membutuhkan waktu selama 142 detik, ampere senilai 95 A dan voltase 23.3 V. Oleh karena itu dapat disimpulkan dari gambar 4, 5 dan 6 bahwasanya waktu yang dibutuhkan untuk proses *root* adalah yang paling lama daripada proses *fill* dan *caping*, ampere paling besar adalah ampere yang digunakan untuk pengelasan *fill* dan voltase terbesar dilakukan pada proses *fill*. Hal tersebut dikarenakan ketika ampere yang digunakan cukup besar maka voltase yang digunakan juga menjadi besar, kedua komponen tersebut berjalan secara linear atau bersamaan.

Tabel 3. Percobaan B

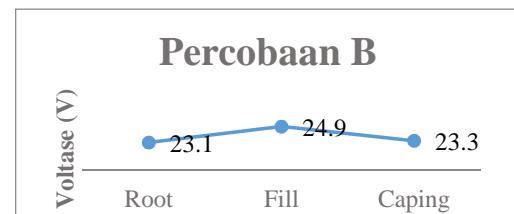
Pass	Waktu (s)	Ampere (A)	Voltage (V)
<i>Root</i>	233	94	23.1
<i>Fill</i>	132	106	24.9
<i>Caping</i>	144	96	23.3



Gambar 6. Grafik Waktu Percobaan B



Gambar 7. Grafik Ampere(A) Percobaan B



Gambar 8. Grafik Voltase(V) Percobaan B

Tabel 3 (tiga) menjelaskan bahwasanya waktu yang ditempuh untuk melakukan pengelasan *root* adalah 233 detik dengan A senilai 94 A dan 23.1 V. Selanjutnya adalah pengelasan *fill* (isi) dengan waktu 132 detik, ampere senilai 106 A dan voltase 24.9 V. Setelah itu dilakukan proses *caping* yang membutuhkan waktu selama 144 detik, ampere senilai 96 A dan voltase 23.3 V. Oleh karena itu dapat disimpulkan dari gambar 7, 8 dan 9 bahwasanya waktu yang dibutuhkan untuk proses *root* adalah yang paling lama daripada proses *fill* dan *caping*, ampere paling besar adalah ampere yang digunakan untuk pengelasan *fill* dan voltase terbesar dilakukan pada proses *fill*. Ketika ampere yang digunakan cukup besar maka voltase yang digunakan juga menjadi besar atau ikut bertambah seiring ditambahannya ampere, kedua komponen tersebut berjalan secara linear atau bersamaan.

2. Travel Speed

Kecepatan perjalanan proses pengelasan atau travel speed merupakan parameter yang digunakan dalam proses pengelasan. Jika suatu komponen ini dijadikan sebagai parameter, maka hal tersebut akan berpengaruh kepada hasil yang

diinginkan dan akan berpengaruh kepada ketahanan hasil pengelasan. Begitu juga dengan parameter pengelasan, sebuah travel speed akan mempengaruhi hasil dari proses pengelasan ini [13]. Angka yang dihasilkan oleh travel speed ini akan mempengaruhi hasil perhitungan dari *heat input* (panas yang diterima). Oleh karenanya, *travel speed* dengan *heat input* ini memiliki keterkaitan. Berikut ini merupakan rumus perhitungan untuk *travel speed*:

$$\text{Travel Speed (TS)} = \frac{\text{Panjang Pengelasan (mm)}}{\text{Waktu (menit)}} \dots \dots \dots (1)$$

3. Heat Input

Proses pengelasan ini terjadi perpindahan panas dari elektroda ke benda kerja. Pengelasan yang berkualitas ini dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti proses perancangan, kemudian persiapan proses pengelasan, proses ketika pengelasan serta proses setelah dilakukan pengelasan. Dalam persiapan pengelasan ini dilakukan perencanaan panas yang dikeluarkan dan diterima oleh benda kerja, hal tersebut dilakukan karena heat input yang tinggi akan membuat hasil pengelasan kurang baik dan menimbulkan risiko cacat las. Proses diterimanya panas oleh benda kerja disebut dengan *heat input* [14]. Ketika heat input pada benda kerja ini tinggi, maka pengelasan ini akan mengalami over heating. Kesesuaian heat input ini juga untuk memperkecil cacat las distorsi pada sambungan pelat. Panas yang diterima atau heat input ini bisa diatur dengan cara mengatur arus pada mesin las dan kecepatan pengelasan atau voltase. Berikut ini adalah formula perhitungan *heat input*.

$$\text{Heat Input} = \frac{\text{Ampera (A)} \times \text{Voltase (V)}}{\text{TS}} \times 0.06 \dots (2)$$

Berikut ini hasil perhitungan dari travel speed dengan heat input percobaan A dan B.

Tabel 4. Percobaan A Hasil Perhitungan

Pass	Waktu (s)	Travel Speed (mm/min)	Heat Input (kJ/mm)
Root	235	73.47	1.34
Fill	132	156.52	1.14
Caping	142	126.76	1.05

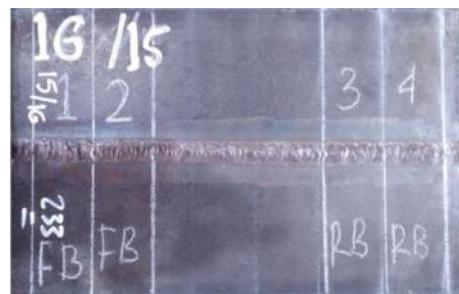
Tabel 4 (empat) hasil perhitungan travel speed dan heat input pada percobaan A ini menunjukkan bahwasanya travel speed terbesar ini dimiliki oleh proses pengelasan *fill* (isi) dengan nilai 156.52 mm/min dan terendah pada proses

pengelasan *root* yaitu senilai 73.47 mm/min. Kemudian untuk *heat input* terbesar diperoleh dari proses pengelasan *root* dengan nilai 1.34 kJ/mm dan terendah ada di proses pengelasan *caping* yaitu 1.05 kJ/mm.

Tabel 5. Percobaan B Hasil Perhitungan

Pass	Waktu (s)	Travel Speed (mm/min)	Heat Input (kJ/mm)
Root	233	77.25	1.69
Fill	132	136.36	1.16
Caping	144	125.0	1.07

Tabel 5 (lima) ini merupakan hasil dari perhitungan *travel speed* dan *heat input* pada percobaan B ini menunjukkan bahwasanya *travel speed* terbesar ini dimiliki oleh proses pengelasan *fill* (isi) dengan nilai 136.36 mm/min dan terendah pada proses pengelasan *root* yaitu senilai 77.25 mm/min. Kemudian untuk *heat input* terbesar diperoleh dari proses pengelasan *root* dengan nilai 1.69 kJ/mm dan terendah ada di proses pengelasan *caping* yaitu 1.07 kJ/mm. Setelah dilakukan proses pengelasan, maka dapat dilihat hasil dari pengelasan tersebut pada gambar di bawah ini



Gambar 9. Spesimen Percobaan A



Gambar 10. Spesimen Percobaan B

Gambar 11. *Root* Percobaan AGambar 12. *Root* Percobaan B

Setelah semua proses pengelasan selesai, maka dilakukan proses pemotongan spesimen menggunakan mesin *flame cutting* yang dapat dilihat pada gambar 14 . Proses pemotongan bahan menggunakan spesimen ini dilakukan untuk mempermudah proses uji bending dengan mesin uji yang tidak begitu mencukupi untuk pelat besar. Berikut ini adalah dokumentasi proses pemotongan spesimen dengan mesin *flame cutting*:

Gambar 13. Pemotongan Spesimen dengan *Flame Cutting*

Gambar 14. Spesimen Hasil Potong

Proses pemotongan spesimen pada gambar 15 (lima belas) sudah selesai dilakukan, langkah selanjutnya adalah uji bending yang dapat dilihat pada gambar 16 (enam belas). Proses uji bending ini dilakukan untuk menguji hasil pengelasan ini apakah sudah sesuai dengan hasil yang diharapkan atau belum sesuai. Dari hasil uji bending ini nantinya akan terlihat apakah parameter yang digunakan sudah sesuai dengan hasil atau belum. Jika terdapat retak pada proses uji bending ini, maka dapat dikatakan proses pengelasan ini belum sesuai dengan hasil yang diharapkan. Kegagalan proses penyambungan sehingga menghasilkan sambungan reta ketika dilakukan uji bending ini memiliki beberapa faktor. Salah satu faktor yang mempengaruhi kegagalan ini salah satunya adalah parameter yang digunakan ketika melakukan proses pengelasan:



Gambar 15. Proses Uji Bending



Gambar 16. Hasil Uji Bending Percobaan A



Gambar 17. Hasil Uji Bending Percobaan A Tampak Atas



Gambar 18. Hasil Uji Bending Percobaan B



Gambar 19. Hasil Uji Bending Percobaan B Tampak Atas

Hasil uji bending yang sudah dilakukan oleh percobaan A (gambar 16 & 17) dan B (gambar 18 & 19) dengan parameter sesuai WPS AWS D1.1 BBPLK Serang ini sudah sesuai dengan hasil yang diharapkan. Beberapa komponen yang dipakai sebagai parameter pada penelitian yaitu ampere, voltase, *travel speed* dan *heat input*. Hal tersebut bisa dilihat pada tabel perbandingan parameter percobaan A (tabel 6 & 7) dan percobaan B (tabel 8 & 9) dengan parameter yang ada pada WPS AWS :

Tabel 6. Perbandingan Ampere dan Voltase Percobaan A dengan WPS

Pass	Ampere Range	Ampere (A)	Voltase Range	Voltase (V)
Root	75-125	84	20-26	20.3
Fill	95-195	103	20-27	25.1
Caping	95-185	95	18-28	23.3

Tabel 7. Perbandingan *Travel Speed* (TS) dan *Heat Input* Percobaan A dengan WPS

Pass	TS Range	TS	Heat Input	Heat Input Range
Root	75-100	73.47	1,20-1,95	1,34
Fill	100-150	156.52	1,14-2,11	1,14
Caping	125-200	126.76	0,82-1,55	1,05

Tabel 8. Perbandingan Ampere dan Voltase Percobaan B dengan WPS

Pass	Ampere Range	Ampere (A)	Voltase Range	Voltase (V)
Root	75-125	94	20-26	23.1
Fill	95-195	106	20-27	24.9
Caping	95-185	96	18-28	23.3

Tabel 9. Perbandingan *Travel Speed* (TS) dan *Heat Input* Percobaan B dengan WPS

Pass	TS Range	TS	Heat Input	Heat Input Range
Root	75-100	77.25	1,20-1,95	1.69
Fill	100-150	136.36	1,14-2,11	1.16
Caping	125-200	125.0	0,82-1,55	1.07

Berdasarkan hasil penelitian yang sudah dilakukan, parameter pada WPS ini sudah sesuai dengan hasil pengelasan yang diharapkan. Hal tersebut dibuktikan dengan dua kali percobaan (percobaan A dan percobaan B) pengelasan GMAW dengan spesifikasi type polar DCEP, *filler metal* ER70S-6 diameter 1 mm dengan pengujian menggunakan alat uji bending. Pada hasil uji bending percobaan A dan B ini secara visual terlihat bahwasanya tidak terlihat retak pada hasil uji bending kedua benda ini, namun pada hasil uji bending percobaan A ini terdapat struktur yang kurang baik sehingga dapat memicu terjadinya retak. Dapat dilihat pada rumus perhitungan kekutan uji bending berikut:

$$\sigma_b = \frac{3FL}{2Wd^2} \quad \dots \dots \dots (3)$$

Keterangan :

σ	= Kekuatan Uji Bending (Kn/mm^2)
F	= Beban Maksimal (Kn)
L	= Panjang Spesimen (Mm)
W	= Lebar Spesimen (Mm)
d	= Tinggi Spesimen (Mm)

Berikut ini adalah hasil perhitungan kekutan uji bending dengan beban maksimal 6 ton (58.8 kN), panjang spesimen 200 mm, lebar spesimen 50 mm serta tinggi spesimen 10 mm:

$$\sigma_b = \frac{3 \times 58.8 \text{ kN} \times 200 \text{ mm}}{2 \times 50 \text{ mm} \times 10^2}$$

$$\sigma_b = 3,528 \text{ kN}/\text{mm}^2$$

Dari perhitungan tersebut, maka dapat disimpulkan kekuatan uji bending yang dimiliki adalah sebesar $3,528 \text{ kN/mm}^2$.

KESIMPULAN

Dari hasil analisis yang sudah dijabarkan sebelumnya, maka dapat ditarik kesimpulan bahwasanya kekuatan uji bending pada baja ASTM A36 ketebalan 10 mm dengan menggunakan WPS standar AWS D1.1 ini memenuhi syarat pengelasan. Hasil uji bending Plat baja ASTM A36 ini memperoleh hasil $3,528 \text{ kN/mm}^2$. Bevel pengelasan pada proses ini senilai 30 derajat ini tidak ditemukan cacat las visual sehingga WPS ini dapat digunakan oleh peserta pelatihan di BBPVP Serang. Dalam proses pengelasan GMAW 1G pada baja ASTM A36 ini hasil yang lebih optimal adalah dengan menggunakan parameter ampere 94A – 106A dan voltase senilai 23 V – 25 V sebagai contoh untuk pengaplikasian WPS.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima Sebagai mahluk sosial tidak dapat dipungiri bahwasanya kita tidak dapat hidup tanpa bantuan orang disekitar kita. Banyak terimakasih saya haturkan kepada orang tua saya yang selalu mensupport saya, dosen pembimbing yang selalu bersama saya serta teman-teman yang selalu memnerikan semangat kepada saya. Tidak lupa saya ucapan terimakasih kepada BBPVP Serang sebagai tempat untuk saya melakukan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] L. P. Ketaren, U. Budiaro, and A. Wibawa, "Analisa Pengaruh Variasi Kampuh Las dan Arus Listrik Terhadap Kekuatan Tarik Dan Struktur Mikro Sambungan Las GMAW (Gas Metal ARC Welding) Pada ...," *J. Tek. Perkapalan*, vol. 7, no. 4, pp. 345–354, 2019, [Online]. Available: <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/naval/article/view/24345>
- [2] B. E. Putra, "Mengidentifikasi Welding Procedure Specification (Wps)," pp. 1–45, 2018.
- [3] I. A. Ibrahim, S. A. Mohamat, A. Amir, and A. Ghalib, "The effect of Gas Metal Arc Welding (GMAW) processes on different welding parameters," *Procedia Eng.*, vol. 41, no. Iris, pp. 1502–1506, 2012, doi: 10.1016/j.proeng.2012.07.342.
- [4] Juwanda, Saifuddin, and Marzuki, "Analisa pengaruh kuat arus hasil pengelasan GMAW terhadap kekerasan material ASTM A 36," *J. Weld. Technol.*, vol. 3, no. 1, pp. 6–11, 2021.
- [5] H. Febnesia, M. Nurtanto, I. Ikhsanudin, and H. Abdillah, "Pengaruh Model Pembelajaran Hybrid Learning Dengan Metode Tutor Sebaya Terhadap Hasil Pengelasan Pada Siswa SMKS Yabhinka," *Res. Dev. J. Educ.*, vol. 7, no. 2, p. 532, 2021, doi: 10.30998/rdje.v7i2.11265.
- [6] I. Purmayanti and K. Oktarina, "Aplikasi Welding Procedure Specification (Wps) Dengan Bevel 300 Untuk Pengelasan Konstruksi Kapal Tanker 3500 Ltdw Hn. 309 Pada Uji Bending Di Pt. Daya Radar Utama Unit Iii Lampung," *J. Distilasi*, vol. 5, no. 1, p. 27, 2020, doi: 10.32502/jd.v5i1.3034.
- [7] X. Shen, L. Li, W. Guo, W. Teng, and W. He, "Comparison of processing window and porosity distribution in laser welding of 10 mm thick 30CrMnSiA ultrahigh strength between flat (1G) and horizontal (2G) positions," *J. Laser Appl.*, vol. 28, no. 2, p. 022418, 2016, doi: 10.2351/1.4943992.
- [8] D. Sebagai *et al.*, "Analisa Ketangguhan Pengelasan Smaw Pada Material Sus 201 Dengan Polaritas Arus," vol. 6, no. 2, pp. 117–122, 2021.
- [9] W. Djatmiko, Istanto Wahju ; Siswanto, Budi Tri , Putu ,Sudira, Hamidah, "Modul Pendidikan Teknologi Kejuruan," *Pengayakan*, no. 37, p. 111, 2013, [Online]. Available: <http://staffnew.uny.ac.id/upload/131655274/pendidikan/bahan-ajar-pendidikan-teknologi-kejuruan-2013.pdf>.
- [10] K. Oktarina and Y. Indriyanti, "Analisis pengaruh kuat arus terhadap uji bending pada pengelasan plat kapal tanker dengan gap 2 mm sesuai dengan aplikasi wps di PT. daya radar utama lampung," *J. Inov.*, vol. 3, no. 1, pp. 8–13, 2020, doi: 10.37338/ji.v3i1.90.
- [11] P. Pandiangan and A. Arkundato, "Ketidakpastian dan Pengukuran," *Modul Fis.*, pp. 1–35, 2018, [Online]. Available: <http://repository.ut.ac.id/4772/1/PEPA4203-M1.pdf>
- [12] T. Istanto, W. Endra, and T. Febrina, "Analisis Ketidakpastian Pengukuran (Uncertainty Measurement) Pada Pengujian Karakteristik Aliran Fasa Tunggal Aliran Air Vertikal Ke Bawah Pada Penukar Kalor Saluran Annular

- Bercelah Sempit,” *Mekanika*, vol. Volume 9 N, no. September, pp. 219–225, 2010.
- [13] P. Travel, S. Pengelasan, T. Ketahanan, K. Pada, and M. Ridho, “ABSTRACT,” pp. 5–6, 2018.
- [14] H. Wibowo, M. N. Ilman, and P. Tri Iswanto, “Analisa Heat Input Pengelasan terhadap Distorsi, Struktur Mikro dan Kekuatan Mekanis Baja A36,” *J. Rekayasa Mesin*, vol. 7, no. 1, pp. 5–12, 2016, doi: 10.21776/ub.jrm.2016.007.01.2.