

**PENGARUH KUAT ARUS TERHADAP KEKUATAN TARIK
PADA PROSES PENGELASAN BAJA SM 400 B
MENGUNAKAN PROSES PENGELASAN SMAW DI
PT.BARATA INDONESIA (Persero) DIVISI SUMBER DAYA
AIR – TEGAL**

Dyah Probowati.¹, Margaretha Tri Budi Yuliana²
E-mail : dyah.probowati@upnyk.ac.id¹; margarethatby2307@gmail.com²

Program Studi Teknik Metalurgi – Fakultas Teknologi Mineral
UPN “Veteran” Yogyakarta
Jl. Padjadjaran, Condongcatur, Yogyakarta 55283

Intisari

PT. Barata Indonesia (Persero) Divisi Sumber Daya Air Tegal merupakan salah satu workshop hidromekanikal yang memiliki spesialisasi dibidang hidromekanikal dan menjadi pendukung fabrikasi dan instalasi Divisi Sumber Daya Air. Workshop ini berfokus pada pekerjaan mekanikal untuk bangunan air seperti pipa penstock, katup dan trashrack pada bendungan-bendungan, pintu air pada bendungan serta pompa pengendali banjir. Penelitian ini berjudul “Pengaruh Kuat Arus Terhadap Kekuatan Tarik Pada Proses Pengelasan Baja SM 400 B Menggunakan Proses Pengelasan SMAW Di PT Barata Indonesia (Persero) Divisi Sumber Daya Air-Tegal”. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh kuat arus terhadap kekuatan tariknya serta mengetahui cacat las yang diakibatkan oleh kuat arus yang tidak sesuai dengan *welding procedure specification* (WPS). Adapun metode pengujian adalah pertama mencari literatur-literatur penunjang, selanjutnya adalah pengumpulan data lapangan, kemudian menganalisis data. Adapun pengelasan dilakukan dengan metode SMAW dengan material berupa baja SM 400 B, dan elektroda E 7016 dengan diameter 3,2. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan diketahui bahwa semakin besar kuat arusnya maka akan semakin besar nilai kekuatan tariknya begitupun sebaliknya semakin kecil kuat arusnya maka semakin kecil pula nilai kekuatan tariknya. Selain itu, kuat arus harus sesuai dengan WPS. Jika arus pengelasan tidak sesuai WPS, maka akan terjadi cacat pengelasan. Arus pengelasan yang terlalu rendah akan menyebabkan cacat las berupa *undercut*, cacat *las spatter*, sedangkan arus pengelasan yang terlalu tinggi akan menyebabkan cacat las berupa porositas, *incomplete peneration*.

Kata kunci: Pengelasan, Kuat Arus, Kuat Tarik, Cacat.

Abstract

PT. Barata Indonesia (Persero) Tegal Water Resources Division is one of the hydromechanical workshops that specializes in hydromechanical and supports the fabrication and installation of the Water Resources Division. This workshop focuses on mechanical work for water structures such as penstock pipes, valves and trashracks in dams, sluice gates in dams and flood control pumps. This research is entitled "Effect of Strong Current on Tensile Strength in SM 400 B Steel Welding Process Using SMAW Welding Process at PT Barata Indonesia (Persero) Water Resources Division-Tegal". The purpose of this study was to determine the effect of current strength on tensile strength and to determine welding defects caused by currents that are not in accordance with the welding procedure specification (WPS). The test method is first to look for supporting literature, next is to collect field data, then analyze the data. The welding is carried out using the SMAW method with the material in the form of SM 400 B steel, and electrodes E 7016 with a diameter of 3.2. Based on the research that has been done, it is known that the greater the current, the greater the value of the tensile strength, and vice versa, the smaller

the current, the smaller the value of the tensile strength. In addition, the current strength must match the WPS. If the welding current does not match the WPS, a welding defect will occur. Welding currents that are too low will cause welding defects in the form of undercuts, welding spatter defects, while welding currents that are too high will cause welding defects in the form of porosity, incomplete penetration.

Keyword: *Welding, Current Strength, Tensile Strength, Defect.*

Pendahuluan

Pengelasan (*welding*) adalah teknik penyambungan logam dengan cara mencairkan sebagian logam induk dan logam pengisi dengan atau tanpa logam penambah dan menghasilkan logam kontinyu (Siswanto, 2011). Berdasarkan definisi dari *American Welding Society* (AWS) las adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Secara singkat, dapat dijabarkan bahwa proses pengelasan merupakan sambungan dari beberapa batang logam dengan menggunakan energi panas. Pada pengelasan, suhu yang digunakan antara 1500 hingga 1600 derajat Celcius.

Pengelasan *shield metal arc welding* merupakan teknik pengelasan yang di kelompokkan ke dalam teknik pengelasan menggunakan busur gas dan fluk. Pada teknik pengelasan ini bahan atau material logam penyambung (elektroda) berupa logam yang telah dilapisi oleh fluks (slag las). Lapisan ini berfungsi untuk melindungi logam dari gas oksidasi luar (Mizhar susri et al, 2014). Pada proses pengelasan logam dengan teknik pengelasan shield metal arc welding (SMAW) kuat arus listrik yang digunakan dalam proses penyambungan logam merupakan indikator penting yang perlu di perhatikan. Hal ini di karenakan kuat arus listrik

menentukan besarnya panas yang di hasilkan dari busur listrik pada nyala di ujung electrode yang digunakan.

Penstock termasuk salah satu produk dari PT. Barata Indonesia. *Penstock* adalah saluran atau terowongan yang menghubungkan bak penampung air dari Bendungan ke turbin di gedung pembangkit listrik ataupun ke saluran irigasi untuk pertanian.

Pada proses pengolahannya, PT Barata Indonesia (persero) Tegal memiliki 11 jalur. Jalur 1 dan 2 adalah tempat untuk melakukan marking plat dan tempat pemotongan (cutting) material. Jalur 3 digunakan untuk penyimpanan material-material profil, plat serta penempatan alat-alat berat seperti mesin CNC, mesin giling tebu dan mesin bubut. Jalur 4 digunakan untuk tempat menaruh material-material utama dan proses yang ada di area ini adalah proses pembubutan, proses pengeboran serta proses perakitan konstruksi atas. Jalur 5 dikhususkan untuk proses permesinan. jalur 6 digunakan untuk proses welding, proses gerinda, proses fit up, tempat pengujian *stang grad, housing*, proses pengeboran dan proses pembubutan. Jalur 7 digunakan untuk proses pengeboran komponen kecil, penyetelan daur pintu, assembling pintu kecil. jalur 8 digunakan untuk proses bending plat, penyetelan *mini jet flow*, proses pengeboran komponen kecil, proses *fit up frame*, penyetelan pintu besar

dan proses pembuatan frame serta tempat penyimpanan penstock. Jalur 9 digunakan untuk proses pelurusan material dan proses penyetulan *frame*. jalur 10 digunakan proses *painting* sedangkan jalur 11 digunakan untuk proses *painting* dan *sand blasting*.

Baja SM 400 merupakan baja berstandar JIS G3106, termasuk *hot rolled carbon steel plate* yang digunakan untuk material pengelasan struktural. SM 400 A/B/C memiliki komposisi yang berbeda, komposisi kimia baja SM 400 dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi Kimia Baja SM 400

Symbol	Chemical Composition				
	C Max	Si Max	Mn	P Max	S Max
SM 400 A	0.23	-	2.5 x C min	0.035	0.035
SM 400 B	0.20	0.35	0.6-1.40	0.035	0.035
SM 400 C	0.19	0.35	1.4 max	0.035	0.035

Sumber : JIS Handbook, 2010

Baja SM 400 A/B/C diaplikasikan untuk plat, bar, atau bentuk lain. Memiliki kualitas struktural untuk di *rivet*, di *bolt*, atau di las pada jembatan dan bangunan, serta untuk struktural umum. Baja SM 400 memiliki ketebalan yang berbeda sesuai dengan kelasnya dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. *Designation of Grade* dan *Applicable Thickness* pada Baja SM 400

Designation of Grade	Steel Product	Applicable Thickness (mm)
SM 400 A	Steel plate, steel strip in coil, section, and flat	≤200
SM 400 B	Steel plate, steel strip in coil, section, and flat	≤200
SM 400 C	Steel plate, steel strip in coil, and section	≤100
	Flat	≤50

Sumber : JIS Handbook, 2010

Selain itu, Baja SM juga memiliki sifat mekanik berupa *yield point* dan *tensile strength* yang berbeda sesuai kelasnya. Sifat mekanik baja SM dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. *Mechanical Properties* Baja SM 400

Symbol	Yield Point or Proof Stress (N/mm ²) min		Tensile Strength (N/mm ²)	Elongation		
	Thickness of Steel (mm)		Thickness of Steel (mm)	Thickness	Test Piece	% Min
	≤16	≥16	≤100			
SM 400 A				<5	NO.5	23
SM 400 B	245	235	400-510	≥5 <16	NO.1A	19
SM 400 C				≥16 <50	NO.1A	22
SM 490 A				<5	NO.5	22
SM 490 B	325	315	490-610	≥5 <16	NO.1A	17
SM 490 C				≥16 <50	NO.1A	21

Sumber : JIS Handbook, 2010

Kekuatan tarik adalah salah satu sifat mekanik yang sangat penting dan dominan dalam suatu perancangan konstruksi dan proses manufaktur. Setiap material atau bahan memiliki sifat (kekerasan, kelenturan, dan lain lain) yang berbeda-beda. Uji tarik adalah salah satu uji stress strain mekanik yang bertujuan untuk mengetahui kekuatan bahan terhadap gaya tarik.

Dengan menarik suatu bahan sampai putus maka dapat diketahui bagaimana suatu bahan tersebut bereaksi terhadap gaya tarik dan mengetahui sejauh mana material itu bertambah panjang (Wirjosumarto, 2000). 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 di akibatkan melemahnya gaya elektro magnetik setiap atom logam hingga terlepas ikatan tersebut oleh penarikan gaya maksimum (Mizhar susri et al, 2014).

Rumus untuk mencari tegangan dapat di lihat di bawah ini :

$$\xi = \frac{L-L_0}{L_0} = \frac{\Delta L}{L_0} = \frac{F}{A_0}$$

Keterangan :

ξ = tegangan tarik (N/ mm²)

L = panjang spesiment setelah patah (mm)

L₀ = panjang spesiment mula-mula (mm)

F = beban (N)

A₀ = luas penampang

atau dengan rumus berikut ini :

$$S_U = \frac{P_{maks}}{A_0}$$

Keterangan :

S_u = Kuat tarik

P_{maks} = Beban maksimum

A₀ = Luas penampang awal

Metodologi Penelitian

Material :

- Baja SM 400 B
- Elektroda

Metode

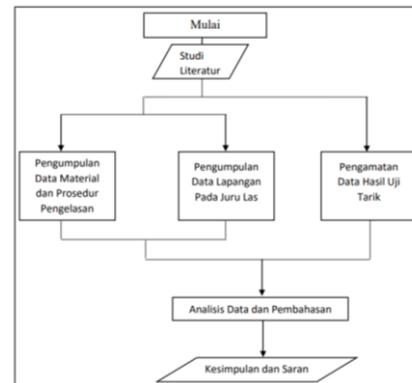
Pengelasan SMAW

- Membersihkan pelat yang akan dilas. Lalu menempatkan pelat tersebut di lantai.
- Tempatkan massa mesin las pada salah satu bahan yang akan dilas. Lalu tambahkan elektroda pada panel penjepit elektroda di mesin las.
- Sesudah bahan siap untuk di las, perlahan-lahan dekatkan ujung elektroda pada bahan yang akan dilas.
- Perlahan-lahan gerakkan elektroda ke sepanjang ruang yang dilas.
- Sesudah selesai, bersihkan kerak yang menutupi sisi yang dilas dengan memakai palu.

Pengujian Tarik

- Menyiapkan specimen
- Pembuatan gauge length
- Pengukuran dimensi
- Pengujian pada mesin uji tarik
 - Catat data mesin pada lembar kerja.
 - Ambil kertas milimeter dan pasang pada tempatnya.
 - Ambil spesimen dan letakkan pada tempatnya secara tepat.
 - Setting beban dan pencatat grafik pada mesin tarik.
 - Berikan beban secara kontinyu sampai spesimen patah.
 - Catat besarnya beban pada saat ultimate dan ketika patah yang nilainya tampak pada monitor beban

Adapun *flowchart* yang digunakan dalam kerja praktek ini adalah sebagai berikut.



Gambar 1. *Flowchart* Kerja Praktek

Pembahasan

Dalam penelitian ini, penulis melakukan pengamatan dan pengambilan data di PT Barata Indonesia guna mengetahui proses pengelasan SMAW. Kualitas pengelasan dipengaruhi oleh kuat arus yang akan berkaitan dengan kuat tarik serta cacat yang diakibatkan oleh ketidaksesuaian kuat arus.

Dari penelitian dapat terlihat bahwa semakin tinggi kuat arus pengelasan maka semakin besar kuat tariknya, dan jika kuat arus terlalu rendah ataupun terlalu tinggi akan menyebabkan cacat hasil pengelasan. Berikut merupakan analisis dari penelitian di atas.

Proses Pengelasan SMAW

Langkah yang dilakukan pertama dalam proses pengelasan SMAW adalah membersihkan pelat yang akan dilas. Lalu menempatkan pelat tersebut di meja. Tempatkan massa mesin las pada salah satu bahan yang akan dilas, lalu tambahkan elektroda pada panel penjepit elektroda di mesin las. Pemilihan elektroda ini tergantung oleh bahan/material yang digunakan. Selain itu ketebalan pelat juga mempengaruhi seberapa besar diameter elektroda yang digunakan. Kuat arus yang digunakan sesuai dengan kawat yang digunakan/ tebal pelat yang dipakai dan melihat rentang kuat arus pada WPS.

Sesudah bahan siap untuk di las, perlahan-lahan dekatkan ujung elektroda pada bahan yang akan dilas. Jarak di antara ujung elektroda dengan bahan yang akan dilas sangat memengaruhi kualitas pengelasan. Bila jarak begitu jauh, akan muncul percikan seperti hujan bintik-bintik api. Proses pengelasan pun tidak prima. Bila jarak begitu dekat, api tidak menyala dengan sempurna. Serta tidak ada jarak yang cukup untuk tempat lelehan elektroda. Jarak yang baik yaitu seperdelapan dari tebal elektroda. Perlahan-lahan gerakkan elektroda ke sepanjang ruang yang dilas. Hasil yang baik waktu pengelasan bisa dilihat di atas

permukaan yang dilas berupa seperti gelombang rapat dan teratur ditutup dengan sempurna sisi yang dilas. Jika belum sempurna, maka harus mengulangi pengelasan pada sisi yang belum tersatukan dengan baik tersebut. Pada beberapa kasus, bahan yang telah dilas harus di gerinda bila pengelasan tidak sempurna.

Pengaruh Kuat Arus Pengelasan Terhadap Kekuatan Tarik

Kuat arus pengelasan sangat berpengaruh terhadap kualitas hasil pengelasan dan juga terhadap kuat tariknya. Pada penelitian ini dilakukan pengujian tarik dengan menggunakan variabel arus yang berbeda untuk mengetahui pengaruh kuat arus pengelasan terhadap kuat tariknya. Kuat arus listrik yang digunakan sebesar 90 Amper, 100 Amper, 110 Amper. Hasil pengujian tarik masing- masing variasi arus dapat dilihat pada Tabel 4 dan grafik peningkatan kuat tarik yang diakibatkan oleh kuat arus dapat dilihat pada Gambar 2.

Tabel 4. Hasil Uji Tarik

Tensile Test (N/mm ²)	Sampel	Kuat Arus		
		90	100	110
	1	434,78	449,58	451,59
	2	434,96	438,68	466,88

Sumber : PT.Barata Indonesia

Pada *spesiment test* pengelasan yang di beri perlakuan variasi arus pengelasan sebesar 90 amper, hasil uji tarik menunjukkan pada sampel pertama di dapatkan nilai tegangan maksimum (*Ultimate Tensile Strength*) yaitu sebesar 434.78 N/mm², dan pada sampel ke dua di dapatkan nilai UTS (*Ultimate Tensile Strength*) sebesar 434.96 N/mm², dari 2 pengulangan pada *spesiment test*

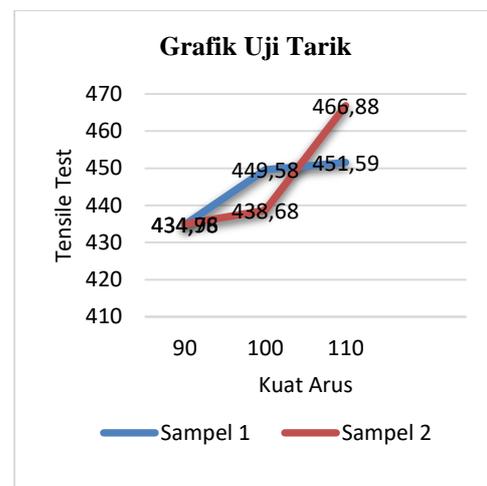
dengan perlakuan variasi arus pengelasan sebesar 90 amper di dapatkan nilai rata-rata UTS nya sebesar 434.87 N/mm².

Pada *spesiment test* pengelasan dengan perlakuan variasi arus pengelasan sebesar 100 Amper, hasil uji tarik menunjukkan pada sampel pertama di dapatkan nilai tegangan maksimum (*Ultimate Tensile Strength*) yaitu sebesar 449.58 N/mm², dan pada sampel ke dua di dapatkan nilai UTS (*Ultimate Tensile Strength*) sebesar 438.68 N/mm², dari 2 pengulangan pada *spesiment test* dengan perlakuan variasi arus pengelasan sebesar 100 Amper di dapatkan nilai rata-rata UTS nya sebesar 444.13 N/mm².

Selanjutnya pada *spesiment test* pengelasan dengan perlakuan variasi arus pengelasan sebesar 110 Amper, hasil uji tarik menunjukkan pada sampel pertama di dapatkan nilai tegangan maksimum (*Ultimate Tensile Strength*) yaitu sebesar 451.59 N/mm², dan pada sampel ke dua di dapatkan nilai UTS (*Ultimate Tensile Strength*) sebesar 466.88 N/mm², dari 2 pengulangan pada *spesiment test* dengan perlakuan variasi arus pengelasan sebesar 110 Amper di dapatkan nilai rata-rata UTS nya sebesar 459.235 N/mm².

Dari grafik hasil pengujian tarik dapat dilihat bahwa semakin tinggi arus pengelasan maka kekuatan tariknya semakin meningkat. Pada hal ini variasi kuat arus pengelasan sangat berpengaruh pada kekuatan tarik suatu material. Dimulai dari rapuh, yakni pada kuat arus yang sangat rendah. Pada tahap ini, akibat kuat arus yang sangat rendah mengakibatkan ukuran butir mengecil sehingga jarak antar butir semakin

jauh, ikatan melemah, dan rapuh. Dengan demikian material amat mudah patah, sehingga energi yang dibutuhkan untuk menarik dan mematahkannya sangat kecil pula. Selanjutnya dengan bertambahnya kuat arus pengelasan, maka ukuran butir makin membesar sehingga jaraknya semakin dekat dan ikatannya menguat serta kekuatan tarik dan ketangguhannya meningkat, namun masih getas.



Gambar 2. Grafik Uji Tarik
Sumber : PT.Barata Indonesia Tegal

Cacat Pada Pengelasan

Cacat las adalah hasil pengelasan yang tidak memenuhi syarat keberterimaan yang sudah dituliskan di standart (ASME IX, AWS). Salah satu faktor yang dapat menyebabkan cacat pada pengelasan adalah kuat arusnya. Dalam hal ini kuat arus harus sesuai dengan acuan yaitu sesuai dengan *welding procedure specification (WPS)*.

Jika kuat arus terlalu tinggi maka akan menimbulkan cacat pada hasil pengelasan. Cacat yang terbentuk adalah cacat las undercut, cacat las spatter. Cacat las undercut adalah sebuah cacat las yang berada di

bagian permukaan atau akar, bentuk cacat ini seperti cerukan yang terjadi pada base metal atau logam induk. Cacat over spatter adalah percikan las, sebenarnya jika spater dapat dibersihkan maka tidak termasuk cacat. Namun jika jumlahnya berlebih dan tidak dapat dibersihkan maka dikategorikan dalam cacat visual.

Jika kuat arus terlalu rendah maka akan menimbulkan cacat pada hasil pengelasan. Cacat yang terbentuk adalah cacat porositas, *incomplete penetration*. Cacat Porositas adalah sebuah cacat pengelasan yang berupa sebuah lubang lubang kecil pada *weld metal* (logam las), dapat berada pada permukaan maupun didalamnya. Cacat *incomplete fusion* adalah sebuah hasil pengelasan yang tidak dikehendaki karena ketidaksempurnaan proses penyambungan antara logam las dan logam induk.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa terkait pengaruh kuat arus terhadap kekuatan tarik PT Barata Indonesia dapat disimpulkan :

- a. Proses pengelasan SMAW diawali dengan membersihkan pelat yang akan dilas, lalu menempatkan pelat tersebut di lantai atau di meja. Tempatkan massa mesin las pada salah satu bahan yang akan dilas, lalu tambahkan elektroda pada panel penjepit elektroda di mesin las. Sesudah bahan siap untuk di las, perlahan-lahan dekatkan ujung elektroda pada bahan yang akan dilas. Perlahan-lahan gerakkan elektroda ke sepanjang ruang yang dilas. Sesudah selesai,

bersihkan kerak yang menutupi sisi yang dilas dengan memakai palu. Lalu memeriksa kembali apakah ada sisi yang belum sempurna. Jika belum sempurna, maka harus mengulangi pengelasan pada sisi yang belum tersatukan dengan baik tersebut.

- b. Semakin tinggi kuat arus yang digunakan pada pengelasan baja SM 400 B maka semakin besar hasil uji kuat tariknya. Pada penelitian ini didapatkan rata-rata kuat tarik tertinggi yaitu sebesar 459.235 N/mm^2 dengan kuat arus sebesar 110 A, sedangkan rata-rata kuat tarik terendah yaitu sebesar 434.87 N/mm^2 dengan kuat arus sebesar 90 A.
- c. Kuat arus terlalu tinggi menyebabkan adanya cacat *undercut* dan *over spatter*, sedangkan kuat arus terlalu rendah menyebabkan adanya cacat porositas dan *incomplete fusion*.

Ucapan Terimakasih

Penelitian ini dapat dilakukan dengan baik berkat adanya bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. PT Barata Indonesia (Persero) Tegal.
2. Bapak Anton Sudyanto sebagai dosen pembimbing dalam penulisan jurnal ini.
3. Bapak Dicnanda Wildan Saputra selaku pembimbing dari PT Barata Indonesia (Persero) Tegal.
4. Berbagai pihak yang telah ikut berpartisipasi membantu kelancaran kegiatan penelitian, baik secara langsung maupun tidak langsung.

Daftar Pustaka

- Bintoro, G.A. 1999. Dasar-Dasar Pekerjaan Las Jilid 1. Yogyakarta: Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Muhroni, A.,S & Kembaren B. H. 2013. Pengaruh Variasi Kecepatan dan Kuat Arus Terhadap Kekerasan, Tegangan Tarik, Struktur Mikro Baja Karbon Rendah Dengan Elektroda E6018. Jurnal Rekayasa Mesin Vol.13 No.1
- Prayitno, D., & Hutagalung, H. D. 2018. Pengaruh Kuat Arus Listrik Pengelasan Terhadap Kekerasan Lapisan Las. Jurnal Dinamika Vokasi Teknik Mesin Vol.1 No.1 (1-6)
- Trinova Budi Santoso, Solichin, Prihanto Tri Hutomo, (2015), Pengaruh Kuat Arus Listrik Pengelasan Terhadap Kekuatan Tarik Dan Struktur Mikro Las Smaw Dengan Elektroda E7016, Jurnal Teknik Mesin, Tahun 23, No. 1, April 2015, Hal 59- 64