



VARIASI AMPERE TERHADAP KEKUATAN TARIK PADA HASIL PENGELASAN DENGAN POSISI *DOWN HAND*

Zulfadly¹, Muhammad Abdul Ghony²

Program Studi Teknik Perawatan Alat Tambang, Akademi Komunitas Industri Pertambangan Bukit Asam

Program Studi Teknik Pengolahan Hasil Tambang Mineral dan Batubara, Akademi Komunitas Industri Pertambangan Bukit Asam

zulfadly@akipba.ac.id

Info Artikel :

Diterima :

15 Februari 2022

Disetujui :

20 Februari 2022

Dipublikasikan :

28 Februari 2022

ABSTRAK

Pengaruh yang terjadi pada hasil lasan jika penggunaan *ampere* tidak tepat ialah akan menimbulkan cacat las, penetrasi yang tidak maksimal, kekuatan lasan akan kalah dengan kekuatan material sehingga lasan menjadi rapuh dan mudah putus, dan terjadi lebarnya diameter pengelasan. *survey* data-data terkait penggunaan *ampere* pada pengelasan menggunakan elektroda 7018 diameter 3,2 dengan metode SMAW yang selanjutnya untuk dijadikan acuan untuk di teliti. *ampere* yang digunakan adalah 100 A, 110 A dan 120A Pada hasil pengelasan ini kemudian dilakukan proses pendinginan dengan media pendingin udara.. Kemudian *plate* dipotong menjadi beberapa bagian dengan menggunakan mesin *cutting*. Hasil dari pengujian tarik yang telah dilakukan, *ampere* yang tepat pada posisi pengelasan *down hand* dengan menggunakan elektroda E7018 diameter 3,2 pada material ST52-3 *plate* 10 milli meter yaitu *ampere* 110 A dengan nilai 528,428 N/mm².

Kata Kunci: las, SMAW, ampere, plate.

ABSTRACT

The effect that occurs on the results of the weld if the use of amperes is not appropriate is that it will cause welding defects, penetration is not optimal, the strength of the weld will be inferior to the strength of the material so that the weld becomes brittle and breaks easily, and the width of the welding diameter occurs. survey of data related to the use of amperes in welding using 7018 electrodes with a diameter of 3.2 with the SMAW method which is then used as a reference for scrutiny. The amperage used is 100 A, 110 A and 120A. In this welding result, a cooling process is carried out with air cooling media. Then the plate is cut into several parts using a cutting machine. The results of the tensile test that have been carried out, the correct amperage in the down-hand welding position using the E7018 electrode with a diameter of 3.2 on a 10 milli meter ST52-3 plate material, namely 110 A ampere with a value of 528,428 N/mm².

Keywords: welding, SMAW, amperage, plate.



PENDAHULUAN

Pengelasan adalah salah satu teknik penyambungan logam dengan cara mencairkan sebagian logam induk dan logam pengisi dengan atau tanpa tekan dan dengan atau tanpa logam tambahan dan menghasilkan sambungan yang kontinyu. Salah satu proses penyambungan logam dengan logam yang lain adalah proses pengelasan, dimana proses pengelasan sangat berhubungan erat dengan energi termal (panas), sehingga dalam prosesnya akan dapat mengubah sifat dasar dari material dasar, untuk itu dalam proses pengelasan perlu diperhatikan beberapa parameter proses pengelasan yang berhubungan dengan kualitas hasil las, seperti pemilihan mesin las, penunjukan juru las, pemilihan kuat arus, pemilihan elektroda, dan pemilihan jarak pengelasan (Biodun et al., 2016; Bodude & Momohjimoh, 2015).

Pengelasan yang sering digunakan dalam dunia industri secara umum adalah pengelasan dengan menggunakan metode pengelasan dengan busur nyala logam terlindung atau biasa disebut *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW). Metode SMAW banyak digunakan pada masa ini karena penggunaannya lebih praktis, lebih mudah pengoperasiannya, dapat digunakan untuk segala macam posisi pengelasan dan lebih efisien (L.S.S.K. Weerasekaralage et al., 2019) (Pandapotan, 2019).

Menurut Harsono et al., (2019), mesin las SMAW menurut arusnya dibedakan menjadi tiga macam yaitu mesin las arus searah atau *Direct Current* (DC), mesin las arus bolak-balik atau *Alternating Current* (AC) dan mesin las arus ganda yang merupakan mesin las yang dapat digunakan untuk pengelasan dengan arus searah (DC) dan pengelasan dengan arus bolak-balik (AC). Mesin Las arus DC dapat digunakan dengan dua cara yaitu polaritas lurus dan polaritas terbalik (Hisey & Kroll, 2021). Mesin las DC polaritas lurus (DC-) digunakan bila titik cair bahan induk tinggi dan kapasitas besar, untuk pemegang elektrodanya dihubungkan dengan kutub negative dan logam induk dihubungkan dengan kutub positif, sedangkan untuk mesin las DC polaritas terbalik (DC+) digunakan bila titik cair bahan induk rendah dan kapasitas kecil, untuk pemegang elektrodanya dihubungkan dengan kutub positif dan logam induk dihubungkan dengan kutub negatif (Al-fadhlah & Paradowska, 2014).

Menurut Hamid, (2016) penyetelan *ampere* pengelasan akan mempengaruhi hasil las. Bila *ampere* yang digunakan terlalu rendah akan menyebabkan sukarnya penyalaan busur listrik. Busur listrik yang terjadi menjadi tidak stabil. Panas yang terjadi tidak cukup untuk melelehkan elektroda dan bahan dasar sehingga hasilnya merupakan rigi-rigi las yang kecil dan tidak rata serta penembusan kurang dalam. Sebaliknya bila *ampere* terlalu tinggi maka elektroda akan mencair terlalu cepat dan akan menghasilkan permukaan las yang lebih lebar dan penembusan yang dalam sehingga menghasilkan kekuatan tarik yang rendah dan menambah kerapuhan dari hasil pengelasan (Ahmad & Yohanes, 2019).

Kekuatan hasil lasan dipengaruhi oleh tegangan busur, besar *ampere*, kecepatan pengelasan, besarnya penembusan dan polaritas listrik (Almuzikri, 2021). Penentuan besarnya *ampere* dalam penyambungan logam menggunakan las busur mempengaruhi efisiensi pekerjaan dan bahan las. Penentuan besar *ampere* dalam pengelasan ini mengambil 100A, 110A dan 120A. Pengambilan *Ampere* dimaksudkan sebagai pembandingan dengan interval *ampere* diatas.

Berdasarkan uraian pada paragraf sebelumnya, penulis tertarik untuk melakukan penelitian tentang Variasi *Ampere* Terhadap Kekuatan Tarik Pada Hasil Pengelasan Dengan Posisi *Down Hand*. Beberapa Welder di Satuan Kerja Perawatan PT Bukit Asam menggunakan *ampere* yang berbeda pada saat pengelasan. Posisi yang ingin diteliti yakni posisi pengelasan *down hand* (bawah tangan). Dengan adanya penelitian ini agar diharapkan dapat mengetahui pada *ampere* berapakah kekuatan tarik yang paling kuat dengan menggunakan material ST52-3.

KAJIAN TEORI

2.1 Shield Metal Arc Welding

Shield Metal Arc Welding (SMAW) adalah interaksi pengelasan di mana kombinasi logam dikirim oleh panas dari tikungan listrik yang disimpan di antara ujung terminal habis pakai dan lapisan luar bahan dasar pada sambungan yang dilas. Baja olahan, baja karbon, baja majemuk dan preparat cor sebagian besar dilas menggunakan SMAW (Liu & Hu, 2022). Tegangan las sekitar 15-45 V dan arus las dalam lingkup 10-500A sebagian besar digunakan untuk membuat kurva dengan suhu 5000oC Pengelasan tikungan logam yang dilindungi (SMAW), atau disebut pengelasan kurva logam manual, adalah proses pengelasan segmen melingkar manual yang menggunakan anoda yang dapat dilindungi. Saat terminal meleleh, penutup yang melindungi anoda larut dan melindungi daerah las dari oksigen dan gas lingkungan lainnya. Dengan strategi ini, porositas secara teratur tidak terlihat tanpa pemanfaatan teknik pengujian tak rusak yang canggih, dan ketidaksempurnaan ini biasanya mempengaruhi kekuatan dan sifat las. Sistem pengelasan ini digunakan untuk baja karbon, baja kompon rendah, baja komposit tinggi, baja olahan, besi tuang, dan besi lentur. Dalam interaksi ini, katoda yang ditutupi dengan rutil, memberikan infiltrasi las yang dalam, namun lebih sering daripada tidak penting untuk melakukan PWHT untuk mencegah pertaruhan yang terlalu tinggi dari kerusakan (Olabi et al., 2014). Meskipun demikian, komponen waktu segmen sirkular SMAW cukup rendah karena waktu yang diharapkan untuk menghilangkan terak setelah pengelasan dan penggantian anoda. Adapun keterangan yang dimaksud dengan E7018 adalah E(elektroda las listrik), 70 (Tegangan tarik minimum dari hasil pengelasan (70.000 Psi) atau sama dengan 492 Mpa), 1 (Posisi pengelasan (angka 1 ini menunjukkan bahwa bisa dipakai dalam semua posisi pengelasan), 8 (Penetrasi las sedang, daya AC/DC, kandungan selaputnya serbuk besi 25%-40%, hydrogen rendah.

Tabel 2.1 Kelebihan dan Kekurangan SMAW

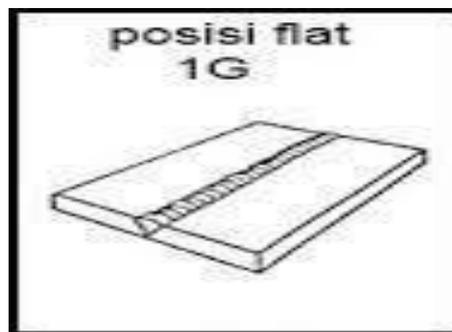
Kelebihan	Kekurangan
Dapat dipakai dimana saja, diluar, dibengkel dan didalam air	Pengelasan terbatas hanya sampaisepanjang elektroda dan harus melakukan penyambungan
Dapat mengelas berbagai macamtipe dari material	Setiap akan melakukan pengelasan berikutnya <i>slag</i> harus dibersihkan
Set-up yang cepat dan sangat mudah untuk diatur	Diameter elektroda tergantung daritebal <i>plate</i> .
Dapat dipakai mengelas semua posisi	
Elektroda mudah didapat dalam banyak ukuran dan diameter	
Peralatan yang digunakan sederhana, murah dan mudah dibawa kemana- mana	
Kebisingan rendah (<i>rectifier</i>)	
Tidak terlalu sensitive terhadap korosi, oli dan gemuk.	

Sumber : Marwanto, 2005

2.2 Pengelasan Bawah Tangan

Posisi pengelasan ini adalah posisi yang paling mudah dilakukan. Posisi ini dilakukan untuk pengelasan pada permukaan datar atau permukaan agak miring, yaitu letak elektroda berada di atas benda kerja. Hal yang harus diperhatikan dalam pengelasan bawah tangan yaitu, kemiringan elektroda yaitu 10-20 derajat terhadap garis *vertical*

mengarah jalanya cairan elektroda. Sebelum proses pengelasan bendakerja kita bersihkan terlebih dahulu benda kerja dengan sikat baja, hilangkan kotoran seperti kerak yang menempel (Tarkono et al., 2010).



Gambar 2.2 Posisi Bawah Tangan
Sumber : Tarkono et al., 2010

2.3 Elektroda

Elektroda (kawat las) adalah suatu benda yang dipergunakan untuk melakukan pengelasan listrik yang berfungsi sebagai pembakar yang akan menimbulkan busur nyala. Elektroda terdiri dari dua bagian yaitu bagian yang berselaput (*fluks*) dan tidak berselaput yang merupakan pangkal untuk menjepitkan tang las. Fungsi dari *fluks* adalah untuk melindungi logam cair dari lingkungan udara, menghasilkan gas pelindung, menstabilkan busur. Bahan *fluks* yang digunakan untuk jenis E7018 adalah serbuk besi dan hidrogen rendah. Jenis ini kadang disebut jenis kapur. Jenis ini menghasilkan sambungan dengan kadar hidrogen rendah sehingga kepekaan sambungan terhadap retak sangat rendah, ketangguhannya sangat memuaskan .

Tabel 2.2 Spesifikasi Elektroda Standar *American Welding Society (AWS)*

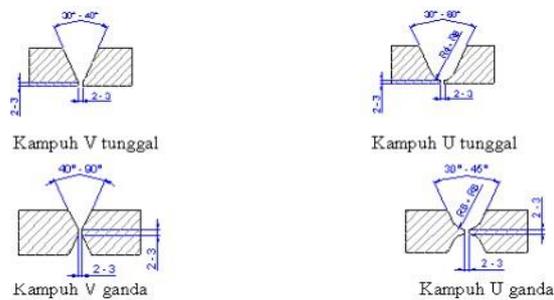
Diameter		Tipe Elektroda & Ampere yang digunakan		
Mm	Inch	E 6013	E 7018	E 7024
2,6	3/32	60-110	70-100	70-145
3,2	1/8	80-140	100-150	140-190
4	5/32	120-190	150-220	180-250
5	3/16	140-220	220-275	230-305
6,3	1/4	180-250	315-400	335-430
8	5/16	-	375-470	-

Sumber : Zainal et al., 2018

2.4 Jenis – Jenis Kampuh

Kampuh las merupakan bagian dari logam induk yang akan diisi oleh logam las, kampuh las awalnya adalah berupa hubungan las yang kemudian diisi dengan logam las. Sambungan las dengan menggunakan alur kampuh dikategorikan kedalam sambungan las tumpul. Sambungan las tumpul adalah jenis sambungan paling efisien. Pada kesempatan kali ini, kampuh yang digunakan penulis yaitu kampuh V

tunggal. Maksud dari kampuh V tunggal adalah hanya satu bagian saja yang di kampuh (tidak timbal balik).



Gambar 2.3 Jenis-Jenis Kampuh

Sumber : Suprijanto, 2005

2.5 Pengujian Merusak (*destructive test*)

Pengujian merusak adalah suatu pengujian bahan, tapi hasil akhir bahan tersebut akan cacat/rusak. Pengujian dengan merusak dilakukan dengan cara merusak benda uji dengan cara pembebanan, penekanan, penarikan sampai benda uji tersebut rusak. Dari pengujian ini akan diperoleh informasi tentang kekuatan benda. Pada kali ini, penulis mengambil salah satu dari pengujian merusak yaitu pengujian tarik. Pengujian tarik (*tensile test*) adalah pengujian kekuatan suatu material dengan menarik suatu bahan sampai putus. Pada *tensile test* suatu material akan mengalami kerusakan, karena *tensile test* adalah pengujian kekuatan material dengan menarik suatu material sampai putus. Jadi material yang di tes kekuatannya akan rusak. Material Baja kelas ST 52-3 adalah baja karbon rendah. Salah satu baja struktural kekuatan tinggi yang dapat dengan mudah di las ke baja lain yang dapat di las. Dengan setara karbon rendah, ia memiliki sifat pembentukan dingin yang baik. Baja ST 52-3 adalah jenis lembaran baja dibawah standar DIN yang digunakan untuk pembuatan kapal, jembatan dan lain-lain. Adapun kandungan material dan nilai kekuatan yang terdapat pada material *plate* baja ST 52-3 bisa kita lihat pada tabel 2.3 dan tabel 2.4.

Tabel 2.3 Kandungan Material

Kelas	Standar	C	Si	Mn	P	S	Nb	Al
ST52-3	DIN17100	max 0.20	0.15- 0.50	max 1.60	max 0.03	max 0.03	0.02- 0.04	0.02

Sumber : ST52-3 (Plate) Mechanical Properties

Tabel 2.4 Nilai Kekuatan Standar DIN17100

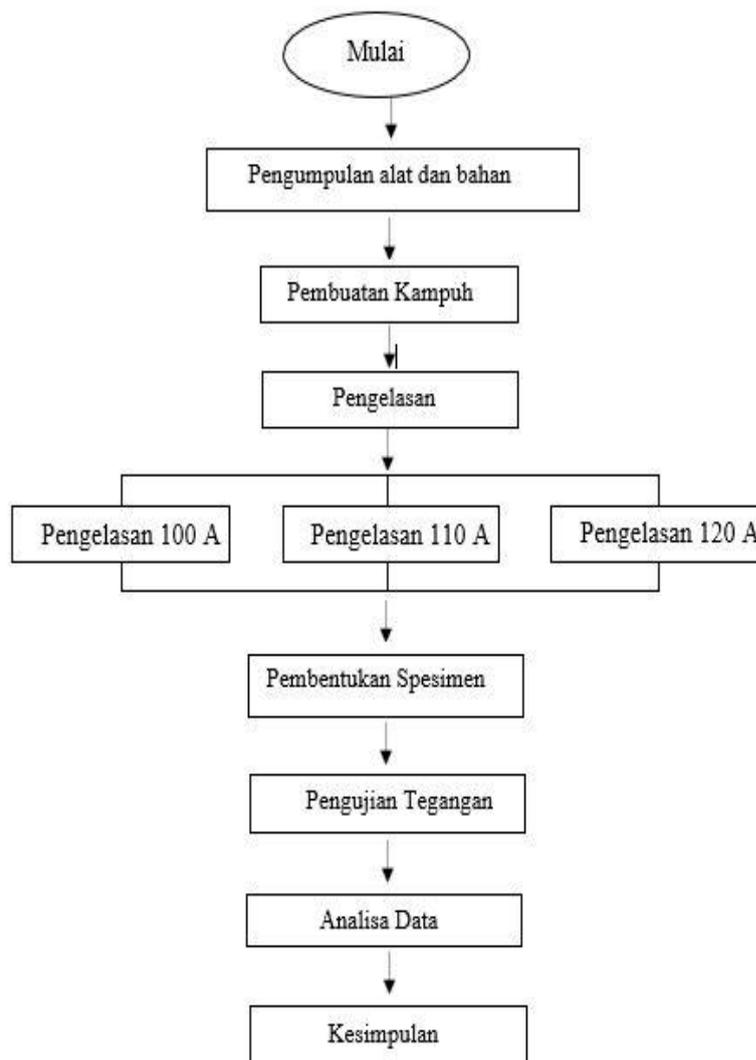
Thickness (mm)	Yield Strenght (N/mm ²)	Tensile Strenght (N/mm ²)	Elongation (%)
	not less than	not less than	not less than
10-60	330	510	22
60-100	330	510	22

Sumber : ST52-3 (Plate) Mechanical Properties

Dari tabel 2.4 diatas bisa kita lihat, bahwa nilai tersebut adalah nilai *tensile strenght* (kekuatan tarik) dan nilai *elongation* (regangan). Nilai tersebut adalah standar dari DIN17100. Jika nilai pengujian lebih tinggi dari nilai standar, maka kekuatan tarik dan kelenturan (regangan) material semakin bertambah tingkat kekuatan tersebut.

METODOLOGI PENELITIAN

Penulis melakukan *survey* data-data terkait penggunaan *Ampere* pada pengelasan menggunakan elektroda 7018 diameter 3,2 dengan metode SMAW yang selanjutnya untuk dijadikan acuan untuk di teliti.



Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian

3.1 Spesimen Uji Tarik

Material yang digunakan adalah *plate* ST 52-3 standar DIN17100 dengan ukuran tebal 10 mm. Sedangkan ukuran spesimen uji tarik yang dilakukan mengacu pada DIN 50 125 – E

3.2 Proses Pengelasan

3.2.1 Pemotongan *Plate*

Langkah ini adalah langkah utama dalam proses pengelasan. Material yang digunakan adalah baja ST52-3 berdimensi Panjang 300mm, lebar 120mm dan tebal 10mm. Kemudian dilakukan proses *cutting* sehingga dimensi menjadi panjang 150mm, lebar 100 dan tebal 10mm.

3.2.2 Pembuatan Kampuh

Kemudian dilakukan pembentukan kampuh pada *plate*. Sesudah dibuat kampuh, spesimen harus dibersihkan dari kotoran seperti debu, minyak, oli atau gemuk, karat, air dan lain sebagainya.

3.2.3 Pengelasan

Selanjutnya di las dengan las SMAW (*Shield Metal Arc Welding*) dengan prosedur dan cara pengelasan yang sesuai serta berdasarkan parameter yang telah ditentukan . Pengelasan untuk spesimen uji tarik dengan *ampere* 100, 110, dan 120. Elektroda yang digunakan pada penelitian ini adalah E7018 dengan diameter 3,2milli meter. Pada proses pengelasan ini adalah menggunakan posisi bawah tangan dan menggunakan sambungan *groove*. Pada pengelasan ini kampuh yang digunakan adalah kampuh V tunggal. Yang dimaksud dari kampuh V tunggal adalah pada huruf “V” menunjukkan bahwa penyambungan antara *plate* 1 dan *plate* 2 ituberbentuk huruf V pada daerah yang akan di las. Dan kata “tunggal” yaitu *plate* yang dikampuh hanya satu bagian saja (tidak timbal balik).

3.3 Pembentukan Spesimen Uji Tarik

Setelah selesai di las, *plate* di potong menggunakan mesin *Hydrolik cutting* dengan ukuran yang mendekati ukuran spesimen yaitu 300x40x10mm. Yang kemudian akan dibentuk sesuai dimensi spesimen. Proses pembentukan dilakukan untuk mencapai ukuran yang sesuai dengan dimensi yang telah ditentukan. Mesin yang digunakan adalah mesin sekrap.

3.4 Alat Uji Tarik

Alat uji tarik adalah salah satu alat uji mekanik untuk mengetahui kekuatan bahan terhadap gaya tarik. Dalam pengujiannya, bahan ditarik sampai putus. Adapun nama dari alat ini adalah *Universal Testing Machine*. Adapun prosedur yang dilakukan antara lain sebagai berikut :

1. Diukur dimensi benda uji, kemudian masukkan ukuran dimensi tersebut
2. Benda uji dipasang dengan hati-hati pada *grip* mesin uji tarik.
3. Dimulai penarikan dan diperhatikan dengan baik mekanisme deformasi yang terjadi pada benda uji serta tampilan grafik beban perpanjangan yang terlihat dari monitor. Diteruskan pengamatan hingga terjadinya beban maksimum dan putusnya benda uji.
4. Jika sudah putus, maka data perpanjangan, beban maksimum dan titik putus akan timbul ditampilan layer monitor.
5. Berikutnya lepaskan benda uji dari *grip* mesin uji, disatukan Kembali patah benda uji dan ukurlah panjang akhir (*Lf*) untuk mengetahui pertambahan panjang pada benda uji.
6. Penguji tarik dilakukan sebanyak 3 kali pada tiap hasil pengelasan dengan parameter yang berbeda.

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengelasan

Pada hasil pengelasan ini kemudian dilakukan proses pendinginan dengan media pendingin udara. Dan *ampere* yang digunakan adalah 100 A, 110 A dan 120 A. Kemudian *plate* dipotong menjadi beberapa bagian dengan menggunakan mesin *cutting*.



Gambar 4.1 Hasil Pengelasan Pengujian

4.1.1 Hasil Pembentukan Spesimen

Ini adalah hasil pembentukan spesimen yang sesuai dengan ukuran dimensi spesimen yang telah ditentukan. Setelah proses ini selesai, maka spesimen siap untuk dilakukan pengujian.



Gambar 4.2 Hasil Pembentukan

4.2 Hasil Uji Tarik (*Tensile Test*)

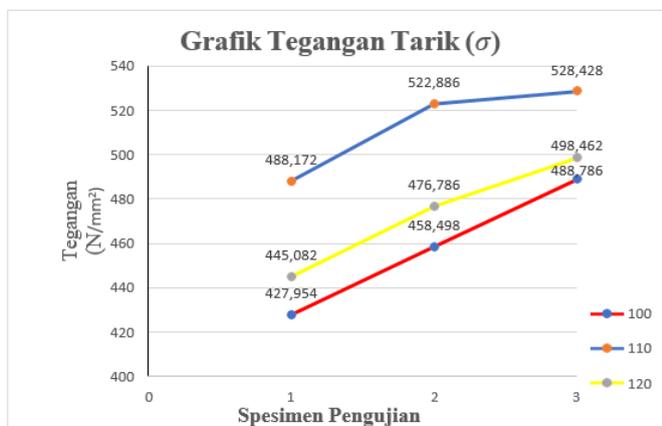
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Tarik

No	Gambar	Spesimen	Ampere	Keterangan
1		Spesimen I	100 A	Material putus di area pengelasan, karena kekuatan lasan kalah dengan kekuatan material

2		Spesimen II	110 A	Material putus dibagian material, karena kekuatan lasan lebih kuat dari kekuatan material
3		Spesimen III	120 A	Material putus di area HAZ, karena kekuatan lasan lebih kuat dari kekuatan material, tetapi hasil yang didapatkan kurang maksimal
4		Spesimen I	100 A	Material putus di area pengelasan, karena kekuatan lasan kalah dengan kekuatan material
5		Spesimen II	110 A	Material putus dibagian material, karena kekuatan lasan lebih kuat dari kekuatan material
6		Spesimen III	120 A	Material putus di area HAZ, karena kekuatan lasan lebih kuat dari kekuatan material, tetapi hasil yang didapatkan kurang maksimal
7		Spesimen I	100 A	Material putus di area pengelasan, karena kekuatan lasan kalah dengan kekuatan material

8		Spesimen II	110 A	Material putus dibagian material, karena kekuatan lasan lebih kuat dari kekuatan material
9		Spesimen III	120 A	Material putus di area pengelasan, karena kekuatan lasan kalah dengan kekuatan material

Kekuatan tarik hasil las baja ST 52-3 menggunakan elektroda E7018 dengan *ampere* 100 memiliki nilai kekuatan tarik rata-rata sebesar $458,412 \text{ N/mm}^2$. Pada *ampere* 110 memiliki nilai kekuatan tarik rata-rata sebesar $513,162 \text{ N/mm}^2$, dan pada *ampere* 120 memiliki nilai kekuatan tarik rata-rata sebesar $473,431 \text{ N/mm}^2$. Dari ke tiga *ampere* di atas, yang memiliki nilai tarik paling kuat adalah pada *ampere* 110 dengan nilai paling besar terdapat pada spesimen 3 dengan nilai $528,428 \text{ N/mm}^2$. Karena nilai rata-rata dari *ampere* 110 yaitu lebih dari nilai standar yang digunakan.



Gambar 4.3 Grafik Tegangan Tarik

KESIMPULAN

Pengaruh yang terjadi pada hasil lasan jika penggunaan *ampere* tidak tepat ialah akan menimbulkan cacat las, penetrasi yang tidak maksimal, kekuatan lasan akan kalah dengan kekuatan material sehingga lasan menjadi rapuh dan mudah putus, dan terjadi lebarnya diameter pengelasan. Hasil dari pengujian tarik yang telah dilakukan, *ampere* yang tepat pada posisi pengelasan *down hand* dengan menggunakan elektroda E7018 diameter 3,2 pada material ST52-3 plate 10 milli meter yaitu *ampere* 110 A, karena hasil yang didapatkan sesuai dengan standar yang digunakan dengan penulis. Studi lebih lanjut perlu dilakukan untuk mengetahui nilai regangan dan titik putus serta besar derajat cacat las.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahcmad, T., & Yohanes. (2019). Kaji Eksperimental Variasi Arus Dan Polaritas Pengelasan. *Jom FTEKNIK*, 6(1), 1–5. <https://jom.unri.ac.id/index.php/JOMFTEKNIK/article/view/24121/23351>
- Al-fadhlah, K. J., & Paradowska, A. (2014). Effect of welding polarity on bead geometry, microstructure, micro hardness, and residual stresses of 1020 steel. *Journal of Engineering Research*, 2(4), 137–160. <https://doi.org/10.7603/s40632-014-0029-5>
- Almuzikri, W. A. (2021). Analisis pengaruh variasi arus terhadap kekuatan tarik dan kekerasan pada pengelasan material SM 400 B. *Journal of Welding Technology*, 3(2), 40–46. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.30811/jowt.v3i2.2510>
- Biodun, owolabi O., Metu, C. S., Aduloju, S., & Chukwunyelu, E. C. (2016). Evaluation of the Effects of Welding Current on Mechanical Properties of Welded Joints Between Mild Steel and Low Carbon Steel. *American Journal of Metallurgical and Materials Engineering*, 1(January), 1–4. https://www.researchgate.net/publication/308728168_Evaluation_of_the_Effects_of_Welding_Current_on_Mechanical_Properties_of_Welded_Joints_Between_Mild_Steel_and_Low_Carbon_Steel
- Bodude, M. A., & Momohjimoh, I. (2015). Studies on Effects of Welding Parameters on the Mechanical Properties of Welded Low-Carbon Steel. *Journal of Minerals and Materials Characterization and Engineering*, 3(May), 142–153. <https://doi.org/http://www.scirp.org/journal/jmmce>
<http://dx.doi.org/10.4236/jmmce.2015.33017> Studies
- Hamid, A. (2016). Analisa Pengaruh Arus Pengelasan Smaw Pada Material Baja Karbon Rendah Terhadap Kekuatan Material Hasil Sambungan. *Jurnal Teknologi Elektro*, 7(1), 26–36. <https://doi.org/https://dx.doi.org/10.22441/jte.v7i1.813>
- Harsono, H., Respati, S. M. B., & Purwanto, H. (2019). Analisis Pengelasan Smaw Tegangan Dc Terhadap Kekuatan Tarik, Kekerasan, Foto Makro Dan Mikro Pada Stainless Steel 304. *Majalah Ilmiah Momentum*, 15(1). <https://doi.org/DOI:10.36499/jim.v15i1.2662>
- Hisey, D., & Kroll, M. W. (2021). *Understanding Why DC Welding Machines Kill* (Issue July). https://www.researchgate.net/publication/353437159_Understanding_Why_DC_Welding_Machines_Kill
- L.S.S.K.Weerasekaralage, Pathirana, S., & Karunaratne, M. (2019). Technical Papers. *Annual Sessions of IESL, October*. https://www.researchgate.net/publication/339927117_Optimization_of_Shielded_Metal_Arc_Welding_SMAW_process_for_mild_steel
- Liu, H., & Hu, Y. (2022). Welding. In *Encyclopedia of Materials: Metals and Alloys* (3rd ed., pp. 39–65). elsevier. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819726-4.00143-5>
- Marwanto, A. (2005). *Shield Metal Arc Welding*. <http://staffnew.uny.ac.id/upload/132299864/pengabdian/Materi+PPM+SMAW+ac>

eh.pdf

- Olabi, A. G., Lostado, R., & Benyounis, K. (2014). Review of Microstructures , Mechanical Properties , and Residual Stresses of Ferritic and Martensitic Stainless-Steel Welded Joints. In *Comprehensive Materials Processing* (Vol. 6, pp. 181–192). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-096532-1.00617-8>
- Pandapotan, P. O. P. (2019). *Pengaruh variasi arus dan jenis elektroda terhadap cacat las pada baja st 60 hasil proses pengelasan smaw (shielded metal arc welding)* [Universitas Sumatera Utara]. <https://repositori.usu.ac.id/handle/123456789/25076>
- Suprijanto, D. (2005). Studi Pengaruh Bentuk Kampuh terhadap Kekerasan pada Lasan MIG Baja Karbon Rendah Plat Kapal. *Prosiding PPI PDIPTN*, 251–256. <https://123dok.com/document/qoonw2jq-study-pengaruh-bentuk-kampuh-kekerasan-lasan-karbon-rendah.html>
- Tarkono, Sugiyanto, & Andriyanto. (2010). Studi Kekuatan Sambungan Las Baja AISI 1045 dengan Berbagai Metode Posisi Pengelasan. *Jurnal Mechanical*, 1(1), 43–53. <http://journal.eng.unila.ac.id/index.php/mech/article/view/185/179>
- Zainal, M., Suardy, & Suryadi. (2018). Analisis perbandingan kualitas las SMAW Kampuh V dengan Uji Bending pada Baja ST 37. *TEKNOLOGI*, 19(1), 45–49. <https://ojs.unm.ac.id/teknologi/article/view/7860>