

Investigasi Pengaruh Kuat Arus Terhadap Kekuatan Tarik Material ST 42 Pada Pengelasan GTAW Menggunakan Kampuh V

Dion Prakoso¹, Am. Mufarrih², Irwan Setyowidodo³

^{1,2,3}Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Nusantara PGRI Kediri

E-mail: ¹[*¹dionp0813@gmail.com](mailto:dionp0813@gmail.com), ²mufarrih@unpkediri.ac.id, ³Irwansetyowidodo@gmail.com

Abstrak - Pengerjaan pengelasan dalam industri konstruksi saat ini meningkat pesat. Banyak teknik pengelasan yang telah dipergunakan secara luas dalam penyambungan batang-batang pada konstruksi bangunan baja dan konstruksi mesin. Salah satu jenis pengelasan adalah Gas Tungsten Arc Welding (GTAW) atau biasa yang disebut Tungsten Inert Gas (TIG). Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh variasi kuat arus pada las TIG terhadap kekuatan tarik material ST 42. Desain penelitian menggunakan faktorial L_9 dengan tiga kali replikasi kemudian dianalisa menggunakan ANOVA. Variabel bebas penelitian ini adalah kuat arus sebesar 80 A, 100 A dan 120 A. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kekuatan tarik terbesar diperoleh dari variasi kuat arus 120A dengan nilai rata-rata sebesar 54,83 Kg/mm². Analisa data menjelaskan bahwa variasi kuat arus berpengaruh signifikan terhadap kekuatan tarik dengan nilai $F_{hitung} > F_{tabel}$ dan $P\text{-Value} < \text{nilai signifikan } 0,05$.

Kata Kunci - Kekuatan Tarik, Kuat Arus, ST 42, GTAW

1. PENDAHULUAN

Sekarang ini banyak teknik pengelasan telah dipergunakan secara luas dalam penyambungan batang-batang pada konstruksi bangunan baja dan konstruksi mesin. Luasnya penggunaan teknologi ini karena disebabkan adanya bangunan dan mesin yang dibuat dengan menggunakan teknik penyambungan ini menjadi lebih mudah dan, lebih ringan dan proses pembuatannya juga lebih sederhana sehingga keseluruhan biaya operasional yang dikeluarkan lebih murah dan cukup menguntungkan. Dari perkembangan yang sangat pesat ini telah banyak teknologi baru yang ditemukan, sehingga boleh dikatakan hampir tidak ada logam yang tidak dapat disambung atau dilas dengan cara-cara yang ada pada saat ini.

Pengelasan adalah penyambungan logam dimana logam menjadi satu akibat las, dan dengan itu tanpa pengaruh tekanan, dan tanpa logam pengisi. Berdasarkan dari *Duetch Industrie Normen* (DIN) las adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam yang di gunakan dalam keadaan cair. Dari definisi tersebut telat dapat dijelaskan lebih lanjut lagi bahwa las adalah sambungan setempat dari beberapa batang logam dengan menggunakan energi panas [1].

Di samping untuk penyambungan (*joining*), proses las dapat juga untuk reparasi misalnya untuk membuat lapisan keras pada perkakas, melapisi/mempertebal bagian-bagian yang sudah aus, dan macam-macam reparasi lainnya. Prosedur pengelasan yang kelihatannya sangat sederhana ini, tetapi sebenarnya di dalamnya banyak masalah-masalah yang harus diatasi maka dari itu memerlukan berbagai macam pengetahuan. Oleh

sebab itu pengelasan menjadi sangatlah penting dan membutuhkan penanganan yang serius dalam penggunaannya, karena dalam proses pengelasan dapat menyebabkan hasil yang kurang maksimal dan hasil pengelasan buruk yang dapat menyebabkan kerugian yang cukup besar.

Dari beberapa jenis pengelasan yang digunakan, salah satunya adalah *gas tungsten arc welding* (GTAW). Las TIG adalah proses pengelasan dengan las busur nyala yang dihasilkan oleh elektroda tetap yang terbuat dari *tungsten* sebagai bahan penambah terbuat dari bahan yang sama dengan bahan yang dilas dari pistol las (*welding gun*) [2]. Dari semua jenis logam yang ada saat ini, tidak semua jenis logam memiliki sifat mampu las yang baik dan dapat dilas dengan semua jenis pengelasan. Bahan yang mempunyai sifat mampu las yang cukup baik diantaranya adalah baja tahan karat. Baja tahan karat ini dapat dilas dengan semua metode pengelasan yang ada, dan mempunyai daya retak las yang rendah dibandingkan dengan baja karbon yang lainnya.

Baja tahan karat merupakan baja yang banyak digunakan seperti pada konstruksi bangunan, untuk pipa dan juga digunakan dalam bidang otomotif sebagai *body* dari kendaraan terutama banyak digunakan di kendaraan mobil. Hal ini disebabkan selain mudah dikerjakan dengan proses pemesinan dan mudah dibentuk tidak begitu sulit, baja tahan karat ini juga memiliki sifat mampu las yang cukup baik. Kekuatan hasil lasan dipengaruhi beberapa parameter yang ada dalam pengelasan, seperti: besar arus, besarnya penembusan, tangan busur, diameter inti elektroda, bahan yang dilas, ketelitian sambungan, geometri sambungan dan lain-lain.

Pada saat ini banyak jenis pengelasan yang digunakan. Salah satunya adalah *Gas Tungsten Arc Welding (GTAW)* atau biasa yang disebut *Tungsten Inert Gas (TIG)*. TIG adalah suatu proses pengelasan dengan menggunakan busur nyala yang dihasilkan oleh elektroda tetap yang terbuat dari *tungsten*. Sedangkan bahan penambah terbuat dari bahan yang sama atau sejenis dengan bahan yang akan dilas dan terpisah dari pistol las. Gas pelindung yang digunakan dalam pengelasan biasanya berupa gas kekal (99% Argon). Las TIG dapat menjangkau proses pengelasan yang luas dan mempunyai kemampuan yang tinggi untuk menyatukan logam, serta dapat pula mengelas pada segala posisi pengelasan dengan kepadatan yang tinggi. Daya busurnya tidak bergantung pada bahan tambah yang diperlukan, sehingga las TIG dimungkinkan dipakai untuk mengelas berbagai jenis logam.

Faktor yang mempengaruhi las adalah prosedur dan teknik pengelasan. Prosedur pengelasan yaitu suatu perencanaan untuk pelaksanaan penelitian yang meliputi cara pembuatan konstruksi las yang sesuai rencana dan spesifikasi dengan menentukan semua hal yang diperlukan dalam pelaksanaan tersebut. Prosedur pengelasan antara lain pemilihan parameter las seperti: tegangan busur las, besar arus las, penetrasi, kecepatan pengelasan dan beberapa kondisi standart pengelasan seperti: bentuk alur las, tebal pelat, jenis elektroda, dimana parameter-parameter tersebut mempengaruhi sifat mekanik logam las [1].

Luasnya penggunaan teknologi ini disebabkan adanya bangunan dan mesin yang dibuat dengan menggunakan teknik penyambungan ini menjadi lebih mudah dan, lebih ringan dan proses pembuatannya juga lebih sederhana sehingga keseluruhan biaya operasional yang dikeluarkan lebih murah dan cukup menguntungkan. Prosedur pengelasan yang kelihatannya sangat sederhana ini, tetapi sebenarnya di dalamnya banyak masalah-masalah yang harus diatasi maka dari itu memerlukan berbagai macam pengetahuan. Oleh sebab itu pengelasan menjadi sangatlah penting dan membutuhkan penanganan yang serius dalam penggunaannya, karena dalam proses pengelasan dapat menyebabkan hasil yang kurang maksimal dan hasil pengelasan buruk yang dapat menyebabkan kerugian yang cukup besar.

Penelitian yang menggunakan desain faktorial dan ANOVA pernah dilakukan oleh Mufarrih [3] pada proses pemesinan gudi dengan material KFRP komposit. Penelitian tersebut bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi parameter proses gudi terhadap kekasaran permukaan. Rancangan percobaan ditetapkan dengan menggunakan metode faktorial yang berupa matriks ortogonal $L_9 (3^2)$ dan replikasi sebanyak dua kali. Parameter proses gudi yang divariasikan adalah kecepatan makan (50 mm/menit, 115 mm/menit dan 180mm/menit) dan kecepatan potong (47,1m/menit, 62,8 m/menit dan 78,5 m/menit). Respon yang diteliti adalah

kekasaran permukaan lubang hasil penggurdian. Pahat yang digunakan adalah *twist drill HSSNACHI*. Analysis of variance (ANOVA) digunakan untuk mengetahui parameter parameter proses yang memiliki pengaruh secara signifikan dan besarnya kontribusi terhadap respon yang diteliti.

Penelitian tentang pengelasan TIG juga sudah dilakukan oleh Kurniawan [4]. Penelitian tersebut meneliti tentang pengaruh model kampuh dan jenis *Filler Metal* terhadap kekuatan tarik pada bahan *stainless steel AISI 304*. Hasil analisis data yang dilakukan untuk hipotesis pengaruh model kampuh terhadap kekuatan tarik *stainless steel 304* diperoleh kesimpulan bahwa $JK_{0,304} > 0,05$ sehingga hipotesis nihil diterima. Kekuatan tarik hasil las *TIG (Tungsten Inert Gas)* pada bahan *stainless steel 304* dengan menggunakan jenis kampuh (K dan X) tidak mempunyai perbedaan yang berarti, sedangkan untuk hipotesis pengaruh jenis *filler metal* terhadap kekuatan tarik bahan *stainless steel 304* ditinjau dari taraf signifikansinya yang digunakan yaitu 0,05 diperoleh kesimpulan bahwa $JF_{0,290} > 0,05$ sehingga hipotesis nihil diterima. Kekuatan tarik hasil las *TIG (Tungsten Inert Gas)* pada bahan *stainless steel 304* dengan menggunakan jenis *filler metal (ER 308 L dan ER 316 L)* tidak mempunyai perbedaan yang berarti. Pengaruh interaksi antara model kampuh dan Jenis *filler metal* terhadap kekuatan uji tarik bahan *stainless steel AISI 304* Dilihat dari taraf signifikansi yang digunakan yaitu 0,05%, diperoleh kesimpulan bahwa $JK * JF_{0,085} > 0,05$ sehingga Hipotesis Nihil (H_0) diterima dan (H_1) ditolak, kekuatan tarik hasil las *TIG (Tungsten Inert Gas)* pada bahan *stainless steel AISI 304* dengan interaksi antara jenis kampuh dan jenis *filler metal* tidak mempunyai perbedaan yang berarti.

Penelitian terdahulu yang dilakukan Galih [5] yang berjudul "Pengaruh Variasi kuat arus pengelasan *tungsten inert gas (TIG)* terhadap kekuatan tarik dan struktur mikro baja karbon medium". Tujuan penelitian ini untuk mengetahui kekuatan tarik hasil pengelasan TIG pada baja karbon medium dengan menggunakan variasi kuat arus yang berbeda. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, diketahui bahwa kekuatan tarik tertinggi terdapat pada material hasil pengelasan 200 ampere dengan nilai rata-rata kekuatan tarik sebesar 680 Mpa. Sedangkan kekuatan tarik terendah terdapat pada material hasil pengelasan 160 ampere dengan nilai rata-rata kekuatan tarik sebesar 573,33 Mpa.

Penelitian tentang kekuatan tarik juga pernah dilakukan oleh Saifudin [6] dengan judul "Pengaruh preheat terhadap strukturmikro dan kekuatan tarik las logam tak sejenis baja tahan karat austanitik AISI 304 dan baja karbon A36". Tujuan penelitian ini adalah untuk meningkatkan sifat mekanik las melalui pemberian panas awal. Pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan 3 variasi temperature panas awal yaitu 125°C, 225°C, dan 325°C. Hasil penelitian yang dilakukan

menunjukkan nilai kekerasan bervariasi sesuai metalurgis, yaitu daerah las, *HAZ* dan logam induk. *Preheat* menurunkan kekerasan sambungan las disertai dengan peningkatan keuletan las.

Tungsten Inert Gas (*TIG*) adalah suatu proses pengelasan dengan menggunakan busur nyala yang dihasilkan oleh elektroda tetap yang terbuat dari tungsten. Elektroda ini digunakan hanya untuk menghasilkan busur nyala listrik, sedangkan bahan penambah terbuat dari bahan yang sama atau sejenis dengan bahan yang akan dilas dan terpisah dari pistol las.

Menurut Wiryosumarto [7], penggunaan las *TIG* mempunyai dua keuntungan, yaitu pertama kecepatan pengumpanan logam pengisi dapat diatur terlepas dari besarnya arus listrik sehingga penetrasi kedalam logam pengisi dapat diatur sesuai kebutuhan. Keuntungan yang kedua adalah kualitas yang lebih baik dari daerah las. Oleh karena itu, maka *TIG* biasa digunakan untuk pengelasan baja-baja berkualitas tinggi seperti baja tahan karat, baja tahan panas dan untuk mengelas logam-logam bukan baja. Beberapa hal yang perlu diperhatikan pada pengelasan *TIG* seperti elektroda, polaritas dan gas pelindung dapat dijelaskan sebagai berikut.

a. Elektroda

Las busur gas biasanya biasanya dibagi dalam dua kelompok besar yaitu kelompok Elektroda tak terumpan dan kelompok elektroda terumpan. Kelompok elektroda tak terumpan menggunakan batang *wolfram* sebagai elektroda yang dapat menghasilkan busur listrik tanpa ikut mencair, sedangkan kelompok elektroda terumpan sebagai elektrodanya digunakan kawat las. Elektroda pada *TIG* termasuk elektroda tidak terumpan (*non consumable*) berfungsi sebagai tempat tumpuan terjadinya busur listrik.

b. Polaritas

Pengelasan *TIG* dapat menggunakan sumber arus listrik *DC* atau listrik *AC*. Arus listrik *DC* rangkaian listriknya dapat dengan polaritas lurus dimana kutub positif dihubungkan dengan logam induk dan kutub negatif dengan batang elektroda atau rangkaian sebaliknya yang disebut polaritas terbalik.

c. Gas Pelindung

Fungsi utama dari gas pelindung adalah melindungi logam las dari kontaminasi udara luar, disamping itu juga sebagai fluida pendingin elektroda tungsten. Gas pelindung yang digunakan biasanya gas mulia yang sulit sekali bereaksi dengan udara luar. Tetapi kadang-kadang dipakai juga gas yang lain seperti Nitrogen (N_2), Oksigen (O_2), dan Karbondioksida (CO_2). Gas pelindung yang biasanya digunakan pada *GTAW* adalah gas mulia Argon (Ar), Helium (He), atau campuran keduanya.

Helium merupakan gas mulia yang tidak mudah bereaksi dengan unsur lainnya. Konduktivitas

panas helium lebih tinggi dari argon, sehingga pemindahan panas melalui busur lebih besar, akibatnya helium lebih cocok untuk proses pengelasan logam yang lebih tebal, dan logam yang mempunyai konduktivitas panas yang tinggi seperti aluminium, tembaga, magnesium. Tegangan busur lebih tinggi jika menggunakan helium dan banyak terjadi percikan serta penetrasi yang dihasilkan dangkal.

Argon adalah gas mulia yang stabil, sulit bereaksi dengan unsur lainnya. Argon sebagai gas pelindung membuat busur lebih stabil dan percikan berkurang. Argon lebih mudah mengion atau terionisasi dibandingkan dengan helium, sehingga argon dapat dianggap sebagai konduktor listrik. Konduktivitas panas argon rendah, menyebabkan pengaliran panas melalui busur lambat. Oleh sebab itu sangat baik untuk pengelasan logam yang tipis.

Berdasarkan uraian di atas, perlu dilakukan penelitian tentang kekuatan tarik pada proses las *TIG*, material yang digunakan pada penelitian ini adalah baja St 42.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental. Penelitian eksperimental bertujuan untuk mengungkapkan hubungan sebab akibat antar variabel dengan mengadakan manipulasi terhadap objek penelitian [8]. Desain penelitian menggunakan faktorial L_9 dengan replikasi sebanyak dua kali. ANOVA digunakan untuk menganalisis data penelitian ini.

2.1 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian adalah sebagai berikut:

- Mesin las *TIG*
- Peralatan pengelasan
- Penggaris
- Jangka sorong
- Bevel
- Ampelas
- Mesin gergaji
- Mesin frais
- Alat uji tarik

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah material ST 42 dengan ukuran panjang 300 mm, lebar 50 mm, tebal 8 mm. Sedangkan elektroda yang digunakan untuk pengelasan yaitu filler AWS/SFA A5.28 ER 70 S 6 dengan diameter 0,8 mm.

2.2. Rancangan Percobaan

Pengaturan variasi kuat arus pada proses uji tarik dirujuk dari penelitian-penelitian sebelumnya. Pengaturan variasi kuat arus menggunakan metode *full factorialorthogonal array L₉*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Adapun hasil penelitian tentang pengaruh kuat arus terhadap kekuatan tarik material ST 42 pada pengelasan GTAW dapat dilihat pada Tabel 1. sebagai berikut.

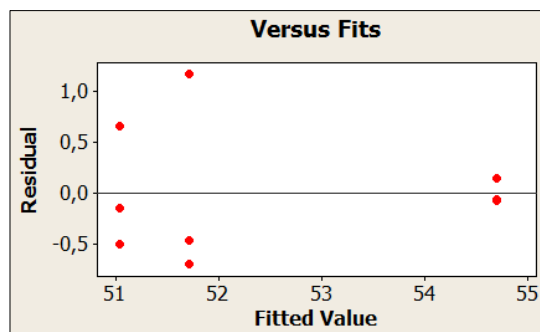
Tabel 1. Hasil Penelitian

No.	Variasi Kuat Arus	Kekuatan Tarik (Kg/mm ²)		
		1	2	3
1	80	51,39	50,80	50,50
	80	52,92	51,12	51,11
	80	59,16	43,99	48,48
2	100	51,85	53,45	53,37
	100	51,14	50,57	51,32
	100	51,27	51,84	50,63
3	120	54,17	53,48	56,84
	120	54,99	53,77	55,14
	120	55,56	52,72	55,57

Untuk mengetahui apakah kuat arus mempunyai pengaruh terhadap kekuatan tarik material ST 42 dilakukan *Analysis of variance* (ANOVA). ANOVA mensyaratkan bahwa residual harus memenuhi tiga asumsi, yaitu bersifat identik, independen dan berdistribusi normal.

3.1 Uji Identik

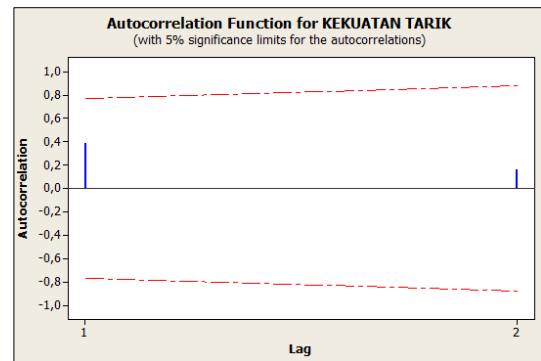
Gambar 1, menunjukkan bahwa *residual* tersebar secara acak disekitar harga nol dan tidak membentuk pola tertentu. Dengan demikian asumsi residual identik terpenuhi.



Gambar 1. Plot Residual Kekuatan Tarik

3.2 Uji Independen

Pengujian independen pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan *auto correlation function* (ACF). Berdasarkan *plot* ACF yang ditunjukkan pada Gambar 2, tidak ada nilai ACF pada tiap *lag* yang keluar dari batas interval. Hal ini membuktikan bahwa tidak ada korelasi antar residual artinya residual bersifat independen.



Gambar 2. Plot AFC Pada Respon Kekuatan Tarik

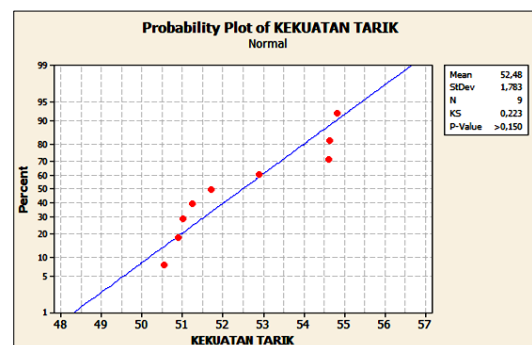
3.3 Uji Kenormalan

Uji kenormalan residual dilakukan dengan menggunakan uji *Kolmogorov-Smirnov*. Hipotesis yang digunakan adalah:

H_0 : Residual berdistribusi normal

H_1 : Residual tidak berdistribusi normal

H_0 ditolak jika *p-value* lebih kecil dari pada $\alpha = 0,05$. Gambar 3 menunjukkan bahwa dengan uji *Kolmogorov-Smirnov* diperoleh: *p-value* sebesar 0,150 yang berarti lebih besar dari $\alpha = 0,05$. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa H_0 gagal ditolak atau *residual* berdistribusi normal.



Gambar 3. Plot Uji Distribusi Normal Pada Respon Kekuatan Tarik

3.4 Analysis of Variance (ANOVA)

Dengan hipotesis:

H_0 : $\tau_1 = \tau_2 = 0$ (rata-rata sampel tiap perlakuan sama)

H_1 : $\tau_i \neq 0$ (ada perlakuan yang rata-ratanya tidak sama).

Hipotesa awal akan ditolak apabila nilai F_{hitung} melebihi nilai $F_{\alpha, a-1, N-a}$, dimana a adalah banyak replikasi di tiap level faktor dan N adalah banyaknya seluruh pengamatan. Untuk mendapatkan nilai $F_{\alpha, a-1, N-a}$. Selain menggunakan nilai F , kita bisa pula menggunakan *p-value*. Hipotesis awal akan ditolak apabila *p-value* kurang dari α . Dalam penelitian ini α yang dipakai bernilai 5%. Penarikan kesimpulan menggunakan *p-value* untuk kekuatan tarik. Berdasarkan tabel distribusi untuk $F_{(0,05, 2, 24)}$ adalah 3,4.

Analisis variasi (ANOVA) digunakan untuk mengetahui pengaruh variableprores yang memiliki pengaruh signifikan terhadapkekasaran permukaan. Analisis variasi (ANOVA) untuk kekuatan tarik dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2. Analisa Variasi Variabel Proses Terhadap Kekuatan Tarik

General Linear Model: KEKUATAN TARIK versus ARUS						
Factor	Type	Levels	Values			
ARUS	fixed	3	80; 100; 120			
Analysis of Variance for KEKUATAN TARIK, using Adjusted SS for Tests						
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
ARUS	2	22,579	22,579	11,289	23,73	0,001
Error	6	2,854	2,854	0,476		

Hipotesis nol dan hipotesis alternatif yang digunakan pada uji hipotesis dengan menggunakan distribusi F adalah sebagai berikut:

1. Untuk variable bebas (kuat arus)

$$H_0 : \alpha_1 = \alpha_2$$

$$H_1 : \alpha_1 \neq \alpha_2$$

Kesimpulan: $F_{hitung} = 23,73 > F_{(0,05;2,24)} = 3,4$ maka H_0 ditolak, artinyaada pengaruh variable bebas (kuat arus) terhadap kekuatan tarik, dengan tingkat keyakinan 95%.

Berdasarkan uji hipotesis distribusi F, maka variabel bebas mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap kekuatan tarik. Kesimpulan pengaruh untuk variabel bebas terhadap kekuatan tarik ditunjukkan pada tabel 3 sebagai berikut:

Tabel 3. Kesimpulan Pengaruh Variabel Bebas Terhadap Kekuatan Tarik

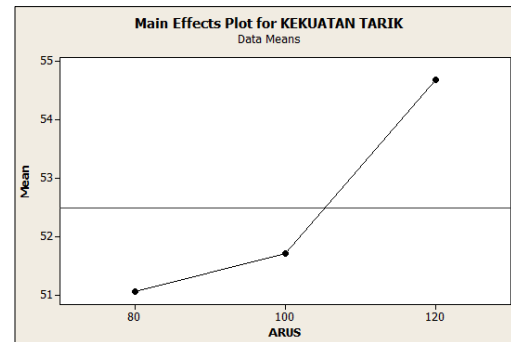
Variasi	Kesimpulan
Kuat arus	Berpengaruh

P-value menunjukkan variabel proses mana yang mempunyai pengaruh yang signifikan terhadapkekuatan tarik. *P-value* yang lebih kecil dari *level of significant* (α) mengindikasikan bahwa variabel bebas tersebut memiliki pengaruh yang signifikan terhadap respon. Dalam penelitian ini α yang dipakai bernilai 5%. Penarikan kesimpulan menggunakan *p-value* untuk kekuatan tarik yangsignifikan terhadap respon. Dalam penelitian ini α yang dipakai bernilai 5%. Penarikan kesimpulan menggunakan *p-value* untuk kekuatan tarik yang ditunjukkan pada Tabel 2 adalah sebagai sebagai berikut:

Untuk variabel bebas kuat arus.

$P-value = 0,001 < \alpha = 0,05$, maka secara statistik variabel kuat arus memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kekuatan tarik, dengan tingkat keyakinan 95%.

Berdasarkan uji hipotesis distribusi *P*, maka variabel bebas mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap kekuatan tarik.



Gambar 4. Main Effects Plot For Kekuatan Tarik

Pada gambar 4 dapat dijelaskan bahwa:

Semakin besar kuat arus kekuatan tarik yang diperoleh semakin besar,ada pengaruh yang signifikan (nilai $F < F_{tabel}$).

4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis data dari pengujian tarik, maka dapat disimpulkan bahwa:Kuat arus berpengaruh terhadap kekuatan tarik dengan hasil dari analisa variansi untuk nilai F_{hitung} lebih besar dari F_{tabel} atau *P-value* lebih kecil dari nilai signifikan ($0,05 = 5\%$). Untuk uji tarik yang telah dilakukan nilai rata rata kuat arus tertinggi adalah 120A, kuat arus 80A menghasilkan nilai terendah.

5. SARAN

Beberapa saran untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Disarankan untuk memberikan variasi lain, misalnya diberikan pemanasan awal pada spesimen sebelum dilakukan pengujian atau memberikan variasi sudut kampuh.
2. Disarankan untuk menggunakan variasi dan rentang arus yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Wiryosumarto, H. 2000. *Teknologi Pengelasan Logam*. Jakarta: Erlangga.
- [2] Widharto, Sri. 2006. *Petunjuk Kerja Las*, cetakan ke 6.Jakarta: Pradnya Paramita.
- [3] Mufarrih, Am. 2017. *Pengaruh Parameter Proses Gurdi Terhadap Kekasaran Permukaan Pada Material KFRP Komposit*. Seminar Nasional Inovasi Teknologi UN PGRI Kediri. Vol. 1.
- [4] Kurniawan, Dedi. 2013. *Pengaruh Model Kampuh Dan Jenis Filler Metal Terhadap*

- Kekuatan Uji Tarik Pada Bahan Stainless Steel AISI 304*. Malang, Universitas Negeri Malang.
- [5] Pamungkas, Galih. 2016. *Pengaruh Variasi kuat arus pengelasan tungsten inert gas (TIG) terhadap kekuatan tarik dan struktur mikro baja karbon medium*. Universitas Lampung.
- [6] Saifudin dan Mochammad Noer Ilman. 2011. *Pengaruh Preheat terhadap Struktur Mikro dan Kekuatan Tarik Las Logam Tak Sejenis Baja Tahan Karat Austeniti AISI 304 dan Baja Karbon A36*. Artikel Ilmiah, Hlm. 1-5. Yogyakarta, Universitas Gadjah Mada.
- [7] Wiryosumarto dan T. Okumura. 2000. *Teknologi Pengelasan Logam*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- [8] Sugiyono. 2010. *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif & RND*. Bandung: Alfabeta