



PENGARUH PENGATURAN KUAT ARUS DAN VOLTASE TERHADAP KEKUATAN TARIK PADA PENGELASAN BIMETAL PLAT BAJA KARBON RENDAH DAN *STAINLESS STEEL 304* DENGAN LAS *GMAW*

Sarjiyana^{1*}, Subagiyo¹, Lisa Agustriyana¹

¹Politeknik Negeri Malang, Indonesia

*Email Penulis: sarjiyana@polinema.ac.id

INFORMASI ARTIKEL

Naskah Diterima 28/12/2021
Naskah Direvisi 29/12/2021
Naskah Disetujui 31/12/2021
Naskah Online 31/12/2021

ABSTRAK

A manufactured product in the form of a mixture of dissimilar materials (bimetal) must be considered, including: selecting the right metal, selecting the appropriate filler, setting the current and voltage, etc. For this reason, research related to bimetallic welding using Gas Metal Arc Welding (GMAW) was conducted. The aims were to determine the effect of current on the tensile strength of bimetallic welding of low carbon steel and stainless steel 304 using GMAW welding, to determine the effect of voltage on the tensile strength of bimetallic welding, and to determine the effect of the interaction of current and voltage on the tensile strength of bimetallic welding using GMAW. The research method used is experimental where the results of bimetallic welding are tested by the destructive test method. The results showed that current, voltage, and the strong interaction between current and voltage affect the tensile strength of bimetallic welding of low carbon steel and stainless steel 304 using GMAW welding. The use of amperes between 120A-160A and a voltage of 19V-22V gives a small difference and a tensile strength of 300 MPa-330 MPa.

Keywords: Bimetal, GMAW, Tensile Strength

1. PENDAHULUAN

Permintaan pasar terhadap produk yang baik dan berkualitas merupakan tantangan tersendiri bagi perusahaan-perusahaan yang bergerak di bidang industri otomotif dan perkereta apian. Produk yang dihasilkan diharapkan mampu untuk memberikan inovasi atau solusi baru terhadap berbagai masalah yang ada. Selain menggunakan bahan baku yang baik dan tepat juga perpaduan bahan yang tidak sejenis (bimetal) harus diperhatikan, untuk menghasilkan produk yang berkualitas dikenal juga proses penyambungan logam yang disebut proses pengelasan.

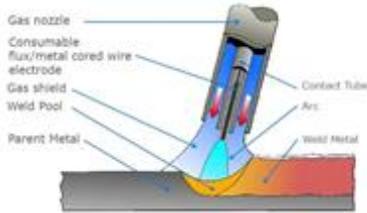
Proses pengelasan bimetal adalah merupakan proses pengelasan yang menyambungkan dua jenis logam yang berbeda. Pengelasan bimetal mempunyai tingkat kesulitan yang lebih tinggi dibanding dengan pengelasan dengan logam yang sejenis. Sebab logam yang tidak sejenis mempunyai karakteristik yang berbeda satu dengan lainnya. Sehingga proses pengelasan logam yang tidak sejenis memerlukan beberapa teknik tertentu, misalnya pemilihan logam yang akan disambung harus tepat, pemilihan bahan tambah (*filler*) yang sesuai, pengaturan ampere, pengaturan tegangan pengaturan kecepatan *filler*, *travel speed* dan kecepatan aliran gas.

Dari itulah pentingnya dilakukan penelitian terkait dengan pengelasan khususnya pengelasan untuk jenis bahan yang berbeda dengan menggunakan pengelasan *Gas Metal Arc Welding (GMAW)*. Yakni bagaimana pengaruh pengaturan kuat arus dan voltase terhadap kekuatan tarik pada pengelasan bimetal plat baja karbon rendah dan *stainless steel 304* dengan las *GMAW*.

Tujuan penelitian mengetahui pengaruh pengaturan kuat arus terhadap kekuatan tarik pada pengelasan bimetal plat baja karbon rendah dan *stainless steel 304* dengan las *GMAW*, mengetahui pengaruh pengaturan tegangan terhadap kekuatan tarik pada pengelasan bimetal plat baja karbon rendah dan *stainless steel 304* dengan las *GMAW*, mengetahui interaksi pengaruh pengaturan kuat arus dan voltase terhadap kekuatan tarik pada pengelasan bimetal plat baja karbon rendah dan *stainless steel 304* dengan las *GMAW*.

1.1 Las GMAW (Gas Metal Arc Welding)

Las GMAW adalah pengelasan dengan menggunakan gas nyala yang dihasilkan berasal dari busur nyala listrik, dipakai sebagai pencair metal yang dilas dan metal penambah disebut juga dengan *Solid Wire*.



Gambar 1. Sketsa pengelasan GMAW

1.2 Parameter Pengelasan GMAW

Yang dapat mempengaruhi hasil lasan saat mengelas proses GMAW yaitu:

- Tegangan

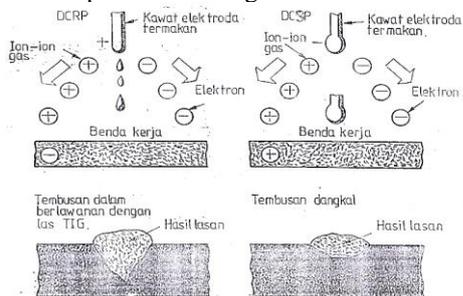
Tegangan busur las adalah perbedaan potensial listrik antara ujung elektroda dengan permukaan logam yang akan dilas. Tegangan pengelasan akan berubah seiring dengan perubahan jarak antara elektroda dengan permukaan benda kerja, jika jarak membesar maka tegangannya akan meningkat atau sebaliknya.

- Ampere

Arus yang digunakan untuk proses las GMAW yang baik dan efisien adalah arus searah dengan tegangan tetap sebagai sumber tenaga. Dengan sumber tenaga ini biasanya penyemburan terjadi bila polaritasnya adalah polaritas balik (*DCRP = Direct Current Reverse Polarity*).

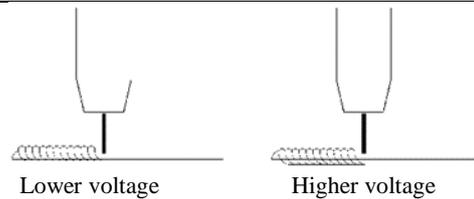
Karena busur dalam las GMAW konsentrasinya tinggi maka jelas penetrasinya sangat dalam di tempat busur dan segera mendangkal pada sekitarnya.

Sedangkan polaritas langsung (*DCSP = Direct Current Staright Polarity*) hampir tidak pernah digunakan karena daya tembusnya lemah, menimbulkan terak tidak ada aksi pembersih dan pemindahan logam kasar.



Gambar 2. Pengaruh polaritas pada las MIG

Voltase dan panjang *arc* berkaitan erat sekali; jadi, peningkatan pada voltase *arc* akan meningkatkan panjang *arc*. Voltase yang terlihat pada alat pengukur daya hanya akan terbaca apabila terdapat voltase di dalam kabel daya, kabel kerja, *arc* dan benda kerja. Jadi, pada saat menyiapkan voltase, alat pengukur pada mesin hanya digunakan sebagai pemandu. Voltase *arc* yang terlalu tinggi mengakibatkan las yang tidak bagus, percikan yang terlalu besar dan permukaan las yang kasar. Voltase *arc* yang terlalu rendah mengakibatkan las yang mempunyai kecembungan yang sempit dan penetrasi yang kurang.



Gambar 3. Pengaruh peningkatan voltase pada panjang *arc*

Tabel 1. Standar parameter arus dan tegangan pada pengelasan GMAW

| Diameter Kawat | Arus (A) | Tegangan (V) | Tebal (mm) |
|----------------|------------|----------------|--------------|
| 0.8 | 60 - 150 | 14 - 22 | 0.8 - 2.0 |
| 0.9 | 150 - 220 | 22 - 25 | 2.0 - 10 |
| 1 | 220 - 290 | 25 - 29 | 10 - 18 |
| 1.2 | 290 - 350 | 29 - 32 | 18 - 25 |

- Kecepatan pengelesan (*travel speed*)

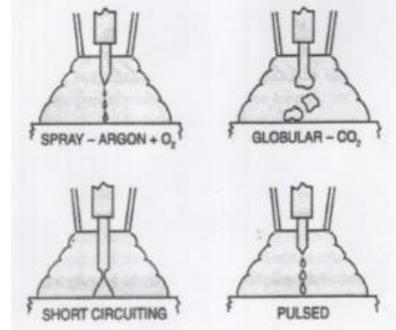
Kecepatan dalam mengelas juga berpengaruh terhadap hasil, dalam menentukan kecepatan kita harus menyesuaikan dengan besar arus yang digunakan. Arus dan kecepatan harus seimbang agar didapat profil pengelasan yang baik, penetrasi, serta sambungan las yang sesuai *acceptance criteria*.

Semakin tinggi arus las maka kecepatan las juga meningkat, karena arus yang tinggi akan menyebabkan elektroda juga semakin cepat mencair sehingga *travel speed* juga ditingkatkan agar lebar lasan tidak berlebihan

- Mode transfer

Pada pengelasan GMAW terdapat empat macam *Metal Transfer* yaitu: *Spray*, *Globular*, *Short Circuit (Dip)*, dan *Pulsed*.

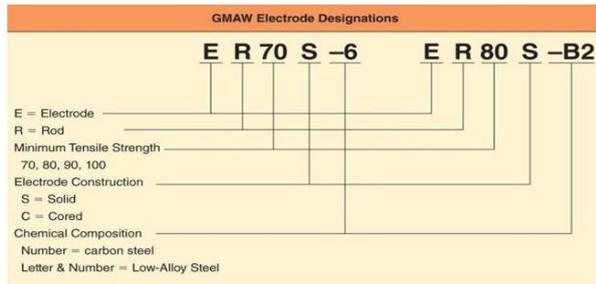
Untuk mengubahnya, dapat diatur pada mesin las.



Gambar 4. Sketsa pengelasan GMAW

1.3 Bahan Pengisi (Wire Rod)

Pengelasan dengan busur listrik memerlukan kawat las yang terdiri dari satu inti terbuat dari logam dengan dilapisi oleh lapisan yang terbuat dari campuran zat kimia. Selain digunakan sebagai pembangkit, elektroda yang berfungsi sebagai logam pengisi harus memiliki kesamaan sifat dengan logam induk sehingga tidak ada elektroda yang digunakan untuk semua pengelasan. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pemilihan elektroda antara lain kekuatan mekanik, gas pelindung yang digunakan, komposisi kimia elektroda, dari logam induk.



Gambar 5. Identifikasi elektroda pengelasan GMAW

1.4 Stainless Steel

Stainless Steel adalah baja paduan yang mengandung minimal 10,5% Cr. Daya tahan *stainless steel* terhadap oksidasi yang tinggi di udara dalam suhu lingkungan biasanya dicapai karena adanya tambahan minimal 13% (dari berat) krom. Krom membentuk sebuah lapisan tidak aktif Kromium (III) Oksida (Cr_2O_3) ketika bertemu oksigen. Lapisan ini terlalu tipis untuk dilihat, sehingga logamnya akan tetap berkilau. Logam ini menjadi tahan air dan udara, melindungi logam yang ada di bawah lapisan tersebut

Tabel 2. Tipe dan komposisi baja tahan karat (*Stainless Steel*)

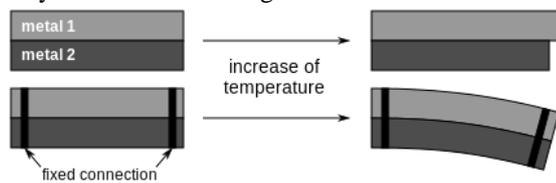
| Element | Ferritic | Martensitic | Austenitic |
|-----------------------|---------------|--------------|--------------------|
| Carbon | 0.08 – 0.20 % | 0.15 – 1.2 % | 0.03 – 0.25 |
| Manganese | 1 – 1.5 % | 1 % | 2 % (5.5 – 10 %) |
| Silicon | 1 % | 1 % | 1 – 2 % (0 %) |
| Chromium | 11 – 27 % | 11.5 – 18 % | 16 – 26 % |
| Nickel | | | 3.5 – 22 % |
| Phosphorus and Sulfur | | | Normal (0 %) |
| Molydenum | | | Some cases |
| Titanium | | | Some cases |

1.5 Baja Karbon Rendah

Baja karbon mengandung *ferrous*, karbon, dan manganese. Komposisi lain yang terkadang ditambahkan pada baja karbon antara lain silikon, phosphorus, sulfur, dan tembaga. Kandungan karbon pada baja karbon sebesar kurang dari 2,06%. Sedangkan kandungan manganese pada baja karbon sebesar kurang dari 1,65%. Untuk kandungan tambahan lainnya seperti silikon kurang dari 0,6%, phosphorus kurang dari 0,02%, sulfur kurang dari 0,02%, dan tembaga kurang dari 0,6%.

1.6 Bimetal

Bimetal mengacu pada benda yang terdiri dari dua logam terpisah yang disatukan. Alih-alih menjadi campuran dua atau lebih logam, seperti paduan, benda bimetalik terdiri dari lapisan logam yang berbeda. Trimetal dan tetrametal mengacu pada benda yang terdiri dari tiga dan empat logam terpisah. Batang bimetal biasanya terbuat dari kuningan dan besi.



Gambar 6. Prinsip bimetal

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yaitu eksperimental sejati (*true experimental research*), merupakan penelitian yang dilakukan secara sengaja oleh peneliti dengan cara memberikan *treatment*/perlakuan tertentu terhadap subjek penelitian guna membangkitkan sesuatu kejadian/keadaan yang akan diteliti bagaimana akibatnya, sehingga dapat diketahui pengaruh kuat arus dan voltase terhadap kekuatan tarik dengan pengelasan GMAW pada bahan bimetal (plat *stainless steel* dan baja karbon rendah).

2.1 Variabel Penelitian

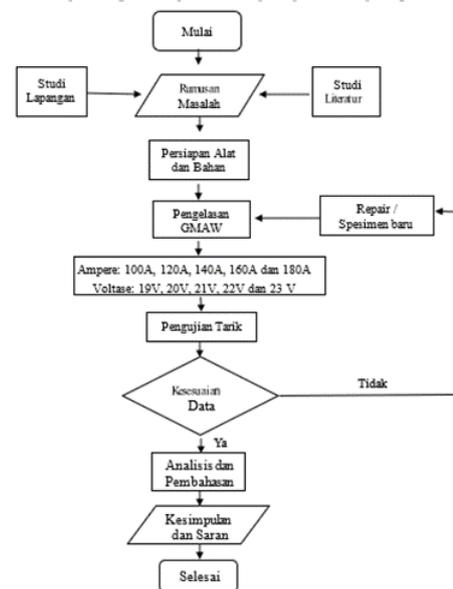
Variabel bebas dalam penelitian ini adalah:

- Kuat Arus (Ampere), 100 A, 120 A, 140 A, 160 A dan 180 A.
- Tegangan (Volt), 19 V, 20 V, 21 V, 22 V dan 23 V

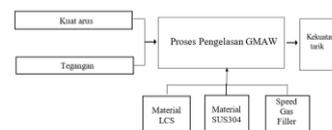
Adapun variabel terikat yang diamati dalam penelitian ini adalah Kekuatan Tarik.

Variabel Terkontrol dalam penelitian ini diantara lain:

- Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah Baja karbon rendah Baja SUS 304.
- Tebal material 1,2 mm.
- Debit aliran gas Argon sebesar 10 liter/menit
- Travel speed sebesar 0,83 mm/s
- Pengelasan menggunakan arus DC dengan polaritas lurus.
- Kawat elektroda yang digunakan adalah 0.8 mm.
- Posisi pengelasan adalah down hand.
- Jenis sambungan las adalah Butt joint.
- Diameter lubang bagian las 3 mm
- Bahan pengisi (filler) *stainless steel* 304.
- Gas yang digunakan CO2



Gambar 7. Rancangan penelitian



Gambar 8. Kerangka konsep penelitian

2.2 Hipotesis

Hipotesis Nol

- (H₀₁) adalah sebagai berikut: Tidak ada pengaruh antara variasi ampere terhadap kekuatan tarik pada pengelasan bimetal plat baja karbon rendah dan *stainless steel 304* dengan las *GMAW*.
- (H₀₂) adalah sebagai berikut: Tidak ada pengaruh antara variasi voltase terhadap kekuatan tarik pada pengelasan bimetal plat baja karbon rendah dan *stainless steel 304* dengan las *GMAW*.
- (H₀₃) adalah sebagai berikut: Tidak ada pengaruh antara variasi ampere dan voltase terhadap kekuatan tarik pada pengelasan bimetal plat baja karbon rendah dan *stainless steel 304* dengan las *GMAW*.

Hipotesis Alternatif

- (H₁₁) adalah sebagai berikut: Ada pengaruh antara variasi ampere terhadap kekuatan tarik pada pengelasan bimetal plat baja karbon rendah dan *stainless steel 304* dengan las *GMAW*.
- (H₁₂) adalah sebagai berikut: Ada pengaruh antara variasi voltase terhadap kekuatan tarik pada pengelasan bimetal plat baja karbon rendah dan *stainless steel 304* dengan las *GMAW*.
- (H₁₃) adalah sebagai berikut: Ada pengaruh antara variasi ampere dan voltase terhadap kekuatan tarik pada pengelasan bimetal plat baja karbon rendah dan *stainless steel 304* dengan las *GMAW*.

2.3 Pelaksanaan Penelitian

Langkah-langkah dalam pembuatan spesimen adalah:

- Bahan yang diperlukan plat baja karbon rendah dan plat SST 304 ukuran 2440 x 2200 x 1,2 mm.
- Bahan plat baja karbon rendah dipotong dengan ukuran panjang 200 mm, lebar 200 mm dan tebal 1,2 mm untuk dilakukan proses pengelasan.



Gambar 9. Bahan *stainless steel 304* terpotong

- Pengelasan: bahan yang sudah dipotong selanjutnya dilakukan proses pengelasan antara plat baja karbon rendah dengan plat *stainless steel 304*. Pengelasan dilakukan dengan mengatur perubahan Ampere las 100A, 120A, 140A, 160A dan 180A serta perubahan tegangan 19V, 20V, 21V, 22V dan 23V.



Gambar 10. Mesin las dan proses pengelasan

- Pemesinan (pembuatan specimen) hasil pengelasan bimetal dari plat baja karbon rendah dan *stainless steel SUS 304*, permukaan dibersihkan (di machining) dan dipotong menjadi bahan uji tarik ASTM E-8M dengan ukuran menjadi 250x25x1,2mm.



Gambar 11. Proses pembuatan dan hasil spesimen

- Pengujian sampel: bahan spesimen setelah dilakukan pengelasan dan pemesinan, selanjutnya dilakukan pengujian sifat mekanik material khususnya pengujian Tarik.



Gambar 12. Pengujian sampel

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil

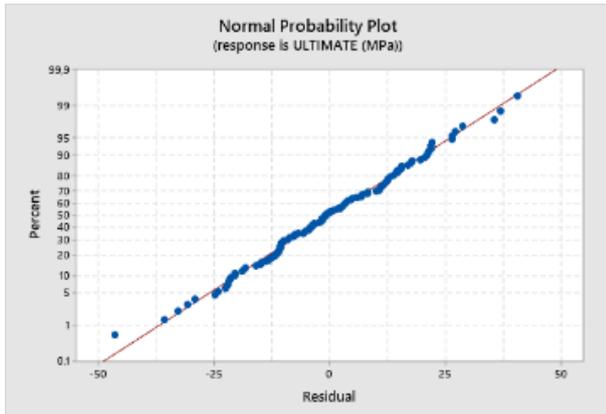
Berdasarkan hasil pengujian didapatkan data sebagai berikut:

Tabel 3. Data kekuatan tarik yang dipengaruhi oleh perubahan ampere dan perubahan tegangan

| FAKTOR A (KUAT ARUS) | FAKTOR B (VOLT) | | | | |
|-------------------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | 19 Volt MPa | 20 Volt MPa | 21 Volt MPa | 22 Volt MPa | 23 Volt MPa |
| 100 Ampere | 285,15 | 277,23 | 260,81 | 270,51 | 370,21 |
| | 284,49 | 275,96 | 296,10 | 300,82 | 302,99 |
| | 300,65 | 279,87 | 302,34 | 285,66 | 336,40 |
| | 293,30 | 266,89 | 277,56 | 296,56 | 348,50 |
| | 279,67 | 290,74 | 270,14 | 274,80 | 390,20 |
| 120 Ampere | 328,18 | 262,03 | 302,60 | 287,74 | 288,69 |
| | 302,07 | 299,51 | 286,88 | 277,89 | 303,44 |
| | 315,22 | 282,45 | 294,35 | 290,34 | 280,63 |
| | 324,38 | 300,04 | 288,68 | 271,67 | 299,74 |
| | 293,83 | 290,64 | 299,02 | 282,88 | 310,65 |
| 140 Ampere | 262,51 | 267,58 | 309,36 | 286,88 | 326,72 |
| | 243,15 | 335,41 | 265,95 | 231,29 | 277,29 |
| | 253,67 | 304,32 | 300,54 | 263,51 | 310,24 |
| | 246,83 | 296,78 | 285,56 | 248,65 | 294,36 |
| | 255,72 | 287,62 | 277,90 | 271,94 | 288,96 |
| 160 Ampere | 270,88 | 237,95 | 234,30 | 329,74 | 239,05 |
| | 239,06 | 264,56 | 302,89 | 309,40 | 224,56 |
| | 266,43 | 224,18 | 256,63 | 324,85 | 268,18 |
| | 275,25 | 245,32 | 248,42 | 299,24 | 248,32 |
| | 246,75 | 240,76 | 293,67 | 287,54 | 249,76 |
| 180 Ampere | 252,56 | 265,01 | 288,76 | 240,68 | 261,45 |
| | 297,97 | 239,53 | 271,55 | 305,34 | 222,88 |
| | 275,67 | 272,16 | 274,12 | 264,75 | 258,67 |
| | 294,32 | 241,89 | 293,98 | 298,47 | 243,76 |
| | 262,78 | 252,74 | 280,16 | 273,10 | 235,86 |

3.2 Pengolahan Data

Pengolahan data dari hasil pengujian dilakukan dengan menggunakan *software minitab 19* yang bertujuan untuk mengetahui seperti apa pengaruh dari masing-masing variabel.



Gambar 13. Grafik normal normal probability kekuatan tarik

Grafik *normal probability* plot kekuatan tarik diatas menunjukkan bahwa data yang digunakan berdistribusi normal. Yang dimaksud dengan berdistribusi normal adalah tanda titik-titik pada grafik tersebut selalu mengikuti dan mendekati garis normalnya. Data penelitian ini sudah memenuhi syarat statistik dimana data harus berdistribusi normal.

Tabel 4. Factor information

| Factor | Levels | Values |
|-----------|--------|-------------------------|
| KUAT ARUS | 5 | 100; 120; 140; 160; 180 |
| TEGANGAN | 5 | 19; 20; 21; 22; 23 |

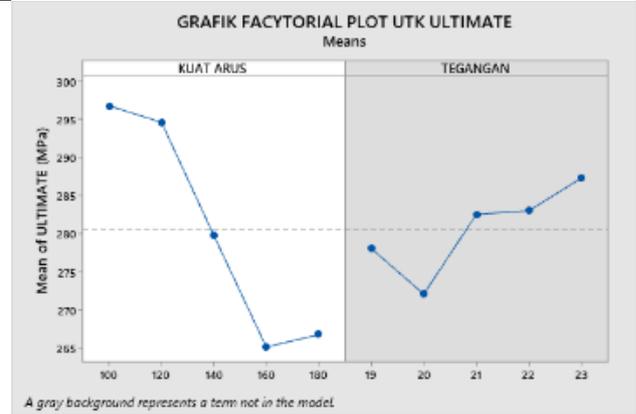
Tabel 5. Analysis of variance

| Source | DF | Adj SS | Adj MS | F-Value | P-Value |
|--------------------|-----|--------|--------|---------|---------|
| Model | 24 | 72404 | 3016,8 | 9,71 | 0,000 |
| Linear | 8 | 25507 | 3188,4 | 10,26 | 0,000 |
| KUAT ARUS | 4 | 22173 | 5543,3 | 17,84 | 0,000 |
| TEGANGAN | 4 | 3334 | 833,5 | 2,68 | 0,036 |
| 2-Way Interactions | 16 | 46896 | 2931,0 | 9,43 | 0,000 |
| KUAT | 16 | 46896 | 2931,0 | 9,43 | 0,000 |
| ARUS*TEGANGAN | | | | | |
| Error | 100 | 31069 | 310,7 | | |
| Total | 124 | 103472 | | | |

Tabel 6. Model summary

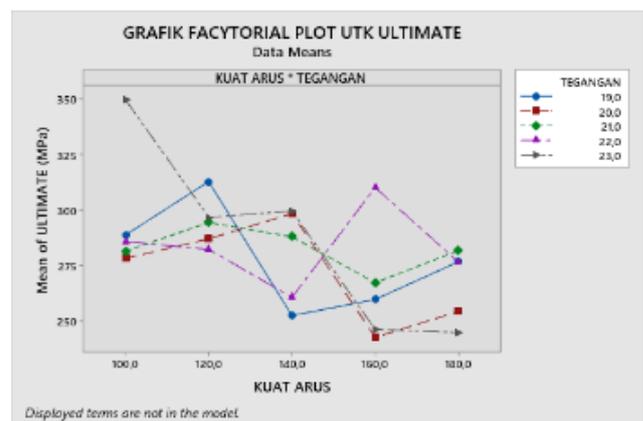
| S | R-sq | R-sq(adj) | R-sq(pred) |
|---------|--------|-----------|------------|
| 17,6263 | 69,97% | 62,77% | 53,08% |

Dari tabel Anova diatas, tampak bahwa Kuat Arus dan Voltase serta interaksi keduanya berpengaruh signifikan terhadap kekuatan tarik. Hal ini dapat diketahui dari nilai *P-value* yang semua nilainya kurang dari nilai alpha 0,05. Disamping itu pengaruh model hubungan kuat arus dan tegangan terhadap variabel respon *ultimate* kekuatan tarik memberikan pengaruh sebesar 69,97%. Sedangkan sisanya sebesar 30,03% disebabkan oleh faktor lain yang ikut mempengaruhi kekuatan tarik materialnya.



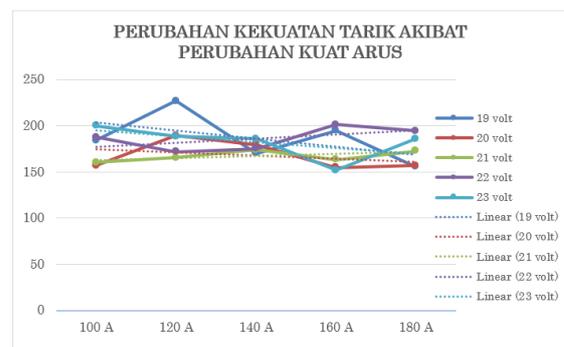
Gambar 14. Grafik *facytorial means* plot kekuatan tarik

Dari grafik faktorial plot dapat dinyatakan bahwa semakin besar kuat arus maka kekuatan tarik semakin turun, sebaliknya semakin naik voltasenya maka kekuatan tariknya semakin besar.



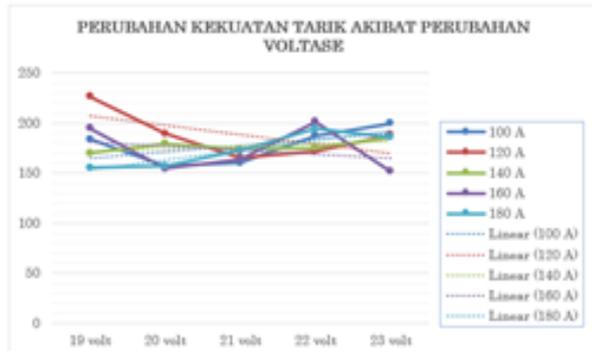
Gambar 15. Grafik *facytorial means* plot kekuatan tarik

Secara umum, interaksi antara kuat arus dan voltase terhadap kekuatan tarik adalah bahwa makin besar kuat arus dan voltase maka nilai kekuatan tariknya makin turun. Tetapi nilai ini berfluktuasi turun naik pada tiap perbedaan voltase. Pada voltase 23 volt, perbedaan sangat besar diperoleh pada kombinasi dengan kuat arus listrik 100 ampere dan 180 ampere. Sedangkan pada voltase 19, 21 dan 22 volt memberikan perbedaan yg sangat kecil pada kombinasi kuat arus 100 dan 180 ampere. Namun dari ketiganya terjadi fluktuasi kenaikan dan penurunan yang signifikan.



Gambar 16. Grafik perubahan kekuatan tarik akibat perubahan kuat arus

Grafik diatas menunjukkan bahwa kekuatan tarik akan stabil pada kuat arus 140 Ampere dan 100 Ampere, baik pada tegangan antara 19 volt sampai 23 volt. Hal menunjukkan bahwa dengan tegangan antara antara 19 volt – 23 volt akan memndapatkan kekuatan tarik yang stabil.



Gambar 17. Grafik perubahan kekuatan tarik akibat perubahan voltase

Grafik diatas menunjukkan bahwa kekuatan tarik akan stabil pada kuat voltase 21 volt dan 22 volt, baik pada penggunaan kuat arus 100 – 180 Ampere. Hal menunjukkan bahwa dengan kuat arus antara antara 100 Ampere – 180 Ampere dengan tegangan 21 Volt dan 22 Volt akan mendapatkan kekuatan tarik yang setabil. Dari penjelasan diatas dapat diketahui bahwa pengaturan kuat arus dan pengaturan tegangan akan stabilnya pada kekuatan tarik yang dihasilkan stabil pada kuat arus 140 Ampere atau 180 Ampere sedangkan pada tegangan 21 Volt dan 22 Volt.

4. KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kuat arus, voltase dan interaksi kuat arus dan voltase akan mempengaruhi Kekuatan Tarik pada Pengelasan Bimetal Plat Baja Karbon Rendah dan *Stainless Steel 304* dengan las *GMAW*. Penggunaan ampere antara 120 Ampere – 160 Ampere dan voltase 19 Volt – 22 Volt memberikan perbedaan yang kecil serta kekuatan tarik 300 MPa – 330 MPa.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] A Simplified explanation of welding polarity, <http://stickweld.com/basic-information>, diakses 19 Juni 2012.
- [2] Andrew Althouse, Artek Turnquist William A Bowditch Modern Welding, The Good Heart Willcox Co. Inc, 1976
- [3] <https://en.wikipedia.org/wiki/Bimetal>
- [4] [Alatuji.com/article/detail/3/what-is-hardness-test-uji-kekerasan](http://alatuji.com/article/detail/3/what-is-hardness-test-uji-kekerasan)
- [5] Sholikul Mustafid, dkk, Analisis Pengaruh Hasil Pengelasan Bimetal Baja S45c Dan Stainless Steels 304 Terhadap Kekuatan Tarik Dan Struktur Mikro, Jurnal Science dan Teknologi Teknik Mesin Unisma, ISSN: 2337-6546, Vol 6 No 02, 2016.
- [6] Tri Hardi Priyanto, dkk, Karakterisasi Pengelasan Bimetal Stainless Steel Martensite-Ferite Menggunakan Teknik Difraksi Neutron, Prosiding Pertemuan Dan Presentasi Ilmiah Penelitian Dasar Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi Nuklir Pusat Sains Dan Teknologi Akselerator Yogyakarta, 28 November 2017

- [7] <http://www.cnzahid.com/2015/10/las-argon-pengertian-dan-proses.html>
- [8] <http://teknikmesinmanufaktur.blogspot.com/2015/02/baja-karbon.html>
- [9] <https://www.indotara.co.id/definisi-pengelasan-menggunakan-las-mig&id=213.html>
- [10] <https://hermanuloh79.blogspot.com/2015/08/cara-memilih-jenis-pengelasan-untuk-konstruksi.htm>
- [11] <https://docplayer.info/32854474-7-9-pengenalan-las-mig-metal-inert-gas-arc-welding-gas-metal-arc-welding-gmaw.html>
- [12] <https://belajarmesinbubutncn.blogspot.com/2016/03/proses-las-gmaw-gas-metal-arc-welding.html>
- [13] Manoj Saini, dkk, Mechanical Properties Of Bimetallic Weld Joint Between Sa 516 Grade 65 Carbon Steel And Ss 304 L For Steam Generator Application, International Journal of Research in Engineering and Technology, eISSN: 2319-1163 pISSN: 2321-7308, 2014.
- [14] <https://www.pengelasan.net/las-gmaw/> diakses 26 Oktober 2021