

# Kekuatan Sambungan Las Aluminium Seri 1100 dengan Variasi Kuat Arus Listrik Pada Proses Las Metal Inert Gas (MIG)

I Dewa Made Krishna Muku

Jurusan Teknik Mesin, Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Badung  
e-mail: krisna.muku@me.unud.ac.id

## Abstrak

Dalam merancang suatu konstruksi permesinan atau bangunan yang menggunakan sambungan las banyak faktor yang harus diperhatikan seperti keahlian dalam mengelas, pengetahuan yang memadai tentang prosedur pengelasan, sifat-sifat bahan yang akan di las dan lain-lain. Salah satu parameter prosedur pengelasan yang mempengaruhi sifat mekanis logam las adalah besar arus las. Pada penelitian ini diteliti kekuatan sambungan las Aluminium seri 1100 karena variasi kuat arus listrik pada proses las metal inert gas (MIG). Spesimen uji yang digunakan menggunakan standar ASTM E 8. Variasi kuat arus yang dipakai adalah 150 A, 165 A, 180 A, 195 A dan 210 A, dengan tegangan konstan 24 V dan kecepatan konstan 25 inchi/menit. Data hasil penelitian dievaluasi dengan analisa varian dan analisa regresi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa; kuat arus listrik mempunyai pengaruh yang nyata terhadap kekuatan tarik sambungan las aluminium seri 100 dengan proses las MIG; pola hubungan yang paling mendekati antara kuat arus dengan kekuatan tarik sambungan las aluminium seri 100 dengan proses las MIG adalah model hubungan polinomial orde 2; kekuatan sambungan las tertinggi diperoleh pada pengelasan dengan menggunakan kuat arus 180 Ampere, dengan kekuatan sambungan las yang dihasilkan sebesar 11,900 kgf/mm<sup>2</sup>

Kata kunci: MIG, Kekuatan sambungan las, Analisa varian, Analisa regresi

## Abstract

# Welding Connection Strenght of Aluminium 1100 with Current Variations at Metal Inert Gas (MIG) Welding Process

In order to design of machine or building constructions use of welding connection, there are many factors should be considered such as skill, knowledge about welding procedures and material characteristics. One parameter of welding procedures influencing mechanical characteristic of weld metal is welding current. In this study, strength of aluminium 1100 welding connection due to electric current variations at metal inert gas welding process was investigated. Spesimen to be used was standard ASTM E 8. Electric current variations to be set were 150 A, 165 A, 180 A, 195 A and 210 A, with constan voltage and welding speed were 24 V and 25 inchi/minutes respectively. Collected data were evaluated use of analysis of variance and regresion analysis. The results of investigation show that; electric current has a significant effect toward strength of aluminium 1100 welding junction; the characteristic trend to represent relationship between electric current and strength of aluminium 1100 welding junction is polynomial orde 2; the highest strength of aluminium 1100 welding junction was obtained by use of electric current 180 A there was 11,900 kgf/mm<sup>2</sup>.

Key words: MIG, Strength of welding junction, Analysis of variance, Regresion analysis

## 1. Pendahuluan

Dalam teknologi produksi dengan menggunakan bahan baku logam, pengelasan merupakan proses pengerjaan yang memegang peranan sangat penting. Dewasa ini hampir tidak ada logam yang tidak dapat dilas, karena telah banyak teknologi baru yang ditemukan dengan cara-cara pengelasan. Pengelasan didefinisikan sebagai penyambungan dua logam atau paduan logam dengan memanaskan diatas batas cair atau dibawah batas cair logam disertai penetrasi maupun tanpa penetrasi, serta diberi logam pengisi atau tanpa logam pengisi disebut [4].

Dalam merancang suatu konstruksi permesinan atau bangunan yang menggunakan sambungan las banyak faktor yang harus

diperhatikan seperti keahlian dalam mengelas, pengetahuan yang memadai tentang prosedur pengelasan, sifat-sifat bahan yang akan di las dan lain-lain. Yang termasuk prosedur pengelasan adalah pemilihan parameter las seperti : tegangan busur las, besar arus las, penetrasi, kecepatan pengelasan dan beberapa kondisi standar pengelasan seperti : bentuk alur las, tebal pelat, jenis elektroda, diameter inti elektroda, dimana parameter-parameter tersebut mempengaruhi sifat mekanik logam las [10].

Aluminium merupakan *nonferrous metal*, yang memiliki sifat-sifat yang menguntungkan seperti tahan terhadap korosi, konduktor panas dan listrik yang cukup baik serta ringan [10]. Namun dibandingkan dengan baja, aluminium mempunyai sifat yang kurang baik dalam hal pengelasan. Sifat

mampu las aluminium yang kurang baik ini dapat diatasi dengan alat dan teknik las dengan menggunakan las busur. Salah satu teknik pengelasan yang sering digunakan dalam pengelasan aluminium adalah las MIG (*Metal Inert Gas*). Las MIG merupakan las busur dengan elektrode terumpan, memiliki efisiensi yang tinggi dan biaya yang cukup rendah.

Salah satu aplikasi proses pengelasan aluminium adalah pengelasan untuk tangki penyimpanan gas alam cair [10], sehingga dalam proses pengelasan aluminium ini kekuatan menjadi hal yang sangat penting. Kekuatan adalah ukuran besarnya gaya yang diperlukan untuk mematahkan atau merusak suatu bahan. Kekuatan lasan umumnya dinyatakan dengan kekuatan tarik lasan. Kekuatan tarik suatu bahan ditetapkan dengan membagi gaya maksimum dengan luas penampang mula. Dalam sambungan las kekuatan tarik ini dipengaruhi oleh banyak faktor seperti sifat dari logam induk, sifat HAZ (*Heat Affected Zone*), sifat logam las, parameter pengelasan dan sifat-sifat dinamik dari sambungan yang berhubungan dengan geometri dan distribusi tegangan dalam sambungan.

Dari uraian diatas terlihat hubungan yang penting antara parameter pengelasan dan sifat mekanis logam hasil lasan. Untuk mengetahui hubungan ini, akan diteliti salah satu parameter pengelasan yaitu kuat arus listrik dan sifat mekanis dalam hal ini kekuatan tarik pada pengelasan aluminium seri 1100 dengan menggunakan proses las MIG. Kuat arus merupakan parameter las yang sangat penting karena berpengaruh langsung terhadap besar masuknya panas pada pengelasan, seperti yang diformulasikan oleh Cary sebagai:

$$H = \frac{60 EI}{S} \quad (\text{Joule/in}^2) \quad (1)$$

dengan,  $H$  adalah masukan panas ( $\text{Joule/in}^2$ );  $E$  adalah tegangan busur las (Volt) dan  $I$  adalah kuat arus listrik (*Ampere*).

Dari formulasi di atas terlihat bahwa masukan panas akan semakin besar dengan meningkatnya arus listrik dengan variabel tegangan dan kecepatan pengelasan dijaga konstan. Sehingga dalam penelitian ini diteliti pengaruh kuat arus terhadap kekuatan tarik las pada pengelasan Aluminium 1100, dimana tegangan busur dan kecepatan pengelasan dijaga konstan.

## 2. Tinjauan Pustaka

### 2.1. Las MIG (*Metal Inert Gas*)

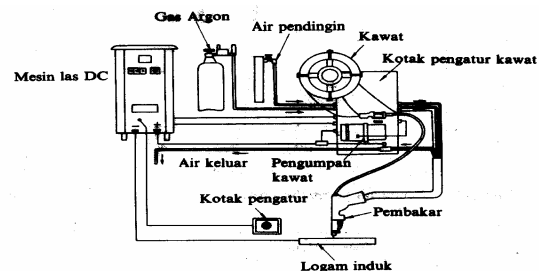
MIG adalah suatu metode pengelasan dimana gas disemburkan ke daerah yang dilas untuk melindungi busur, elektrode dan logam induk yang mencair terhadap pengaruh udara luar. Gas pelindung yang dipakai adalah gas yang tidak mudah bereaksi baik terhadap udara luar maupun logam yang mencair. Elektrode sekaligus berfungsi sebagai logam pengisi, diumpankan secara terus menerus

dengan kecepatan konstan tertentu bergerak sepanjang sambungan las. Pada las MIG panas dihasilkan oleh arus yang bergerak melalui celah antara elektrode dengan benda kerja. Dengan adanya panas ini menyebabkan logam induk serta elektrode mencair yang kemudian membeku bersama-sama membentuk ikatan. Busur yang dihasilkan selalu runcing, inilah yang menyebabkan butir-butir logam cair menjadi halus dan pemindahannya berlangsung sangat cepat. Dalam las MIG ini gas yang digunakan adalah gas argon, helium atau campuran keduanya. Untuk memantapkan busur kadang-kadang ditambahkan gas  $O_2$  antara 2% sampai 5% atau  $CO_2$  antara 5% sampai 20%. Las MIG biasanya dilaksanakan secara otomatis atau semi otomatis dengan arus searah (DC) polaritas balik dan menggunakan kawat elektrode berdiameter 1,2 sampai 2,4 mm.

### Peralatan Las MIG

Peralatan utama dalam las MIG adalah:

1. Mesin Las (*welding machine*)  
Mesin yang sering digunakan adalah jenis arus searah, karena hasilnya baik disebabkan busur yang dihasilkan lebih mantap sehingga sesuai untuk pengelasan pelat-pelat yang tipis.
2. Mekanisme pengumpan kawat elektrode (*wire feeder*)  
Pengumpan kawat elektrode selalu konstan, yang sebelumnya diatur dari tombol *wire feed speed*. Beroperasinya pengumpan kawat elektrode ini bersamaan dengan mengalirnya gas pelindung dan mengalirnya arus listrik dengan cara menekan kontak *trigger* yang terletak di *torch*.



Gambar 1. Skematik Mesin las MIG

3. Pemegang elektrode (*torch*)  
Fungsi torch adalah penyalur kawat elektrode, gas pelindung dan arus listrik. Torch terdiri dari nozzle, kontak tube, kontak trigger dan sebuah slang besar yang di dalamnya terdapat slang gas dan pembawa elektrode. Dimana nozzle mengontrol aliran gas pelindung, sedang kontak tube berfungsi sebagai pengantar arus listrik ke kawat elektrode. Kontak trigger berfungsi untuk memulai dan mengakhiri pengaliran kawat elektrode, gas pelindung dan arus listrik.
4. Mekanisme pengumpan gas pelindung.  
Terdiri dari tabung silinder bertekanan tinggi, *regulator*, *flow meter* dan slang gas. Gas yang

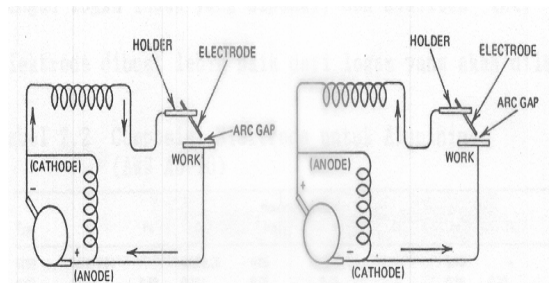
berada pada tabung silinder masih bertekanan tinggi, untuk mengurangnya dilewatkan pada regulator dengan mengatur katup yang ada sehingga didapat tekanan yang sesuai. Dan untuk mengatur tekanan gas digunakan *flow meter*.

**Polaritas listrik**

Terdapat 2 macam polaritas listrik dalam pengelasan yaitu, plaritas lurus atau DCSP (*Direct Curren Straight Polarity*) dan polaritas balik atau DSRP (*Direct Curren Reverse Polarity*). Pada polaritas lurus benda kerja dihubungkan pada posisi positif (+) dari mesin las dan elektroda dihubungkan pada posisi negatif (-) dari mesin las. Dengan elektroda bermuatan negatif maka arus bergerak dari benda kerja ke elektroda, 2/3 panas yang dihasilkan dilepaskan pada benda kerja dan 1/3 lagi di lepaskan pada elektroda. Konsentrasi panas dari logam dasar menghasilkan penetrasi yang dalam dari lasan.

Dengan demikian dalam polaritas lurus elektron bergerak dari elektroda dan menumbuk logam induk dengan kecepatan tinggi sehingga dapat terjadi penetrasi yang dalam. Karena pada elektroda tidak terjadi tumbukan elektron maka suhu elektroda relatif tidak teralu tinggi, karena itu dengan polaritas lurus dapat digunakan arus yang besar. DCSP digunakan dengan temperatur pelelehan logam induk yang tinggi, untuk kecepatan las yang lambat dan untuk manik-manik yang sempit.

Sedangkan pada polaritas balik (DCRP) benda kerja dihubungkan pada posisi negatif (-) dari mesin las dan elektroda dihubungkan pada posisi positif (+) dari mesin las. Arus bergerak dari elektroda ke benda kerja dimana 2/3 dari panas seluruhnya dilepaskan pada elektroda dan 1/3 " dilepaskan pada logam induk. Dalam polaritas balik elektroda menjadi panas sekali, sehingga arus listrik yang dapat dialirkan menjadi rendah. Untuk ukuran elektroda yang sama dalam polaritas balik hanya 1/10 dari besar arus polaritas lurus yang dapat dialirkan. Bila arus terlalu besar maka ujung elektroda akan turut mencair dan akan mengubah komposisi logam cair yang dihasilkan. Konsentrasi panas akan menghasilkan rembesan yang dangkal, dengan endapan logam lasan rata-rata tinggi dan menghasilkan lasan yang baik pada lembaran logam. DCRP khusus digunakan untuk posisi datar (*flat position*) karena logam tidak terlalu panas.



Gambar 2. Skematik DCSP dan DCRP

**Elektroda**

Sesuai dengan jenis logam yang dilas, maka kawat las atau elektroda dapat dibedakan atas empat golongan, yaitu:

1. Elektroda baja karbon (*mild steel arc welding electrodes*). Elektroda ini dipakai untuk mengelas bajalunak (*mild steel*), baja-baja dengan prosentase karbon yang rendah.
2. Elektrode baja campuran (*alloy steel arc welding electrodes*), dipakai untuk mengelas baja campuran, misalnya stainless steel.
3. Elektrode bukan besi (*nonferrous arc welding electrodes*), dipakai untuk mengelas bahan-bahan bukan besi atau baja, misalnya aluminium, kuningan dan perunggu.
4. Elektrode besi tuang (*cast iron arc welding electrodes*), dipakai untuk mengelas besi tuang.

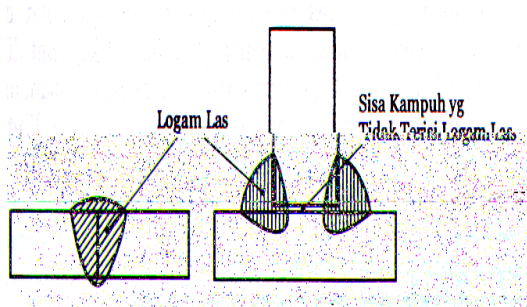
Pada dasarnya electrode yang dipakai adalah sesuai dengan logam induk yang dipakai, dan kualitas inti logam electrode dibuat lebih baik dari logam yang akan di las.

**Bentuk kampuh (Alur las)**

Kampuh atau alur las merupakan bagian pada pengelasan yang nantinya akan diisi oleh logam las yang berasal dari kawat las atau logam pengisi.

Jenis alur	Lasan dengan alur		
	Lasan Penetrasi penuh tanpa pelat penahan	Lasan penetrasi penuh dengan pelat penahan	Lasan penetrasi sebagian
Peraga (I)			
V tunggal (V)			
Tirus tunggal (V)			
U tunggal (U)			
V ganda (X)			
Tirus ganda (K)			
U ganda (H) (DU)			
J tunggal (J)			
J ganda (DJ)			

Gambar 3. Alur Sambungan Las Tumpul



Gambar 4. Perbedaan Groove Weld dan Fillet Weld

Berdasarkan banyaknya logam las yang mengisi kampuh, lasan dapat dibagi menjadi dua bagian, yaitu lasan penetrasi penuh dan lasan penetrasi tidak penuh atau lasan penetrasi sebagian. Apabila logam las mengisi seluruh bagian kampuh (penetrasi penuh) disebut dengan *groove weld*, sedangkan jika logam las tidak mengisi seluruh bagian kampuh ( lasan penetrasi sebagian) maka jenis lasan ini dikenal sebagai *fillet weld*.

## 2.2. Pengelasan Pada Aluminium Aluminium dan paduannya

Aluminium dan paduan aluminium termasuk logam ringan yang mempunyai kekuatan tinggi, tahan terhadap karat dan merupakan konduktor listrik yang cukup baik. Logam ini dipakai secara luas dalam bidang kimia, listrik, bangunan, transportasi dan alat-alat penyimpanan. Kemajuan akhir-akhir ini dalam teknik pengelasan busur listrik dengan gas mulia menyebabkan pengelasan aluminium dan paduannya menjadi sederhana dan dapat dipercaya. Karena hal ini maka penggunaan aluminium dan paduannya di dalam banyak bidang telah berkembang. Berdasarkan unsur-unsur paduan yang dikandungnya, aluminium dibagi menjadi tujuh jenis, yaitu:

- 1) Jenis Al-murni teknik (seri 1000)  
Yaitu aluminium dengan kemurnian antara 99,0% dan 99,9%. Aluminium dalam seri ini di samping sifatnya yang baik dalam tahan karat, konduksi panas dan konduksi listrik juga memiliki sifat yang memuaskan dalam mampu las dan mampu potong.
- 2) Jenis paduan Al-Cu (Seri 2000)  
Jenis paduan Al-Cu adalah jenis yang dapat diperlaku-panaskan. Dengan melalui pengerasan endap atau penyepuhan sifat mekanik paduan ini dapat menyamai sifat dari baja lunak, tetapi daya tahan orosinya rendah bila dibanding dengan jenis paduan yang lainnya. Sifat mampu-lasnya juga kurang baik, karena itu paduan jenis ini biasanya digunakan pada konstruksi keling dan banyak sekali digunakan dalam konstruksi pesawat terbang seperti duralumin (2017) dan super duralumin (2024).
- 3) Jenis Paduan Al-Mn (seri 3000)  
Paduan ini adalah jenis yang tidak dapat diperlaku-panaskan sehingga kenaikan kekuatannya hanya dapat diusahakan melalui pengerjaan dingin dalam proses pembuatannya. Bila dibandingkan dengan jenis Al-murni paduan ini mempunyai sifat yang sama dalam hal daya tahan korosi, mampu potong dan sifat mampu lasnya
- 5) Paduan jenis Al-Mg (Seri 5000)  
Jenis ini termasuk paduan yang tidak dapat diperlaku-panaskan, tetapi mempunyai sifat yang baik dalam daya tahan korosi, terutama korosi oleh air laut, dan dalam sifat mampu-lasnya.
- 6) Paduan jenis Al-Mg-Si (seri 6000)

Paduan ini termasuk dalam jenis yang dapat diperlaku-panaskan dan mempunyai sifat mampu potong, mampu las dan daya tahan korosi yang cukup. Sifat yang kurang baik dari paduan ini adalah terjadinya pelunakan pada daerah las.

- 7) Paduan jenis Al-Zn (seri 7000)

Paduan ini termasuk jenis yang dapat diperlaku-panaskan. Biasanya ke dalam paduan pokok Al-Zn ditambahkan Mg, Cu dan Cr. Kekuatan tarik yang dapat dicapai lebih dari  $50 \text{ kg/mm}^2$ , sehingga paduan ini dinamakan juga ultra duralumin. Berlawanan dengan kekuatan tariknya, sifat mampu las dan daya tahannya terhadap korosi kurang menguntungkan.

## Sifat Mampu-las

Dalam hal pengelasan, paduan aluminium mempunyai sifat yang kurang baik bila dibandingkan dengan baja. Sifat-sifat yang kurang baik atau merugikan tersebut adalah:

1. Karena panas jenis dan daya hantar panasnya tinggi maka sukar sekali untuk memanaskan dan mencairkan sebagian kecil saja.
2. Paduan aluminium mudah teroksidasi dan membentuk oksida aluminium  $\text{Al}_2\text{O}_3$  yang mempunyai titik cair yang tinggi. Karena sifat ini maka peleburan antara logam dasar dan logam las menjadi terhalang.
3. Karena mempunyai koefisien muai yang besar, maka mudah sekali terjadi deformasi sehingga paduan-paduan yang mempunyai sifat getas panas akan cenderung membentuk retak-panas.
4. Karena perbedaan yang tinggi antara kelarutan hidrogen dalam logam cair dan logam padat, maka dalam proses pembekuan yang terlalu cepat akan terbentuk rongga halus bekas kantong-kantong hidrogen.
5. Paduan aluminium mempunyai berat jenis rendah, karena itu banyak zat-zat lain yang terbentuk selama pengelasan akan tenggelam. Keadaan ini memudahkan terkandungnya zat-zat yang tidak dikehendaki ke dalamnya.
6. Karena titik cair dan viskositasnya rendah, maka daerah yang kena pemanasan mudah mencair dan jatuh menetes.

Dewasa ini sifat yang kurang baik tersebut telah dapat diatasi dengan alat dan teknik las yang lebih maju dan dengan menggunakan gas mulia sebagai pelindung selama pengelasan. Salah satunya adalah las MIG.

## 2.3. Kekuatan logam lasan

Untuk mengetahui kekuatan tarik sambungan las dilakukan dengan melakukan uji tarik. Dalam pengujian, batang uji dibebani dengan kenaikan beban sedikit demi sedikit sampai batang uji patah. Kekuatan tariknya dihitung dengan formula:

$$\sigma = \frac{F}{A_0} \quad (kg/mm^2) \quad (2)$$

dimana:  $\sigma$  = kekuatan tarik ( $kg/mm^2$ )

F = beban maksimum yang mampu ditahan spesimen (kg)

$A_0$  = Luas penampang awal spesimen ( $mm^2$ )

### 3. Metode Penelitian Skematik Langkah Penelitian



Gambar 5. Diagram alir penelitian

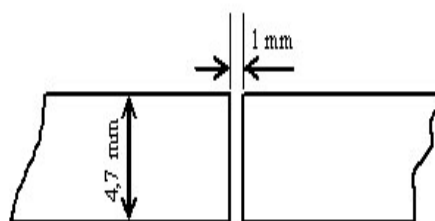
#### Alat dan bahan

1. Mesin las MIG, Tipe MIG.C300, 300 DC.
2. Mesin Uji tarik, Tipe UPD 100
3. Bahan
  - Logam induk yang digunakan adalah Aluminium seri 1100 dengan komposisi: Al = 99,00%, Mn = 0,05%, Zn = 0,1%, Si = 1,0%Si + Fe, Cu = 0,05 -0,20%.

- Elektrode yang digunakan jenis AWS 5.10 (*Aluminium and Aluminium Alloy Welding Rods and Bare Electrodes*) dengan tipe 1100 dengan komposisi: Mn = 0,05%, Zn = 0,1%, Si = 1,0%Si + Fe, Cu = 0,05 -0,20%.
- Gas pelindung pengelasan adalah Argon 100%.

#### Perencanaan pengelasan

- a. Perencanaan Kuat Arus  
Untuk material dengan ketebalan 4,7 mm, diameter elektrode 1,2 mm, arus yang sesuai adalah 160 – 195 A [4]. Variasi arus yang digunakan dalam penelitian ini adalah 150 A, 165 A, 180 A, 195 A dan 210 A. Dalam hal ini, selain arus pada range standard, digunakan juga arus yang di bawah dan di atas standard.
- b. Perencanaan Tegangan  
Untuk kuat arus 160 – 195 A dan tebal material 4,7 mm, tegangan yang digunakan antara 20 – 24 Volt [4]. Pada penelitian ini digunakan tegangan 24 V dan dijaga konstan.
- c. Perencanaan kecepatan pengelasan  
Besarnya kecepatan pengelasan yang sesuai dengan standard adalah antara 20 – 25 inchi/menit [4]. Pada penelitian ini digunakan kecepatan konstan 25 inchi/menit.
- d. Perencanaan alur  
Dengan tebal material 4,7 mm, maka type alur yang digunakan adalah *open square groove* [4]

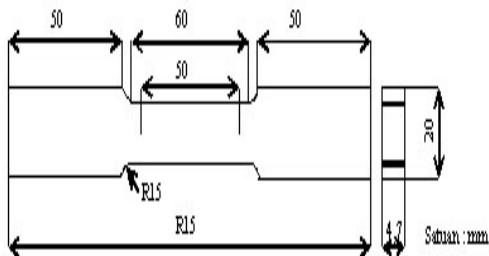


Gambar 6. Open square groove

#### 3.1. Langkah-langkah pengelasan

- a. Pembuatan spesimen uji sebanyak 30 buah, masing-masing 6 spesimen untuk tiap perlakuan.
- b. Plat dengan ukuran 680 x 200 mm dipotong bagian tengahnya dan ujung-ujung yang akan dilas dibuat kempuh atau alur pengelasan.
- c. Plat di fitup, kemudian dilakukan pengelasan.
- d. Plat yang sudah dilas dipotong-potong kembali dengan ukuran standard uji tarik, diperoleh spesimen 34 buah dengan ukuran 200 x 20 mm. Masing-masing 2 plat hasil potongan dibagian pinggir tidak dipakai, sehingga diharapkan pengelasan yang terjadi

sudah dengan kecepatan yang konstan. Spesimen yang tersisa 30 buah.  
 e. Plat yang sudah dipotong-potong kemudian dibuat spesimen uji tarik berdasarkan standard ASTM E 8, seperti gambar 6.



Gambar 7. Spesimen uji tarik

3.2. Langkah-langkah Uji Tarik

- Memuat spesimen uji sesuai standard.
- Memasang spesimen uji pada mesin uji tarik.
- Mesin uji tarik dihidupkan, dilakukan pencatatan beban tarik pada saat beban maksimum.
- Dilakukan perhitungan kekuatan tarik dengan menggunakan persamaan (2).

3.3. Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan rancangan satu arah, dimana terdapat satu variabel bebas yaitu kuat arus listrik dengan 5 variasi perlakuan yaitu 150 A, 165 A, 180 A, 195 A dan 210 A. Observasi respon dari masing-masing perlakuan merupakan sebuah variabel terikat dilakukan dengan menghitung kekuatan tarik spesimen, dimana data beban maksimum yang bisa ditahan spesimen sebelum patah didapat dengan membaca dari mesin uji tarik. Untuk setiap perlakuan dilakukan replikasi sebanyak 6 kali. Data yang diperoleh dianalisa menggunakan *analysis of variance dan regression analysis*.

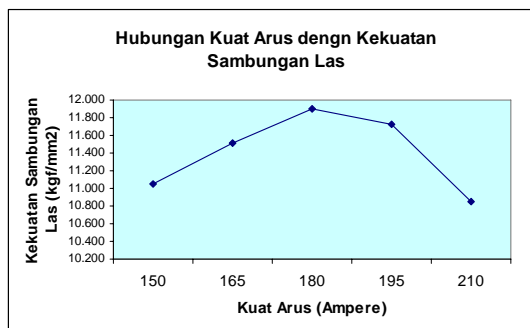
4. Hasil dan Pembahasan

Tabel 1. Data penelitian

Arus (A)	Observasi					
	Kekuatan Tarik (Kgf/mm <sup>2</sup> )					
	1	2	3	4	5	6
150	11.105	11,018	10,758	11,365	10,671	11,365
165	11.452	11,452	11,538	11,538	11,452	11,652
180	11.972	11,799	11,885	11,885	11,885	11,972
195	11.625	11,625	11,885	11,712	11,799	11,712
210	10.064	10,584	10,931	11,105	11,365	11,018

Tabel 2. Analisa varian

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	4,813	4	1,203	18,929	2.8E-07	2,759
Within Groups	1,589	25	0,064			
Total	6,402	29				



Gambar 8. Grafik hubungan kuat arus dan kekuatan sambungan las

Analisa regresi

Untuk mencari karakteristik atau pola hubungan antara kuat arus listrik dengan kekuatan sambungan las dicoba didekati dengan lima model regresi, yaitu regresi Linier, Logharitmic, Polynomial, Power dan Exponential. Dari kelima model regresi yang dicoba diperoleh nilai R<sup>2</sup> (*coefisien of determination*) untuk masing-masing model seperti ditunjukkan pada tabel 3.

Tabel 3. Perbandingan nilai R<sup>2</sup> model regresi

No	Model Regresi	Nilai R <sup>2</sup>
1	Linier	0,0046
2	Logaritme	0,0188
3	Power	0,017
4	Eksponensial	0,0056
5	Polinomial orde 2	0,949

Pembahasan

Dari hasil analisa variance pada tabel 5, diperoleh F<sub>hitung</sub> 18,929, sedangkan F<sub>tabel</sub> diperoleh 2,759 yang berarti F<sub>hitung</sub> > F<sub>tabel</sub>. Hasil uji ini menunjukkan bahwa kuat arus listrik memberikan pengaruh yang nyata terhadap kekuatan sambungan las. Kuat listrik yang berbeda akan menghasilkan kekuatan sambungan las yang berbeda pula dengan resiko kesalahan 5%.

Sedangkan model terbaik untuk menunjukkan hubungan antara kuat arus listrik dan kekuatan sambungan las adalah dengan model polinomial orde 2. Hal ini ditunjukkan dengan nilai R<sup>2</sup> (0,949) untuk model ini paling tinggi dibandingkan dengan model model yang lain. Hal ini

berarti bahwa terdapat 94,9 % pasangan data yang fit jika digunakan pendekatan dengan model polinomial orde 2.

Dari gambar 7 dapat diketahui bahwa makin tinggi kuat arus listrik kekuatan sambungan las akan meningkat sampai mencapai puncaknya pada kuat arus 180 Ampere dengan kekuatan sambungan las 11,900 kgf/mm<sup>2</sup>. Setelah 180 Ampere, penambahan kuat arus listrik justru akan menurunkan kekuatan sambungan lasnya. Hal ini disebabkan oleh pemindahan logam cair elektrode, dimana pada kuat arus listrik yang lebih rendah maka butiran logam cair yang terbawa kuat arus listrik semakain besar yang menyebabkan daya ikatnya akan semakin berkurang. Kondisi yang ideal dicapai pada penggunaan kuat arus 180 A. Sedangkan jika kuat arus ditingkatkan lagi, maka akan terjadi penetrasi yang besar pada logam induk yang mengakibatkan kekuatan sambungan akan menurun.

## 5. Kesimpulan

1. Kuat arus listrik mempunyai pengaruh yang nyata terhadap kekuatan tarik sambungan las aluminium seri 100 dengan proses las MIG.
2. Pola hubungan kuat arus dengan kekuatan tarik sambungan las aluminium seri 100 dengan proses las MIG paling sesuai jika dedekati dengan model hubungan polinomial orde 2.
3. Kekuatan sambungan las tertinggi diperoleh pada pengelasan dengan menggunakan kuat arus 180 Ampere, dengan kekuatan sambungan las yang dihasilkan sebesar 11,900 kgf/mm<sup>2</sup>.

## Daftar Pustaka

- [1] Askeland. R. Donald, 1984, *The Science And Engineering Of Materils*, Adivision of Wadsworth, Inc
- [2] American Welding Society, 1976, *Welding Handbook*, 8<sup>th</sup> Edition Vol. 1, Fundamental of Welding, Miami Florida.
- [3] Amstead, B.H, alih bahasa Sriati Djaprie, 1989, *Teknologi Mekanik*, Edisi ke-7, Erlangga, Jakarta
- [4] Cary, B. Howard. 1989, *Modern Welding Technology*, second edition, Prentice Hall International, Inc. Engewood. New jersey.
- [5] Douglas C. Montgomery, 1976, *Design and Analysis of Exsperiment*, John Wiley & Son, USA
- [6] Ginting Dines dan Kenyon W. 1985, *Dasar-dasar Pengelasan*, Erlangga, Jakarta.
- [7] Howard B.C., 1989, *Modern Welding Technology*, Second Edition, United State of America.
- [8] Lawrence H. Van Vlack, 1989, *Ilmu dan Teknologi Bahan*, Terjemahan Sriatie Djaprie. Erlangga Jakarta

- [9] Suratman, R. dan Sonawan W. 2003, *Pengantar Untuk Memahami Proses Pengelasan Logam*, Alfabeta, Bandung.
- [10] Wiryosumarto, Harsono, Toshi Okumura, 1991, *Teknologi Pengelasan Logam*, Cetakan ke-8 , PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- [11] W.O. Alexander et al, 1991, *Dasar Metalurgi Untuk Rekayasawan*, Edisi Pertama, PT Gramedia Pustaka Utama