

**STUDI EKSPERIMEN
PENGARUH KUAT ARUS TERHADAP KEKUATAN TARIK
DAN KEKERASAN HASIL LASAN LOGAM PIPA ALUMINIUM
SERI 5000 (AlMg5)**

Ali Achmadi (*)

*) Dosen Jurusan Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknologi Ronggolawe Cepu

ABSTRACT

Welding technology is one part that can not be separated in manufacturing technology. In general, welding can be interpreted as a metallurgical bond in a metal or alloy metal connection which is carried out when the metal is liquid. Now welding is the implementation of a very important job in production technology with metal raw materials. In this study aims to determine how the influence of strong currents on mechanical properties in MIG welding. that is by changing the welding current strength of 70 A, 90 A and 110 A and using a reverse polarity DC welding machine. After welding with varying currents, tensile and hardness testing are carried out. From these stages it will be known the extent of the strong influence of the flow of MIG welding results. The test results show that welding with a strong current of 70 A has the highest average tensile strength compared to a current strength of 90 A and 110 A that is equal to 121.25 N / mm². Furthermore, for hardness testing, the highest hardness data is found on the welding metal with a strong current of 70 A with a value of 96.6 HRB. From the results of tensile testing and hardness testing, the current strength factor greatly influences the results of welds (tensile strength and hardness). Here the 70 A strong current can produce better welding strength than 90 A and 110 A.

Keywords: MIG welding, variations in current strength, tensile strength, hardness

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

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 di las, karena telah banyak teknologi baru yang ditemukan dengan cara-cara pengelasan. Pengelasan didefinisikan sebagai penyambungan dua logam atau paduan logam dengan memanaskan di atas batas cair atau di bawah batas cair logam disertai penetrasi maupun tanpa penetrasi, serta diberi logam pengisi atau tanpa logam pengisi (Cary, B. Howard. 1989).

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 mempengaruhi sifat mekanik logam las (Wiryosumarto 1991). Las MIG yaitu merupakan proses penyambungan dua material logam atau lebih menjadi satu melalui proses pencairan setempat, dengan menggunakan elektroda

gulungan(*filler metal*) yang sama dengan logam dasarnya (*base metal*) dan menggunakan gas pelindung (*inert gas*).

Mesin las MIG menurut arusnya biasanya menggunakan arus searah atau *Direct Current* (DC). Mesin Las arus DC dapat digunakan dengan dua cara yaitu polaritas lurus dan polaritas terbalik. Mesin las DC polaritas lurus (DC-) digunakan bila titik cair bahan induk tinggi dan kapasitas besar, untuk pemegang elektrodanya dihubungkan dengan kutub negatif 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.

Polaritas searah sangat jarang digunakan karena transfer logam yang kurang baik dari elektroda kawat ke benda kerja. Hal ini karena pada polaritas searah, panas terletak pada elektroda.

Sehingga pada Proses pengelasan MIG (*Metal Inert Gas*), menggunakan arus searah *Direct Current* (DC), dengan tegangan tetap sebagai sumber tenaga. Dengan sumber tenaga ini biasanya penyemburan terjadi bila polaritasnya adalah polaritas terbalik.

Untuk beberapa keperluan seperti penyambungan konstruksi mesin digunakan pengelasan dengan gas mulia (*Argon*). Pengelasan dengan gas mulia (*Argon*) dipilih dikarenakan hasil dari pengelasan tersebut lebih bersih, kuat, dan disamping itu dapat digunakan pada material *non ferro* seperti Aluminium (Al).

1.2. Perumusan Masalah.

Memperhatikan dari latar belakang, maka perlu dilakukan penelitian dan merumuskan permasalahan sebagai berikut :

Bagaimanakah pengaruh kuat arus terhadap kekuatan tarik dan kekerasan hasil lasan pada pengelasan MIG?

1.3. Batasan Masalah

Agar penulisan tugas akhir ini lebih terarah dan tidak terlalu melebar agar mempertajam pembahasan, maka perlu dilakukan pembatasan masalah, yaitu :

1. Bahan yang digunakan Aluminium seri 5000 (Almg5).
2. Menggunakan las MIG DC polaritas terbalik.
3. Ketebalan bahan pipa adalah 6mm, panjang 200 mm dan diameter 101,6 mm.
4. Arus pengelasan yang digunakan adalah 70 A, 90 A, 110 A.
5. Tegangan pengelasan 24 Volt.
6. Elektroda (ER5356) diameter 0,8 mm
7. Gas *Inert* menggunakan jenis Argon (Ar) dengan aliran gas argon 12 Liter/Menit.
8. Posisi pengelasan dengan menggunakan posisi bawah tangan.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh arus pengelasan terhadap kekerasan hasil pengelasan pada las MIG.
2. Mengetahui pengaruh arus pengelasan terhadap kekuatan tarik hasil pengelasan pada las MIG.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini antara lain adalah:

1. Sebagai informasi untuk meningkatkan kualitas hasil pengelasan pada las MIG.
2. Untuk meningkatkan pengetahuan bagi peneliti dalam bidang pengelasan, pengujian bahan dan bahan teknik

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Las MIG (*Metal Inert Gas*)

Las MIG adalah suatu metode pengelasan dimana gas disebarkan ke daerah yang dilas untuk melindungi busur elektroda 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.

Elektroda 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 elektroda dengan benda kerja. Dengan adanya panas ini menyebabkan logam induk serta elektroda 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 O₂ antara 2% sampai 5% atau CO₂ antara 5% sampai 20%. Las MIG biasanya dilaksanakan secara otomatis atau semi otomatis dengan arus searah (DC) polaritas.

Peralatan Las MIG

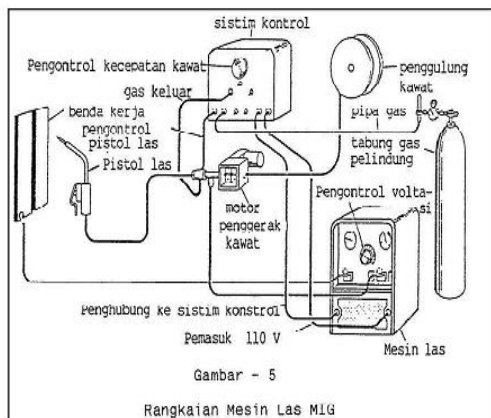
Peralatan utama dalam Las MIG adalah :

1. Mesin

Sistem pembangkit tenaga pada mesin MIG (*metal inert gas*), pada prinsipnya adalah sama dengan mesin SMAW yang di bagi dalam 2 golongan, yaitu : Mesin las arus bolak balik (*Alternating Current/AC Welding Machine*), dan mesin arus searah (*Direct Current/ DC Welding Machine*), namun sesuai dengan tuntutan pekerjaan dan jenis bahan yang di las yang kebanyakan adalah jenis baja, maka secara luas proses pengelasan dengan MIG (*Metal Inert Gas*), adalah menggunakan mesin las DC.

Mesin las MIG merupakan mesin las DC umumnya berkemampuan sampai 250 amper. Dilengkapi dengan sistem kontrol, penggulung kawat gas pelindung, sistem pendingin dan rangkaian lain.

Umumnya mesin las arus searah (DC) mendapatkan sumber tenaga listrik dari trafo las (AC) yang kemudian diubah menjadi arus searah dengan voltase yang konstan (*constant voltage*).



Gambar 2.1 Rangkaian mesin las MIG

2. Pengontrol kawat elektroda (*wire feeder*)

Alat pengontrol kawat elektroda (*wire feeder unit*) adalah alat atau perlengkapan utama pada pengelasan dengan MIG (*Metal Inert Gas*). Alat ini biasanya tidak menyatu dengan mesin las, tapi merupakan bagian yang terpisah dan ditempatkan berdekatan dengan pengelasan.

Fungsi *wire feeder* adalah sebagai berikut:

1. Menempatkan rol kawat elektroda
2. Menempatkan kabel las (termasuk *welding gun* dan *nozzle*) dan sistem saluran gas pelindung
3. Mengatur pemakaian kawat elektroda
4. Mempermudah proses atau penanganan pengelasan, dimana *wire feeder* tersebut dapat dipindah sesuai kebutuhan.
3. Kabel las dan kabel kontrol
Pada mesin las terdapat kabel primer dan kabel sekunder atau kabel as. Kabel primer adalah kabel yang menghubungkan antara sumber tenaga dengan mesin las. Jumlah kawat inti pada kabel primer disesuaikan dengan jumlah fasa mesin las ditambah satu kawat sebagai hubungan pentanahan dari mesin las. Kabel sekunder adalah kabel-kabel yang dipakai untuk keperluan mengelas, terdiri dari kabel yang dihubungkan dengan tang las dan benda kerja serta kabel-kabel kontrol.
4. *Welding gun*
Berfungsi sebagai penyalur kawat elektroda, gas pelindung dan arus listrik.
5. Regulator gas pelindung
Fungsi utama dari regulator adalah untuk mengatur pemakaian gas. Untuk pemakaian gas pelindung dalam waktu

yang relatif lama, terutama gas CO₂ diperlukan pemanas (*heater vapourizer*) yang dipasang antara silinder gas dan regulator. Hal ini diperlukan agar gas pelindung tersebut tidak membeku yang berakibat terganggunya aliran gas.

6. Pipa kontak

Pipa pengarah elektroda biasa disebut pipa kontak. Pipa kontak terbuat dari tembaga, dan berfungsi untuk membawa arus listrik ke elektroda yang bergerak dan mengarahkan elektroda tersebut ke daerah kerja pengelasan.

7. Nozzle gas pelindung

Nozzle gas pelindung akan mengarahkan jaket gas pelindung kepada daerah las. *Nozzle* yang besar digunakan untuk proses pengelasan dengan arus listrik yang tinggi. *Nozzle* yang lebih kecil digunakan untuk pengelasan dengan arus listrik yang lebih kecil.

2.2 Elektroda

Bagian yang sangat penting dalam las busur listrik adalah elektroda las. Selama proses pengelasan elektroda akan meleleh dan akhirnya habis. Jenis elektroda yang digunakan akan sangat menentukan hasil pengelasan, sehingga sangat penting untuk mengetahui jenis dan sifat-sifat masing-masing elektroda sebagai dasar pemilihan elektroda yang tepat.

Elektroda untuk pengelasan MIG (*Metal Inert Gas*) pada bahan aluminium menggunakan elektroda tipe ER5356. Elektroda tipe ini mempunyai klasifikasi paling banyak dipakai, elektroda ini dapat menggunakan gas pelindung campuran argon-oksigen atau CO₂.

2.3 Aluminium

Aluminium adalah logam yang ringan dengan berat jenis 2.7 gram/cm³ setelah Magnesium (1.7 gram/cm³) dan Berilium (1.85 gram/cm³) atau sekitar **1/3** dari berat jenis besi maupun tembaga. Konduktifitas listriknya 60 % lebih dari tembaga sehingga juga digunakan untuk peralatan listrik. Selain itu juga memiliki sifat penghantar panas, memiliki sifat pantul sinar yang baik sehingga digunakan pula pada komponen mesin, alat penukar panas, cermin pantul, komponen industri kimia dll.

Aluminium merupakan logam yang reaktif sehingga mudah teroksidasi dengan oksigen membentuk lapisan aluminium oksida, alumina (Al₂O₃) dan membuatnya tahan korosi yang baik. Namun bila kadar Fe, Cu dan Ni ditambahkan akan menurunkan

sifat tahan korosi karena kadar aluminyanya menurun. Penambahan Mg, Mn tidak mempengaruhi sifat tahan korosinya.

Aluminium bersifat ulet, mudah dimesin dan dibentuk dengan kekuatan tarik untuk aluminium murni sekitar 4~5 kgf/mm². Bila diproses penguatan regangan seperti dirol dingin kekuatan bisa mencapai ± 15 kgf/mm².

2.4 Pengujian Bahan

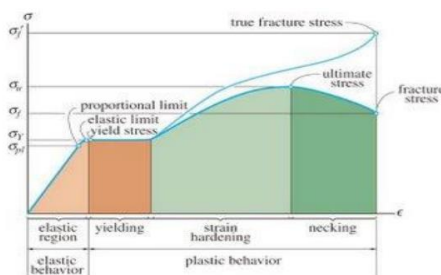
Pengujian bahan dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat mekanisnya secara jelas. Sifat mekanik dari logam meliputi: kekuatan, kekerasan, keuletan, kekakuan, dan keliatan. Dan pada pengujian ini akan dilakukan pengujian kekerasan dan kekuatan tarik dari hasil pengelasan.

2.4.1 Uji Tarik

Pengujian tarik dilakukan dengan penambahan beban secara perlahan-lahan, kemudian akan terjadi pertambahan panjang yang sebanding dengan gaya yang bekerja. Kesebandingan ini terus berlanjut sampai bahan sampai titik *proportionality limit*.

Setelah itu pertambahan panjang yang terjadi sebagai akibat penambahan beban tidak lagi berbanding lurus, pertambahan beban yang sama akan menghasilkan penambahan panjang yang lebih besar dan suatu saat terjadi penambahan panjang tanpa ada penambahan beban, batang uji bertambah panjang dengan sendirinya. Hal ini dikatakan batang uji mengalami *yield* (luluh). Keadaan ini hanya berlangsung sesaat dan setelah itu akan naik lagi.

Kenaikan beban ini akan berlangsung sampai mencapai maksimum, untuk batang yang ulet beban mesin tarik akan turun lagi sampai akhirnya putus. Pada saat beban mencapai maksimum, batang uji mengalami pengecilan penampang setempat (*local necking*) dan penambahan panjang terjadi hanya disekitar *necking* tersebut. Pada batang getas tidak terjadi *necking* dan batang akan putus pada saat beban maksimum.



Gambar 2.2 Gambar tegangan-regangan

2.4.2 Uji Kekerasan

Kekerasan suatu bahan pada umumnya, menyatakan terhadap deformasi dan untuk logam dengan sifat tersebut merupakan ukuran ketahanannya terhadap deformasi plastis atau deformasi permanen. Apabila yang menyatakan kekerasan sebagai ukuran terhadap lekukan dan ada pula yang mengartikan kekerasan sebagai ukuran kemudahan dan kuantitas khusus yang menunjukkan sesuatu mengenai kekuatan dan perlakuan panas dari suatu logam.

Penentuan kekerasan untuk keperluan industri biasanya digunakan metode. Pengukuran ketahanan penetrasi bola kecil, kerucut, piramida. Pengujian kekerasan adalah salah satu dari sekian banyak pengujian yang dipakai. Karena dapat dilaksanakan pada benda uji yang kecil tanpa kesukaran mengenai spesifikasinya.

Pengujian yang paling banyak dipakai adalah penekanan-penekanan tertentu pada benda kerja dengan bahan tertentu dengan mengukur ukuran penekanan yang berbentuk diatasnya :

- Metode *Brinnell*
- Metode *Vickers*
- Metode *Rockwell*

Pada penelitian ini akan dijelaskan satu metode pengujian kekerasan yang berkaitan dengan pengujian yang akan dilaksanakan. Metode yang dilakukan pada pengujian ini adalah Metode *Rockwell*. Pengujian dengan metode ini dilakukan dengan memberikan penekanan kepermukaan suatu spesimen uji. Penekanan ini dilakukan dengan menggunakan suatu penekan pada beberapa titik dengan interval jarak tertentu dan indikator *rockwell* akan menunjukkan hasil nilai kekerasan bahan tersebut sesuai titik yang ditekan.

Metode yang paling umum digunakan karena simple dan tidak menghendaki keahlian khusus. Digunakan kombinasi variasi *indenter* dan beban untuk bahan metal dan campuran mulai dari bahan lunak sampai keras.

Indenter :

- bola baja keras ukuran 1/16 , 1/8 , 1/4 , 1/2 inci (1,588; 3,175; 6,350; 12,70 mm)
- intan kerucut

Hardness number (nomor kekerasan) ditentukan oleh perbedaan kedalaman *penetrasi indenter*, dengan cara memberi beban minor diikuti beban major yang lebih besar.

3. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen dengan variasi kuat arus pengelasan. Dalam penelitian ini digunakan variasi kuat arus 70 A, 90 A, 110 A.

3.1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Lokasi Penelitian

Pembuatan spesiment dilakukan di INLASTEK Solo. Dan pengujian dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin ITN Malang, dengan menggunakan uji kekerasan Rockwell, dan uji tarik. Pengujian ini dibantu oleh instruktur dari ITN Malang.

3.3 Bahan dan Alat Penelitian

3.3.1 Bahan

Spesifikasi benda uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

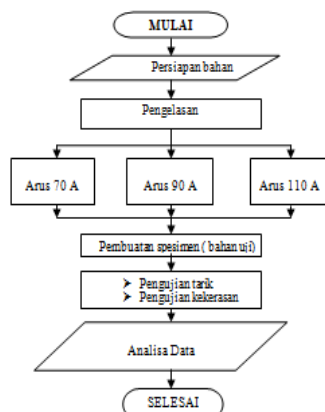
- Bahan yang digunakan adalah Alumunium Seri 5000 (AlMg5).
- Elektroda ER5356. Diameter 0,8 mm
- Gas *Inert* menggunakan jenis Argon (Ar) dengan Kecepatan aliran 12 Liter/Menit

3.3.2 Alat Penelitian

Peralatan Penelitian

Bahan yang digunakan adalah Alumunium Seri 5000 (AlMg5) dengan panjang 200 mm, Berbentuk pipa dengan diameter 101,6 mm dan ketebalan 6 mm. Persiapan Peralatan Penelitian

- Mesin Las MIG DC+
- Mesin Gerinda
- Mesin Frais
- Perlengkapan pengelasan
- Kikir
- Pengukur sudut
- Penggaris
- Mesin Uji kekerasan
- Mesin Uji Tarik



Gambar 3.1 Diagram alir (flow chart) penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Penelitian

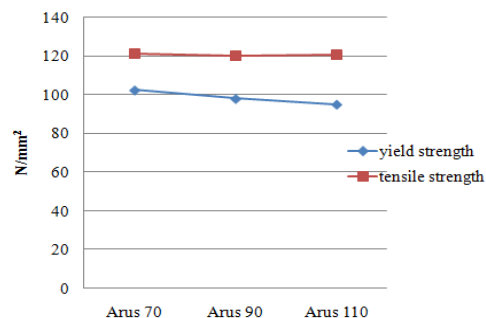
4.1.1. Hasil Pengujian Tarik

Pengujian Tarik dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat mekanis dari Pipa Alumunium sebagai material uji dalam penelitian ini. Hasil Pengujian tarik pada umumnya adalah parameter kekuatan (kekuatan tarik dan kekuatan luluh), parameter keliatan atau keuletan yang ditunjukkan dengan adanya persentase perpanjangan dan persentase kontraksi atau reduksi penampang.

Tabel 4.1 Tabel Rata-Rata Hasil Pengujian Tarik

PARAMETER	SPESIMENT		
	ARUS 70 A	ARUS 90 A	ARUS 110 A
Max. Force (N)	8403,50	8246,70	7820,40
	8599,50	8021,30	7296,90
	9187,50	9662,80	5497,80
Rata-rata	8730,16	8643,6	6871,7
Yield Strength (N/mm ²)	86,567	85,206	98,152
	108,072	84,797	92,365
	112,836	123,793	94,152
Rata-rata	102,491	97,932	94,889
Tensile Strength (N/mm ²)	116,715	114,537	108,365
	119,438	111,407	126,314
	127,604	134,206	127,265
Rata-rata	121,25	120,25	120,648
Elongation (%)	18,578	10,578	17,164
	12,089	17,156	18,265
	17,511	16,356	18,364
Rata-rata	16,059	14,696	17,931

4.1.2 Analisa Pengujian Tarik



Gambar 4.1 Diagram nilai kekuatan tarik

Dari hasil pengujian didapatkan pengujian tarik untuk variasi arus pengelasan 70 A, pada pengujian ini nilai rata-rata beban maksimal mempunyai nilai tertinggi yaitu 8730.16 N/mm². Dan kekuatan tarik mempunyai nilai 121.25 N/mm².

Dan untuk rata-rata tegangan luluh arus 70 A mempunyai nilai tertinggi diantara yaitu 102.491 N/mm². Dikarenakan arus yang kecil sehingga panas yang di timbulkan juga lebih sedikit dan kecepatan pendinginan lebih lambat, sehingga kekuatan tarik dan tegangan luluhnya lebih tinggi di banding variasi

pengelasan lain. Dan persentase rata-rata perpanjangannya diantara variasi arus pengelasan lain yaitu 16.059 N/mm². Dari hasil data perbandingan nilai kekuatan tarik dan regangan dapat di simpulkan bahwa hasil pengelasan dengan arus 70 A memiliki sifat getas.

4.1.3 Hasil Pengujian Kekerasan

Eksperimen Uji Kekerasan Material Dengan Metode Rockwell ini bertujuan untuk mengetahui kekerasan logam (bahan) sebagai ukuran ketahanan logam tersebut terhadap deformasi plastis. Kekerasan ini dinyatakan dengan angka kekerasan Rockwell (HRB).

Tabel 4.2 Hasil Uji Kekerasan *Rockwell*

TITIK PENETRASI	DAERAH	SPESIMEN		
		70 A	90 A	110 A
1	LOGAM LAS	98	95	86
2		96	96	90
3		96	94	92
RATA-RATA		96,6	95	89,3
1	HAZ	75	94	93
2		85	94	96
3		99	95	93
RATA-RATA		86,3	94,3	93,67
1	LOGAM INDUK	20	26	23
2		28	22	21
3		15	22	19
RATA-RATA		21	23,3	21

4.1.4 Analisa Pengujian Kekerasan

Diagram diatas merupakan gabungan rata-rata nilai kekerasan hasil pengelasan dengan kuat arus 70 A, 90 A, dan 110 A. Nilai kekerasan tertinggi yaitu pada logam las dengan kuat arus 70 A yaitu 96,6 HRB.

Pada hasil pengujian kekerasan pada daerah logam induk, nilai kekerasannya kecil, karena daerah ini tidak mengalami proses pemanasan dengan temperatur yang sangat tinggi yaitu jauh melebihi diatas garis temperatur kritis, sehingga nilai kekerasannya relatif sama.

Dan untuk nilai kekerasan pada logam las lebih tinggi di bandingkan daerah HAZ, ini dikarenakan daerah ini terjadi proses peleburan dan pemanasan setempat yang dilanjutkan dengan proses laju pendinginan secara cepat. Hal ini juga dipengaruhi oleh besar arus pengelasan.

Dari hasil pengujian terjadi peningkatan nilai kekerasan dengan peningkatan kuat arus, hal ini disebabkan dengan kenaikan arus, las yang dihasilkan

lebih besar dan masukan panas juga semakin besar sehingga berpengaruh terhadap kekerasan logam las.

5. PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Pengaruh kuat arus pada las MIG bahan pipa aluminium Almg5 dapat disimpulkan bahwa :

Kuat arus, kecepatan pengelasan sangat berpengaruh terhadap kekuatan sambungan dan kekerasan hasil pengelasan.

Beban maksimal tertinggi pada pengelasan dengan kuat arus 70 A yaitu dengan rata-rata 8730.16 N/mm². Kekuatan tarik hasil pengelasan tertinggi pada kuat arus 70 A yaitu 121.25 N/mm² . Tegangan luluh terbesar pada pengelasan dengan kuat arus 70 A yaitu dengan rata-rata 102.491 N/mm². Perpanjangan/*elongation* terbesar pada pengelasan dengan kuat arus 110 A yaitu dengan rata-rata 17.931 %.

Kuat arus listrik mempunyai pengaruh yang nyata terhadap kekuatan tarik sambungan las aluminium seri 5000 dengan proses las MIG. Hasil pengujian kekerasan di dapat nilai tertinggi pada hasil pengelasan dengan kuat arus 70 A pada daerah las yaitu 96,6 HRB,

5.2. Saran

1. Pada pelaksanaan proses pengelasan ada beberapa faktor yang perlu di perhatikan diantaranya parameter las yang benar dan terjamin, menjaga agar pada saat proses pengelasan tidak terkontaminasi atmosfir. Dan untuk pemeriksaan cacat las harus teliti dan akurat.
2. Dari hasil yang diperoleh pada penelitian ini, pada pengelasan MIG pada material Aluminium AlMg5 disarankan untuk tidak menggunakan arus yang terlalu rendah atau begitu sebaliknya menggunakan arus yang terlalu tinggi, arus yang baik yaitu antara 90 A – 100 A.

DAFTAR PUSTAKA

- Cary, B. Howard. 1989, *Modern Welding Technology*, second edition, Prentice Hall International, Inc. Engewood. New jersey
- Catur hendra sukmana dkk (2013) pada penelitiannya yang berjudul "" *Analisa pengaruh pengelasan GMAW terhadap perubahan mikrostruktur, tegangan sisa dan distorsi pada alumunium dengan variabel heat input yang berbeda*"
- Diktat las MIG Teknik Pengelasan
- I Dewa Made Krishna Muku, Jurnal Ilmiah Teknik Mesin CakraM Vol. 3 No. 1, April 2009, (11 – 17), *Kekuatan Sambungan Las Aluminium Seri 1100 dengan Variasi Kuat Arus Listrik Pada Proses Las Metal Inert Gas (MIG)*.
- Kusnadi, 2008. *Bahan Teknik*
- Wiryosumarto, H., 2008, *Teknologi Pengelasan Logam*, Pradnya Paramita, Jakarta.