

PENGARUH PROSES PENGELOMAN TIG TERHADAP SIFAT MEKANIS BAHAN PADUAN ALUMINIUM

Romli

Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Sriwijaya
Jl. Sriwijaya Negara Bukit Besar Palembang 30139
Telp: 0711-353414, Fax: 0711-453211

Abstrak

Salah satu tujuan terpenting dalam pengembangan material adalah menentukan apakah struktur dan sifat-sifat material optimum agar daya tahan dapat dicapai maksimum. Material komponen konstruksi dan perkakas diusahakan untuk mencapai sifat-sifat yang lebih unggul dari bahan terutama keunggulan dalam penerapan dalam berbagai kondisi operasional. Paduan aluminium harus mempunyai keunggulan terhadap beban kejut, sifat tahan korosi, mudah dipasang, mudah dibuat dan jauh lebih murah. Paduan aluminium merupakan bahan teknik yang sangat baik digunakan karena sifat yang ulet, tahan terhadap korosi dan mudah didapat. Paduan Aluminium-Tembaga dengan kandungan Cu 4,5 % memiliki sifat mekanis dan mampu mesin yang baik. Komposisi material aluminium berpengaruh besar terhadap sifat mekanis suatu material yang mengalami proses pengelasan. Dari hasil pengujian kekerasan permukaan paduan aluminium yang telah diberi proses perlakuan panas akibat proses pengelasan terjadi kenaikan harga kekerasan jika dibandingkan dengan paduan aluminium yang tidak diberi perlakuan panas. Proses yang terjadi pada paduan ini karena tidak terjadi pengaturan kembali atom akibat dari proses pendinginan.

Kata Kunci : Perlakuan Panas, Kekerasan

Abstract

One of the most important goal is to determine whether the material development of the structure and properties of the optimum material for maximum durability can be achieved. Material of construction components and tooling sought to achieve properties superior to the material advantages, sepecially in the application in a variety of operational conditions. Aluminum alloys should have an advantage against shock loads, corrosion- resistant properties, easy to install, easy to make and much cheaper. Aluminum alloy is an excellent engineering material used because of the nature of the resilient, resistant to corrosion and easy to obtain. Aluminum-Copper alloy with a Cu Content of 4,5% has the mechanical properties and capable of a good machine. Composition of the aluminum material influence on the mechanical properties of a material is undergoing a process of welding. From the results of testing the surface hardness of aluminum alloys has been given a heat treatment process due to the welding process of rising prices of compared with aluminum alloys are not heat treated. Processes that occur in this alloys because it does not happen due to the rearrangement of the atoms of the cooling process.

Key words : Heat Treatment, hardness

1. PENDAHULUAN

Pengembangan material komponen konstruksi dan perkakas diusahakan untuk mencapai sifat-sifat yang lebih unggul dari bahan terutama keunggulan dalam

penerapan dalam berbagai kondisi operasional. Salah satu tujuan terpenting dalam pengembangan material adalah menentukan apakah struktur dan sifat-sifat material optimum agar daya tahan terhadap korosi dicapai maksimum.

Aluminium merupakan bahan yang ringan dan tahan korosi, karena sifat tersebut aluminium banyak digunakan untuk berbagai keperluan baik untuk rumah tangga maupun untuk kebutuhan konstruksi. Pada saat sekarang ini aluminium sudah banyak digunakan untuk tabung, konstruksi rumah dan bagian mesin oleh karena itu salah satu bagian yang sangat penting yaitu proses penyambungan dengan las, proses ini dapat mempengaruhi sifat mekanik material.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh proses pengelasan TIG terhadap sifat mekanis bahan paduan Aluminium. Bahan ini dipilih karena memiliki karakteristik khas dan keunggulan yang tidak dimiliki oleh bahan lain untuk kondisi operasional dan mudah dibentuk maupun dilakukan proses permesinan.

Dalam penelitian ini ada beberapa hal yang dapat menjadi rumusan masalah. Penelitian ini mencoba untuk menyelidiki variabel perlakuan panas akibat proses pengelasan TIG. Siklus perlakuan panas pada material ini mempunyai dampak yang besar terhadap sifat mekanis.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Aluminium pertama kali ditemukan tahun 1825, logam ini dalam bebas terdapat pada bauxites yang berupa senyawa oksida lumanium yang tidak murni, selain itu terdapat silica dan oksida besi. Untuk memisahkan aluminium dari unsur-unsur diatas dikembangkan proses reduksi elektrolisa, sehingga dihasilkan aluminium dengan kadar Al (90 - 98) %, Aluminium murni mempunyai sifat lunak dan kurang kuat terhadap gesekan. Berat Jenis Aluminium murni 2643 kg/m^3 sedangkan titik cair aluminium 660°C . Kekerasan permukaan aluminium murni 17 BHN sedangkan kekuatan tarik maksimum adalah $4,9 \text{ kg/m}^2$.

Untuk memperbaiki sifat mekanis aluminium dilakukan dengan memadukan dengan unsur-unsur lain seperti tembaga, silisium, magnesium, mangan, dan nikel. Paduan aluminium ini memiliki beberapa keunggulan misalnya Al-Si, Al-Cu-Si digunakan untuk bagian mesin, Al-Cu-Ni-Mg dan Al-Si-Cu-Ni-Mg digunakan untuk bagian mesin yang tahan panas, sedangkan Al-Mg untuk bagian yang tahan korosi.

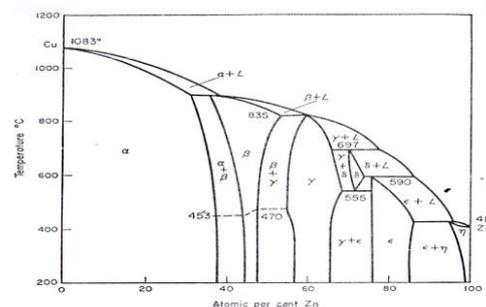
Paduan Aluminium-Tembaga dengan kandungan Cu 4,5 % memiliki sifat mekanis dan mampu mesin yang baik sedangkan

sifat mampu cornya jelek sehingga untuk memperbaiki sifat mampu cor ditambahkan silisium 4 % paduan ini disebut laotal.

Pada paduan Aluminium-Silisium dengan kandungan silisium 2 % mempunyai sifat mampu cor baik, tetapi mempunyai sifat mekanis buruk hal ini disebabkan karena memiliki struktur butiran silisium yang besar, untuk memperbaiki sifat mekanik bahan dilakukan dengan menambahkan Mg, Cu atau Mn dan dilakukan proses perlakuan panas.

Paduan Aluminium dengan kandungan Si (7 - 9) % dan Mg (0,3 - 1,7) % dikeraskan dengan presipitasi, dimana akan terjadi presipitasi Mg_2Si dan memiliki sifat mekanis yang sangat baik. Paduan Aluminium yang mengandung magnesium sekitar (4 - 10) % mempunyai sifat yang baik terhadap korosi, memiliki tegangan tarik 30 kg/mm^2 dan sifat mulur diatas 12 %.

Paduan Aluminium-Tembaga dan Aluminium-Magnesium merupakan paduan aluminium yang sangat baik jika diberikan proses perlakuan panas. Komposisi hasil produk pengecoran industri kecil seperti pada table 1 merupakan paduan aluminium-tembaga, hal ini disebabkan karena menggunakan bahan daur ulang aluminium.



Gambar 1 : Diagram Fasa Aluminium-Tembaga

Sifat khas bahan perlu dikenal secara baik, karena bahan tersebut dipergunakan untuk berbagai keperluan dan berbagai keadaan, sifat-sifat bahan yang diinginkan sangat banyak diantaranya sifat-sifat mekanik dan sifat teknologi, kebanyakan sifat-sifat tersebut ditentukan oleh jenis dan perbandingan atau yang membentuk bahan yaitu unsur dan komposisinya.⁽³⁾

Sifat-sifat mekanik bahan antara lain :

1. Kekuatan

Adalah ketahanan suatu bahan terhadap deformasi plastis, pada

kekuatan luluh nilai besaran adalah besaran gaya pada saat luluh dibagi luas penampang.

2. Kekerasan Permukaan.

Adalah ketahanan bahan akibat penetrasi pada permukaannya, kekerasan Brinnell dilakukan dengan cara memberikan beban statis berupa penekanan dengan indentor. Bola baja karbida yang mana diameter bola dan beban ada beberapa macam tergantung jenis dan tebal material, setelah dilakukan penekanan maka akan didapat luas bekas penekanan yang luas tersebut akan dihitung guna mendapatkan nilai kekerasannya. Nilai kekerasan Brinnell dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$BHN = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})} \quad (1)$$

dimana :

P = Beban (Kg)

D = Diameter indentor (mm)

d = Diameter hasil penekanan rata-rata (mm)

3. Kekuatan Tarik.

Kekuatan tarik merupakan kemampuan bahan untuk menahan tarikan agar bahan tersebut tidak berubah bentuk, kekuatan tarik mengatakan besarnya beban maksimum yang dapat diterima oleh bahan dibagi dengan luas penampang mula.

$$\sigma_u = \frac{P_{maks}}{A_0} \quad (2)$$

4. Keuletan.

Keuletan ditunjukkan regangan patah atau pertambahan panjang dan dapat pula dinyatakan dengan reduksi penampang.

$$C = \frac{A_0 - A_1}{A_0} \quad (3)$$

5. Batas Luluh (Yield Strength)

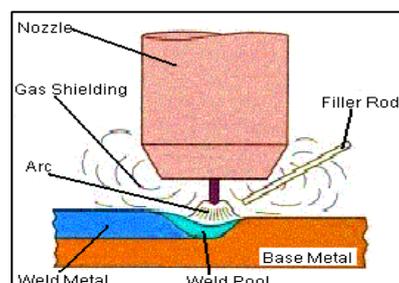
Batas luluh menunjukkan batas daerah yang mengalami deformasi elastis dan deformasi plastis.

$$\sigma_y = \frac{P_y}{A_0} \quad (4)$$

Proses ini dapat terjadi akibat batas kelarutan padat susut dengan menurunnya temperatur. Pada paduan Aluminium temperatur tinggi menyebabkan paduan berupa larutan padat α yang homogen, namun bila didinginkan menjadi jenuh dengan fase kedua θ , pada temperatur yang lebih rendah θ mengendap dan terjadilah pengerasan kisi, pada proses perlakuan panas pengerasan paduan dipanaskan hingga temperatur yang cukup tinggi agar terjadi pelarutan disusul dengan proses pendinginan cepat dengan mencelupkannya kedalam air atau media pendingin lainnya, proses pendinginan cepat ini mencegah terjadinya pemisahan fase θ , pada temperatur rendah paduan berada dalam keadaan lewat jenuh yang tidak stabil, namun setelah pencelupan, paduan dibiarkan untuk jangka waktu tertentu akan terjadi aging dan fase kedua yang mengalami proses pengerasan.

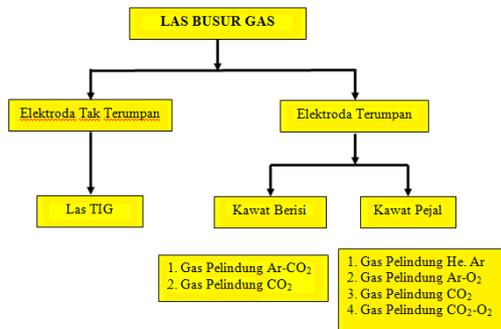
Pengelasan adalah proses penyambungan antara dua bagian atau lebih suatu logam atau paduan-paduan logam dengan menggunakan energi panas untuk mencairkan logam yang akan dilas dan disertai tekanan atau tanpa tekanan serta mempunyai kombinasi yang sesuai antara temperatur pemanas, tekanan dan metallurgi.

Pengelasan tungsten inert gas (TIG) merupakan kelompok las busur gas dengan elektroda tak terumpan, dimana gas dihembuskan ke daerah las untuk melindungi busur dan logam yang mencair terhadap atmosfer, gas yang digunakan sebagai pelindung adalah gas mulia, biasanya dipakai gas Helium (He) atau gas Argon (Ar) sedangkan elektroda yang digunakan adalah batang wolfram yang dapat menghasilkan busur listrik tanpa ikut mencair.⁽⁶⁾



Gambar 2 : Las busur dengan Elektroda tak terumpan

Las TIG dapat dilaksanakan dengan tangan atau otomatis dengan mengotomatiskan cara pengumpanan logam pengisi, secara umum klasifikasi las busur gas dapat dilihat pada bagan berikut :



Gambar 3 : Diagram Las Busur Gas

Penggunaan las TIG mempunyai dua keuntungan yaitu pertama kecepatan pengumpanan logam pengisi dapat diatur terlepas dari besarnya arus listrik sehingga penetrasi ke dalam logam induk dapat diatur semaunya, pengaturan ini memungkinkan las TIG dapat digunakan dengan baik untuk pelat tipis maupun pelat tebal, proses pengelasan ini biasanya digunakan untuk baja tahan karat, baja tahan panas dan untuk mengelas logam-logam bukan besi (non ferro).

Sumber listrik yang digunakan untuk pengelasan TIG dapat berupa listrik DC atau AC, biasanya arus searah (DC) dengan polarisasi lurus dipakai untuk pengelasan baja sedangkan pengelasan TIG yang mempunyai karakteristik lambat dapat digunakan arus DC atau AC.

Elektroda las listrik tak terumpan yaitu wolfram murni (tungsten) atau paduan antara wolfram-torium yang berbentuk batang dengan diameter (1,0 – 4,8) mm, penggunaan logam pengisi tak ada batasnya, biasanya logam pengisi diambil dari logam yang mempunyai komposisi sama dengan logam induknya.⁽⁶⁾

3. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

Adapun tujuan dan manfaat yang diharapkan dalam penelitian ini adalah ingin mengetahui perubahan sifat mekanis paduan Aluminium akibat dari proses penyambungan dengan las TIG dan dapat mengembangkan pemahaman empiris

mahasiswa tentang pengujian suatu bahan sehingga mahasiswa dapat mengembangkan diri dalam melakukan pengujian yang berskala besar dengan tingkat kesulitan yang tinggi.

4. METODE PENELITIAN

Metodologi yang diaplikasikan pada program penelitian ini melalui tahapan antara lain :

1. Observasi.

Yaitu mengumpulkan data mengenai produk aluminium yang dipergunakan di masyarakat, menganalisa kelemahan sambungan aluminium tersebut melalui wawancara dengan pengguna.

2. Pengujian.

Yaitu menguji hasil hipotesa mengenai bahan yang akan telah disambung melalui proses pengelasan, adapun tahap-tahap pengujian meliputi :

- Pengujian Komposisi Bahan
Yaitu melakukan pengujian terhadap prosentase unsur-unsur yang ada di dalam material dan bahan tambah
- Pengujian Kekuatan Tarik
Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui deformasi plastis yg terjadi pada material
- Pengujian Kekerasan Permukaan
Pengujian ini dilakukan untuk mendapatkan data mengenai perubahan kekerasan permukaan untuk tiap-tiap bahan uji
- Pengujian Struktur Mikro
Pengujian ini dilakukan dengan mengamati struktur bahan baik yang belum disambung las dan yang telah mengalami proses pengelasan.

3. Analisa Data Hasil Pengujian

Yaitu tahapan dimana data hasil pengujian diolah dan dianalisa seberapa besar pengaruh proses pengelasan terhadap sifat mekanis material.

5. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh proses pengelasan terhadap perubahan sifat mekanis paduan aluminium. Secara umum untuk perubahan sifat mekanis pada paduan aluminium dapat dilakukan dengan penambahan unsur-unsur logam transisi yang dapat menyebabkan proses pengerasan larutan padat seperti unsur

tembaga, seng, besi, Magnesium (Valensia, 1987) dan proses perlakuan panas pengerasan endapan.

Pada proses pengelasan sifat mekanis bahan (kekerasan permukaan dan kekuatan tarik) dapat terjadi karena adanya proses pemanasan akibat suhu yang tinggi

pada proses tersebut, tidak semua paduan aluminium akan mengalami perubahan sifat hal ini ditentukan oleh komposisi paduan aluminium. Paduan aluminium yang dapat dilakukan proses perlakuan panas antara lain :

Tabel 1. Paduan Aluminium Yang Dapat Di Proses Heat Treatment

No	Paduan Aluminium	Ketahanan Terhadap Korosi	Heatreatment
1	Al-Cu	Baik Sekali	Dapat
2	Al-Mn	Baik	Tidak Dapat
3	Al-Si	Tidak Baik	Tidak Dapat
4	Al-Mg	Baik	Tidak Dapat
5	Al-Mg-Si	Baik	Dapat
6	Al-Zn	Kurang	Dapat

5.1 Uji Komposisi

Komposisi aluminium sangat besar pengaruhnya pada perubahan yang terjadi untuk itu sebelum dilakukan proses pengelasan sebaiknya dilakukan uji komposisi aluminium dan bahan tambah, aluminium yang digunakan didapat dipasaran sehingga komposisi aluminium

belum lengkap untuk itu dilakukan pengujian komposisi pada aluminium menggunakan alat Poertaspec X-Ray Spectrograph Model 2501 (*Non Destruktif Test*). Dari proses pengujian didapat data komposisi aluminium adalah sebagai berikut:

Tabel 2. Komposisi Bahan Paduan Aluminium

	Si	Al	Ni	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Lain-lain	
Specimen	1	0.65	89.67	1.95	0.09	4.5	0.35	1.8	0.25	0.34	0.2	0.2
	2	0.71	89.69	2.3	0.1	4.25	0.35	1.5	0.3	0.35	0.25	0.2
	3	0.66	89.465	2	0.15	4.5	0.325	1.85	0.25	0.325	0.25	0.225
	4	0.7	89.755	2.35	0.1	4.55	0.35	1.2	0.195	0.35	0.25	0.2
	5	0.7	89.2	2.3	0.1	4.5	0.35	1.8	0.25	0.35	0.25	0.2
	6	0.67	90.74	2	0.14	4	0.3	1.25	0.2	0.275	0.225	0.2
	7	0.72	90.453	1.7	0.1	4.35	0.325	1.5	0.187	0.28	0.2	0.185
	8	0.7	91.01	1.75	0.095	3.85	0.3	1.3	0.2	0.35	0.195	0.25
Rata ²	0.689	89.998	2.044	0.109	4.3125	0.3313	1.525	0.229	0.3275	0.2275	0.2075	

Dari komposisi bahan yang membentuk paduan pada pengujian yang dilakukan unsur dominan Aluminium dan Tembaga, dari data uji komposisi diatas berarti paduan aluminium tersebut dapat dilakukan proses perlakuan panas. Komposisi material merupakan komposisi

paduan aluminium series 2xxx aluminium (242.0 ANSI).

Bahan tambah (elektroda) pada proses pengelasan harus memiliki kesamaan dengan bahan yang akan di las, untuk mengetahui bahan tambah juga dilakukan proses pengujian.

Tabel 3. Komposisi Bahan Tambah (Elektroda Las)

	Al	Ni	Fe	Cu	Mn	Cr	Zn	Ti	Lain-lain	
Specimen	1	85.07	1.95	0.09	8.5	0.55	0.25	2.34	0.2	1.05
	2	83.6	2.3	0.1	8.25	0.45	0.3	1.85	0.25	2.9
	3	82.65	2	0.15	8.5	0.325	0.25	2.325	0.25	3.55
	4	82.75	2.35	0.25	7.55	0.35	0.195	2.35	0.25	3.955
	5	83.2	2.3	0.1	7.76	0.5	0.25	3.35	0.25	2.29
Rata-rata	83.454	2.18	0.138	8.112	0.435	0.249	2.443	0.24	2.749	

Ada unsur-unsur yang terkandung pada paduan aluminium tidak terdapat pada elektroda, hal ini dikarenakan ada beberapa unsur yang akan menguap diberikan panas yang berlebihan, pada logam aluminium titik cair yang terjadi sekitar 660°C , sedangkan pada proses pengelasan TIG suhu yang terjadi lebih tinggi.

5.2 Pengujian Kekuatan Tarik

Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui deformasi plastis yang terjadi pada spesimen, pada logam-logam hasil pengelasan tidak terdapat pengecilan penampang setempat sampai bahan logam tersebut patah hal ini disebabkan karena pada logam hasil pengelasan terjadi perubahan sifat mekanis pada ujung lasan sehingga menyebabkan hasilnya berkurang dari kekuatan paduan aluminium.

Tabel 4. Kekuatan Tarik Paduan Aluminium

	Spesimen					Rata-rata
	1	2	3	4	5	
Kekuatan tarik (kg/mm^2)	15,34	14,9	13,95	12,95	14,44	14,36

Tabel 5. Kekuatan Tarik Elektroda (bahan tambah las)

	Spesimen					Rata-rata
	1	2	3	4	5	
Kekuatan tarik (kg/mm^2)	10,4	11,9	9,5	12,1	10,09	10,8

Tabel 6. Kekuatan Tarik Paduan Aluminium Yang Dilas

	Spesimen					Rata-rata
	1	2	3	4	5	
Kekuatan tarik (kg/mm^2)	10,09	9,25	9,5	8,1	10,5	9,5

Pada proses pengelasan, kekuatan tarik bahan tambah (elektroda) harus lebih kecil dari bahan yang akan dilas, hal ini direncanakan karena diharapkan jika terjadi kerusakan diharapkan akan terjadi pada bahan lasan. Kekuatan tarik aluminium yang di las lebih kecil dari bahan yang belum di las dan dibawah kekuatan tarik elektrodanya. Faktor yang menyebabkan karena proses panas yang diakibatkan oleh proses pengelasan dan terjadi perubahan struktur mikro bahan, sehingga ada unsur-unsur dari paduan disekitar lasan yang hilang dan kemungkinan kurang baiknya proses pengelasan menyebabkan kekuatan tarik lebih rendah seperti adanya rongga pada lasan. Rongga ini terlihat pada patahan dari benda uji dimana penampang lintang dari benda yang ditarik terlihat jelas kurang baiknya proses pengelasan.

5.3 Pengujian Kekerasan Permukaan Bahan

Dari hasil uji kekerasan pada paduan aluminium terjadi kenaikan angka kekerasan, kekerasan permukaan paduan aluminium yang telah dilas terjadi kenaikan, kenaikan ini karena terjadi proses panas akibat pengelasan. Kenaikan kekerasan ini

disebabkan karena terjadinya perubahan struktur yang terjadi karena kenaikan suhu tinggi disekitar daerah pengelasan.

Proses perlakuan panas paduan dengan suhu lebih dari 500°C dan akan mempengaruhi tingkat kekerasan paduan. Proses perlakuan panas menyebabkan tingkat kekerasan material lebih merata hal ini disebabkan karena konsentrasi unsur pada produk awal seragam di setiap tempat, proses ini menyebabkan atom Cu, Zn, Fe, Pb, Sn dan Ti larut dalam kisi kristal aluminium dan daya kelarutan tergantung pada temperatur. Pada temperature 500°C , kira-kira 5 % dari atom Cu, Zn, Fe, Pb, Sn dan Ti larut sebagai larutan padat sedangkan jika dibawah 300°C jumlah larut kurang dari 1%.

Secara umum efek perlakuan panas terhadap paduan Aluminium bila dipanaskan cukup lama pada suhu 500°C Zn, Pb dan Cu mulai melarut. Jika paduan ini didinginkan secara mendadak dengan mencelupkan ke dalam air atau minyak, atom Cu, Zn, Sn, Fe dan Pb tidak akan mengalami pengaturan kembali. Zn, Pb, Fe, Ti dan Sn akan membentuk larutan padat. Selain itu akibat pendinginan yang mendadak ini atom Cu, Zn, Pb dan Sn akan

berdifusi dan mengelompok, kelompok atom Cu, Zn, Pb dan Sn mengakibatkan pergerakan dislokasi sehingga terjadinya

peningkatan kekerasan dan kekuatan material.

Tabel 7. Angka Kekerasan Aluminium

	Angka Kekerasan (HB)					Rata-rata
	1	2	3	4	5	
Tidak dilas	16,5	18,6	17,4	15,3	12,6	16,08
Dengan Pengelasan	19,7	21,4	21	21,3	17.1	20,1

Dari hasil pengujian kekerasan permukaan paduan aluminium yang telah diberi proses perlakuan panas akibat proses pengelasan terjadi kenaikan harga kekerasan jika dibandingkan dengan paduan aluminium yang tidak diberi perlakuan panas. Proses yang terjadi pada paduan ini karena tidak terjadi pengaturan kembali atom akibat dari proses pendinginan.

6. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil pengujian ini adalah :

1. Komposisi material aluminium berpengaruh besar terhadap sifat mekanik suatu material (tarik dan kekerasan) yang mengalami proses pengelasan.
2. Kekerasan permukaan material aluminium yang mengalami proses las akan meningkat dari 16,08 HBN menjadi 20,1 HBN.
3. Kekuatan tarik material aluminium akan mengalami penurunan karena didaerah sambungan mengalami perubahan struktur sehingga pada daerah ini lebih kecil tegangan tariknya dibandingkan bahan tambah (elektroda).

DAFTAR PUSTAKA

1. Benir, 1994, "*Ilmu bahan Logam jilid 1 – 3*", Bhatara Jakarta.
2. Daniel A. Brandt, 1992, "*Metallurgy Fundamentals*", The Goodheart-Willcox Company inc, Illinois, USA.
3. Geoge E Ditter, 1998, "*Meallurgi Mekanik*", PT. Erlangga Jakarta.
4. Lawrence H. Van Vlack, 1992, "*Ilmu dan Teknologi Bahan*", PT. Erlangga Jakarta.
5. Robert W. Fox, 1996, "*Intruduction to fluid Mechanics third edition*", John Willey and Sons, New York.
6. www.weldingengineer.com .2005

RIWAYAT PENDIDIKAN

Romli, lahir di Muara Telang, Musi Banyuasin tanggal 18 Oktober 1967. Menamatkan pendidikan S1 di Jurusan Teknik Mesin, Universitas Sriwijaya pada tahun 1991. Menyelesaikan pendidikan S2 pada tahun 2010 di Program Magister Teknik Mesin, Universitas Pancasila. Bekerja sejak tahun 1992 sampai sekarang sebagai Staf Pengajar dan tahun 2005 sampai tahun 2012 sebagai Kepala Lab. Polsri Palembang di Politeknik Negeri Sriwijaya.