

PERUBAHAN NILAI KEKERASAN DAN STRUKTUR MIKRO Al-Mg-Si AKIBAT VARIASI TEMPERATUR PEMANASAN

Bagus Surono
Media Nofri

Program Studi Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri
Institut Sains Dan Teknologi Nasional

Abstract

The purpose of this test is to determine the effect of temperature and time to be received by the object to be tested. Testing will be done using different temperatures, namely: 500 ° C, 550 ° C, 600 ° C and 650 ° C with a hold time of each sample for 60 minutes, followed by different cooling processes. The cooling process used is water and air. Alloy element is aluminum with magnesium and silicon (Al-Mg-Si), a type of aluminum alloy that is widely used aircraft industry, automotive, construction and much more for properties owned quite good. From the results of testing performed on the condition that the solution heattreatment performed with different quenching processes can lower and raise the hardness value and change the shape of the micro structure of the sample.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Aluminium merupakan logam ringan yang memiliki sifat mekanik, ketahanan korosi dan hantaran listrik yang baik. Logam ini dipergunakan secara luas bukan saja untuk peralatan rumah tangga, tetapi juga dipakai untuk keperluan material pesawat terbang, industri otomotif, kapal laut, konstruksi dan lain-lain. Salah satu cara agar mendapatkan peningkatan kekuatan mekanik, biasanya logam aluminium dipadukan dengan unsur Mg (magnesium). Dalam penggunaannya perlu diketahui kelebihan dan ketangguhan yang dimiliki dari unsur paduan aluminium dengan magnesium agar sesuai fungsi dan kegunaannya. Untuk mendapatkan sifat-sifat yang diinginkan dari aluminium paduan tersebut, maka diperlukan struktur mikro yang cocok dengan komposisi kimia dan perlakuan panas yang tepat.

Secara umum paduan aluminium dan magnesium dengan komposisi tertentu bertujuan untuk meningkatkan kekerasan, keuletan, ketahanan aus, ketangguhan, ketahanan korosi dan mampu mesin yang baik. Dari uraian diatas, maka dilakukan serangkaian pengujian sifat mekanik dan diberikan perlakuan panas pada temperatur dan waktu tertentu terhadap aluminium dengan media pendingin yang berbeda-beda (air, dan udara) yang bertujuan untuk melihat perubahan sifat mekanik dan struktur mikro dari proses tersebut.

Masalah dan Batasan Masalah

Untuk dapat mengetahui pengaruh dari variasi pemanasan dan pendinginan dengan menggunakan suhu dan waktu penahanan serta proses pendinginan yang berbeda terhadap peningkatan nilai kekerasan dan struktur mikronya. Dengan adanya perbedaan temperatur, waktu penahanan dan proses pendinginan yang berbeda maka akan menghasilkan sifat mekanis dalam hal ini sifat kekerasannya dan struktur mikro yang berbeda-beda.

Pengujian yang dilakukan dibatasi hanya terhadap peningkatan nilai kekerasan dan perubahan struktur mikro akibat variasi pemanasan pada aluminium dengan menggunakan temperatur pemanasan 500° C, 550° C, 600° C dan 650° C masing-masing ditahan selama 1 jam, proses pendinginan yang berbeda pada tiap beda temperatur yaitu dengan menggunakan media pendinginan air dan udara. Untuk cara mengetahui nilai yang ada dengan melakukan pengujian kekerasan dengan menggunakan metode *Brinell*, dan untuk perubahan struktur mikro maka dilakukan pengamatan *metallografi*.

Maksud dan Tujuan

Untuk dapat mengetahui sifat mekanik dan struktur mikro pada material setelah terjadi proses perlakuan panas dan proses pendinginan yang bervariasi. Tujuan dari pengujian ini untuk mengetahui pengaruh dari variasi temperatur dan pendinginan terhadap sifat

mekanik dan struktur mikro pada material aluminium paduan.

TINJAUAN PUSTAKA

Aluminium Dan Paduan Aluminium

Aluminium mempunyai struktur kubik berpusat muka (FCC), bilangan struktur ini 12 dan satu unit sel-nya terdapat 4 atom.

Paduan aluminium banyak sekali digunakan dalam aplikasi sehari-hari jika dibandingkan dengan paduan non ferrous lainnya karena sifat-sifatnya yang menguntungkan, antara lain : 1). Titik lebur rendah ($\pm 660^{\circ}$ C), 2). Mampu alir yang baik untuk casting, 3). Kristalisasinya singkat, cukup membantu untuk proses produksi, 4). Permukaan hasil casting yang baik dengan permukaan yang mengkilap

Dengan kemajuan Teknologi sekarang ini maka sifat mekanis Aluminium dapat ditingkatkan dengan penambahan unsur pepadu. Unsur pepadu antara lain dengan, mangan, silicon, magnesium, dll. Unsur pepadu tersebut bila diukur relatif sedikit.

Secara umum Aluminium diproduksi dalam bentuk Aluminium Tempa dan Aluminium Tuang. Untuk Aluminium Tuang dibagi menjadi tiga, Tuang Pasir, Tuang Gravity, Tuang Dies.

Sifat-sifat dan Karakteristik Aluminium

Sifat-sifat Aluminium

Aluminium mempunyai banyak sifat baik yang menguntungkan untuk dikembangkan dalam industri antara lain : Ringan, Kuat, Mudah Bentuk, Tahan Kara, Memiliki Daya Hantar Listrik yang Baik, Mempunyai Daya Hantar Panas yang Baik dan Dapat Didaur Ulang.

Karakteristik Aluminium.

Logam Aluminium sangat sensitif terhadap pengaruh luar, hal ini berkaitan dengan sifat fisik dan sifat kimia dari logam cairnya. Secara karakteristik dari Aluminium adalah sebagai berikut : 1). Sangat mudah bereaksi dengan udara, yang menimbulkan oksidasi, dan benda asing yang dapat membentuk *dross* (kotoran yang merupakan bagian dari leburan Aluminium), 2). selama proses pembekuan sangat mudah menyerap Hidrogen, yang sering kali setelah pembekuan mengakibatkan gas *porosity*, 3). selama proses pembekuan seakan mengalami penyusutan volume antara (3.5-8.5) %, 4). aluminium cair mempunyai massa jenis dan tekanan hidrostatis yang rendah setelah pembekuan sering dijumpai adanya *shrinkage porosity* (kekurangan logam cair dalam

cetakan), 5). mempunyai kecenderungan terjadinya *hot shortness* (retak pada permukaan coran).

Paduan Aluminium.

Klasifikasi Paduan Aluminium.

Paduan Aluminium diklasifikasikan dalam berbagai standar oleh berbagai Negara di Dunia. Saat ini klasifikasi yang sangat terkenal dan sempurna adalah standar Aluminium Association di Amerika (AA) yang didasarkan atas standar terdahulu dari ALCOA (Aluminium Company of Amerika). Paduan tempaan dinyatakan dengan satu atau dua angka "S", sedangkan paduan coran dinyatakan dengan tiga angka. Standar AA menggunakan penandaan dengan empat angka sebagai berikut : Angka pertama menyatakan sistem paduan dengan unsur-unsur yang ditambahkan, yaitu : Al Murni, Al-Cu, Al-Mn, Al-Si, Al-Mg, Al-Mg-Si, dan Al-Zn.

Paduan Aluminium Utama

Ada beberapa jenis paduan utama yaitu: Paduan Al-Mg-Si, Paduan Al-Cu, Paduan Al-Cu-Mg, Paduan Al-Mn, Paduan Al-Si, Paduan Al-Mg, Paduan Al-Mg-Zn.

Paduan Al-Mg-Si.

Kalau sedikit Mg ditambahkan kepada Al, pengerasan penuaan sangat jarang terjadi, tetapi apabila secara simultan mengandung Si, maka dapat dikeraskan dengan penuaan panas setelah perlakuan pelarutan. Hal ini disebabkan karena

senyawa Mg_2Si berkelakuan sebagai komponen murni dan membuat keseimbangan dari sistem biner semu dengan Al. Sebagai paduan praktis dapat diperoleh paduan 5053, 6063, dan 6061. paduan dalam sistem ini mempunyai kekuatan kurang sebagai bahan tempaan dibandingkan dengan paduan-paduan lainnya, tetapi sangat liat, mampu bentuk untuk penempaan, ekstrusi dan sebagainya, sangat baik juga untuk mampu bentuk yang tinggi pada temperatur biasa. Paduan 6063 digunakan untuk rangka-rangka konstruksi. Karena paduan dalam sistem ini mempunyai kekuatan yang cukup baik tanpa mengurangi hantaran listrik, maka digunakan untuk kabel tenaga. Dalam hal ini pencampuran dengan Cu, Fe dan Mn perlu dihindari karena dapat menyebabkan tahanan listrik menjadi tinggi. Pengerasan maksimum dapat dicapai dengan jalan perlakuan pelarutan pada 500° C, pencelupan dingin dan ditemper pada 160° C selama 18 jam.

Heat Treatment.

Prinsip Dari Heat Treatment.

Heat treatment adalah proses pemanasan dan pendinginan material yang terkontrol dengan maksud merubah sifat fisik dari material tersebut. Proses *Heat Treatment* akan menyebabkan perubahan struktur-struktur suatu material yang mulanya masih mengumpul menjadi terurai sehingga menjadi lebih keras, ulet dan tangguh.

Secara umum proses Heat Treatment adalah sebagai berikut: 1). Pemanasan material sampai suhu tertentu, 2). Mempertahankan suhu untuk waktu tertentu (holding time) sehingga temperaturnya merata, 3). Pendinginan dengan metode media pendingin (air, oli atau udara).

Tujuan Heat Treatment

Proses pengejaan panas yang dilakukan bertujuan untuk merubah sifat dan struktur logam menjadi sifat yang diinginkan seperti : 1). Menambah sifat mekanis seperti ductility, toughness, strength, hardness dan sebagainya, 2). Menambah machinability, 3). Menambah tahan terhadap korosi, 4). Menghilangkan tegangan dalam, 5). Memodifikasi sifat magnet dan listrik, 6). Meningkatkan tahan panas dan tahan gesek

Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Heat Treatment

Didalam proses *heat treatment* ada beberapa faktor yang menentukan berhasil atau tidaknya hasil yang diharapkan dalam pelaksanaan proses tersebut antara lain adalah : 1). Laju pemanasan, 2). Laju pendinginan, 3). Waktu penahanan , 4). Media pendinginan yang digunakan. Faktor-faktor tersebut diatas telah diterapkan dalam spesifikasi sehingga untuk material yang berbeda jenis maupun karakteristik yang diharapkan terhadap perbedaan melalui masing-masing tahap tersebut.

Jenis-Jenis Proses Heat Treatment

Proses *heat treatment* yang dilakukan ada beberapa macam, masing-masing bertujuan untuk mendaatkan sifat-sifat mekanis logam yang diharapkan. Jenis-jenis proses *heat treatment* adalah sebagai berikut : 1). Hardening; Proses hardening atau pengerasan adalah proses perlakuan panas yang diterapkan untuk menghasilkan benda kerja yang keras. Dilakukan dengan tujuan untuk meningkatkan keuletan, menikan kekerasan, menambah

kekuatan, elastisitas dan ketangguhan (*toughness*) dan struktur Aluminium sedemikian rupa sehingga diperoleh struktur martensit yang keras. Proses hardening yaitu aluminium paduan dipanaskan sampai temperatur tertentu antara 400°C-450°C kemudian ditahan pada temperatur tersebut beberapa saat kemudian didinginkan secara mendadak dengan mencelupkan kedalam air, oli ataupun media pendingin yang lain. Dengan pendinginan yang mendadak, tak ada waktu yang cukup bagi austenit berubah menjadi perlit dan ferrit dan sementit, pendinginan yang cepat menyebabkan austenit berubah menjadi martensit, 2). Tempering, Tempering adalah memanaskan kembali aluminium paduan yang telah dikeraskan untuk menghilangkan tegangan dalam dan mengurangi kekerasan. Prosesnya adalah memanaskan kembali berkisar pada temperatur 550°C dan didinginkan secara perlahan-lahan tergantung sifat akhir aluminium paduan tersebut.

Tempering dibagi dalam : (a). Tempering pada temperature rendah (250⁰-400⁰C), (b). Tempering pada temperature menengah (450⁰ – 500⁰C), (c). Tempering pada temperature tinggi (550⁰ - 650⁰ C), 3). Annealing, *Annealing* adalah salah satu jenis proses *heat treatment* yang sangat penting dan banyak dilakukan, adapun prosesnya adalah memanaskan logam pada temperatur tertentu (tergantung dari jenis *annealing*) dan ditahan dengan waktu cukup lama, lebih kurang 3 jam dan selanjutnya didinginkan secara perlahan-lahan. Tujuan dari annealing adalah ; Melunakan logam, Menambah *machinability*, Menghaluskan *grain size*, Menghilangkan *internal stress*, Untuk menghasilkan struktur mikro baru. Adapun jenis-jenis annealing adalah ; *Full annealing*, Proses *annealing*, *Spherodizing* atau *diffusion annealing*, *Isothermal annealing*, 4). Normalizing, *Normalizing* adalah memanaskan logam diatas temperatur kritis dan didinginkan lambat sampai ke temperatur kamar. Tujuan *normalizing* adalah ; Menghaluskan struktur butiran kasar, Meningkatkan sifat mekanis, Menghilangkan *internal stress*.

Pengujian Sifat Mekanis

Uji Kekerasan (*Hardness Test*)

Kekerasan adalah daya tahan suatu material untuk melawan benda lain yang ditusukan kepadanya atau ketahanan suatu material terhadap deformasi plastis. Kekerasan suatu material perlu diketahui untuk

mengetahui sifat mekanis dari suatu material dapat digunakan beberapa sistem antara lain : *Brinell, Vickers, Rockwell* dll

1. Sistem Brinell

Pengukuran kekerasan menurut system *Brinell* menggunakan sebuah bola kecil (*indenter*) yang ditekan dengan beban tertentu kedalam material yang diselidiki kekerasannya. Kekerasan material tersebut didapat sebagai hasil bagi beban tekan P (N) dengan luas bekas penekanan A (mm²), dengan rumus dapat

$$\text{ditulis : HB} = \frac{2P}{[f \cdot D] \left(D - \sqrt{D^2 - d^2} \right)} \left(\frac{\text{Kg}}{\text{mm}^2} \right)$$

Pengamatan metallografi

Pengamatan Metallografi adalah pengamatan logam dengan cara melihat struktur mikro dengan menggunakan mikroskop, mikroskop yang digunakan adalah mikroskop optik. Dalam pelaksanaannya analisa metallografi dibedakan menjadi dua yaitu : Analisa makroskopi dan Analisa mikroskopi. Analisa makroskopi dapat dilakukan secara visual (mata normal) atau dengan

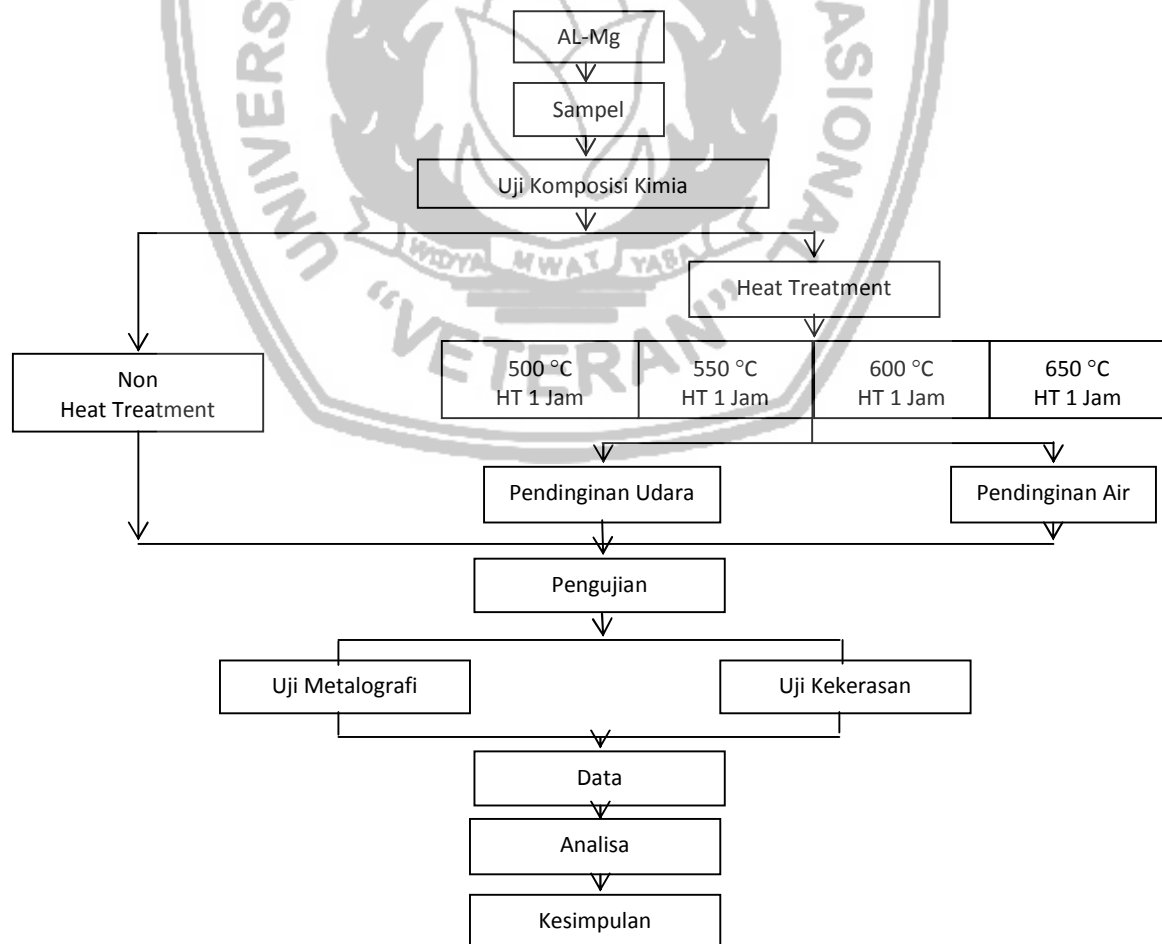
menggunakan normal mikroskop pada pembesaran maksimum 20 : 1 (20X)

Tujuan analisa makroskopi adalah untuk mengetahui adanya segregasi dari unsur fosfor (P), sulfur (S) dan lain-lain, adanya inklusi, rongga udara, rongga penyusutan dan lain sebagainya.

Analisa mikroskopi dilakukan dengan menggunakan normal – mikroskop dengan pembesaran lebih dari 20 : 1 (20X).

Tujuan dari analisa metalografi antara lain: 1). Mengutarakan sifat-sifat logam dan paduannya berdasarkan bentuk dan gambar struktur mikro, 2). Menyatakan benar tidaknya bentuk struktur material logam yang sebelumnya telah mengalami proses pengerjaan/ perlakuan panas seperti *Hardening, Quenching, Normalising*, pengerjaan dingin, proses pengelasan dan lain-lain, 3). Mengutarakan sebab-sebab terjadinya penyimpangan struktur bahan logam atau jenis cacat yang lain (retakan, korosi dan lain sebagainya).

METODE DAN HASIL PENGUJIAN



Gambar 1. Diagram Alir Pengujian

Persiapan Material Uji

Sampel kemudian dipreparasi untuk dijadikan spesimen uji dan dibentuk sesuai dengan dimensi yang diperlukan. Banyaknya sampel

yang digunakan dalam uji mekanis dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 1. Sampel Uji Kekerasan

Sampel Uji kekerasan	Non HeatTreatment	Heat Treatment			
		500 C	550 C	600 C	650 C
Jumlah	1	2	2	2	2

Tabel 2. Sampel Uji Metalografi

Sampel Uji Metalografi	Non HeatTreatment	Heat Treatment			
		500 C	550 C	600 C	650 C
Jumlah	1	2	2	2	2

Pengujian Komposisi Kimia

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui unsur-unsur yang terkandung didalam material uji. Pengujian komposisi kimia dilakukan pada

material awal yang belum mengalami proses perlakuan panas .hasil pengujian komposisi kimia dapat dilihat pada tabel 3.3.

Tabel 3. Hasil Uji Komposisi Kimia Pada Sampel

Kode Sampel	Si (%)	Fe (%)	Cu (%)	Mn (%)	Mg (%)	Zn (%)
	Al Rod Ø 19 mm	0.422	0.488	0.06	0.04	1.55
Ti (%)		Cr (%)	Ni (%)	Pb (%)	Sn (%)	Al (%)
	0.013	<0.001	<0.005	<0.002	<0.010	<94.7

Pengujian Metallografi (Struktur Mikro)

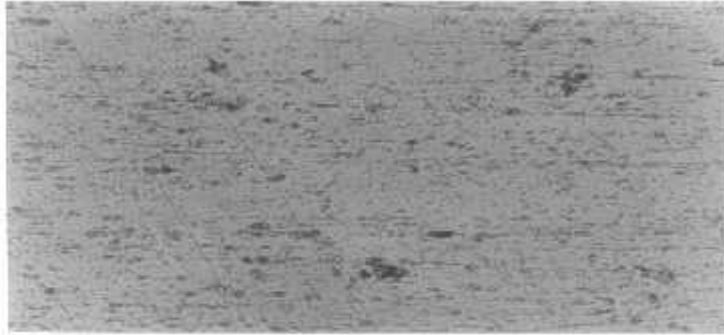
Tujuannya adalah untuk mengetahui struktur mikro pada material yang mengalami perlakuan

panas dan tidak mengalami perlakuan panas apakah terjadi perubahan dan perbedaan diantara material tersebut.

Data Hasil Pengujian Struktur Mikro



Gambar 3. Struktur Mikro Tanpa Perlakuan Panas, Pembesaran 100 X



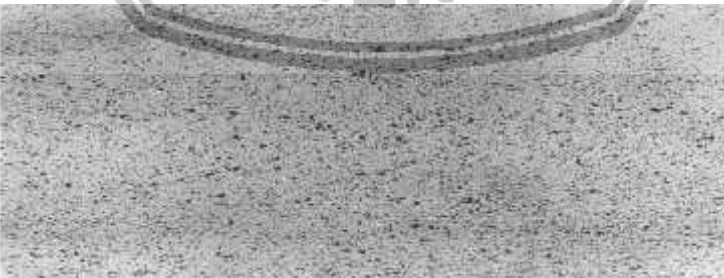
Gambar 4. Struktur Mikro Tanpa Perlakuan Panas, Pembesaran 500 X



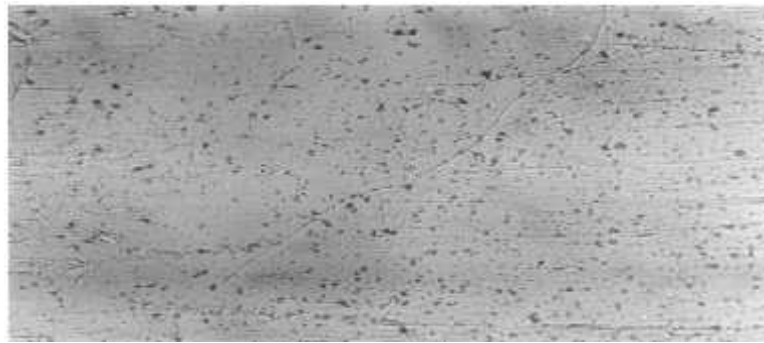
Gambar 5. Struktur Mikro Temp 500°C Quenc Air, Pembesaran 100 X



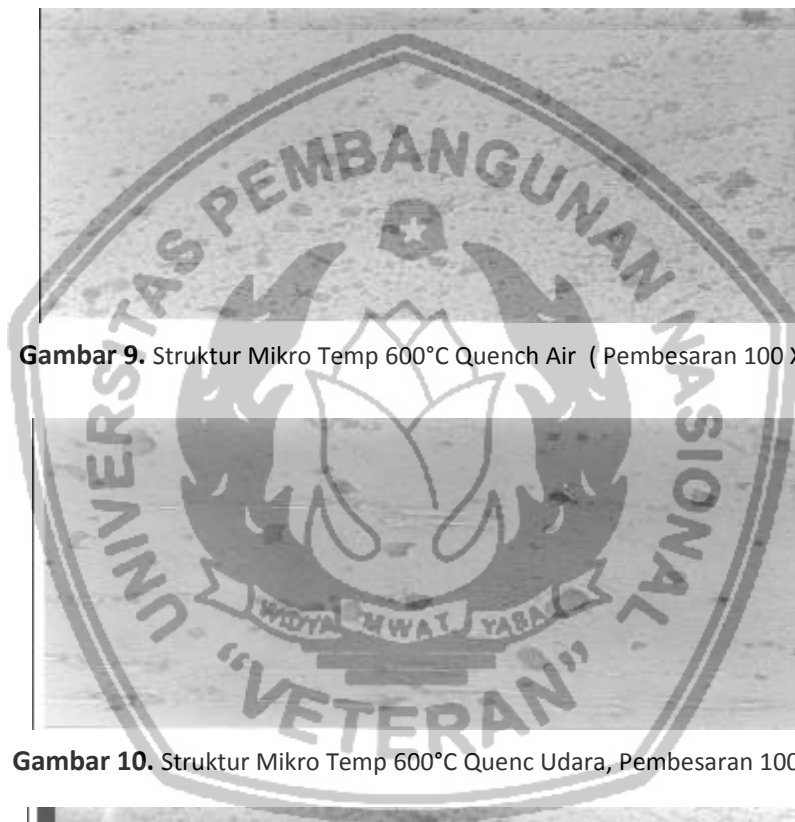
Gambar 6. Struktur Mikro Temp 500°C Quenc Udara, Pembesaran 100 X



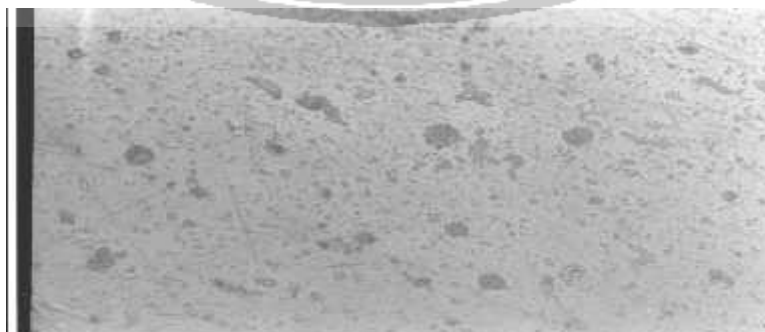
Gambar 3.7. Struktur Mikro Temperatur 550° C Quench Air, Pembesaran 100 X



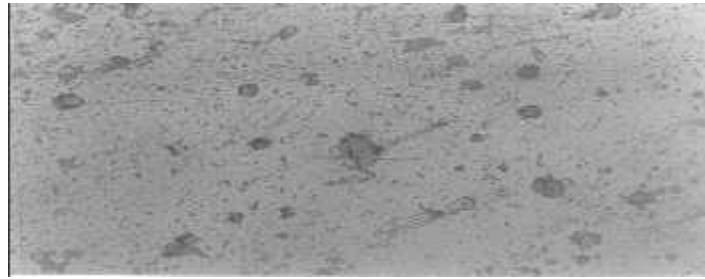
Gambar 8. Struktur Mikro Temp 550°C Quench Udara, Pembesaran 100 X



Gambar 9. Struktur Mikro Temp 600°C Quench Air (Pembesaran 100 X)



Gambar 11. Struktur Mikro Temp 650° C Quench Air, Pembesaran 100 X



Gambar 12. Struktur Mikro Temp 650°C Quenc Udara, Pembesaran 100 X

Pengujian kekerasan

Uji kekerasan *Brinell* berupa pembentukan lekukan pada permukaan logam dengan memakai bola baja berdiameter 10 mm dan untuk bahan yang sangat keras, digunakan paduan karbida *Tungsten*, untuk memperkecil terjadinya distorsi indenter. Beban diterapkan selama waktu tertentu, biasanya 30 detik, dan

diameter lekukan diukur dengan mikroskop daya rendah, setelah beban tersebut dihilangkan. Kemudian dicari harga rata-rata dari 2 buah pengukuran diameter pada jejak yang berarah tegak lurus. Permukaan dimana akan dibuat harus relatif halus, bebas dari debu atau kerak.

Data Hasil Pengujian Kekerasan

Table 4. Nilai Kekerasan Pada Kondisi Tanpa Pemanasan.

Kode Sampel	Penjejakan	Kekerasan Brinell (HB)	rata-rata HB	Keterangan
Kondisi Awal	I	75	71	Beban penjejakan 31.25 Kg
	II	75		
	III	68		
	IV	67		
	V	69		

Table 5. Nilai Kekerasan Pada Kondisi Pemanasan 500°C, Quench Udara

Kode Sampel	Penjejakan	Kekerasan Brinell (HB)	rata-rata HB	Keterangan
SAMPEL I	I	66	57	Beban penjejakan 31.25 Kg
	II	62		
	III	59		
	IV	54		
	V	47		

Table 6. Nilai Kekerasan Pada Kondisi Pemanasan 500°C, Quench Air

Kode Sampel	Penjejakan	Kekerasan Brinell (HB)	rata-rata HB	Keterangan
SAMPEL II	I	51	56	Beban penjejakan 31.25 Kg
	II	60		
	III	67		
	IV	65		
	V	51		

Table 7. Nilai Kekerasan Pada Kondisi pemanasan 550° C, Quench Udara

Kode Sampel	Penjejakan	Kekerasan Brinell (HB)	rata-rata HB	Keterangan
SAMPEL III	I	52	51	Beban penjejakan 31.25 Kg
	II	52		
	III	49		
	IV	49		
	V	49		

Table 8. Nilai Kekerasan Pada Kondisi Pemanasan 550°C, Pendinginan Air

Kode Sampel	Penjejakan	Kekerasan Brinell (HB)	rata-rata	Keterangan
-------------	------------	------------------------	-----------	------------

SAMPEL IV	I	62	71	Beban penjejakan 31.25 Kg
	II	63		
	III	73		
	IV	79		
	V	76		

Table 9. Nilai Kekerasan Pada Kondisi Pemanasan 600°C, Quench udara

Kode Sampel	Penjejakan	Kekerasan Brinell	Rata-rata	Keterangan
SAMPEL V	I	32	34	Beban penjejakan 31.25 Kg
	II	34		
	III	31		
	IV	35		
	V	37		

Table 10. Nilai Kekerasan Pada Kondisi Pemanasan 600°C, Quench Air

Kode Sampel	Penjejakan	Kekerasan Brinell (HB)	Rata-rata	Keterangan
SAMPEL VI	I	37	38	Beban penjejakan 31,25 Kg
	II	39		
	III	40		
	IV	38		
	V	37		

Table 11. Nilai Kekerasan Pada Kondisi Pemanasan 650°C, Quench udara

Kode Sampel	Penjejakan	Kekerasan Brinell	Rata-rata	Keterangan
SAMPEL VII	I	21	26	Beban penjejakan 31,25 Kg
	II	20		
	III	27		
	IV	29		
	V	24		

Table 12. Nilai Kekerasan Pada Kondisi Pemanasan 650°C, Quench Air

Kode Sampel	Penjejakan	Kekerasan Brinell	Rata-rata	Keterangan
SAMPEL VIII	I	20	26	Beban penjejakan 31,25 Kg
	II	30		
	III	27		
	IV	29		
	V	24		

PEMBAHASAN

Komposisi Kimia Pada Sampel Material

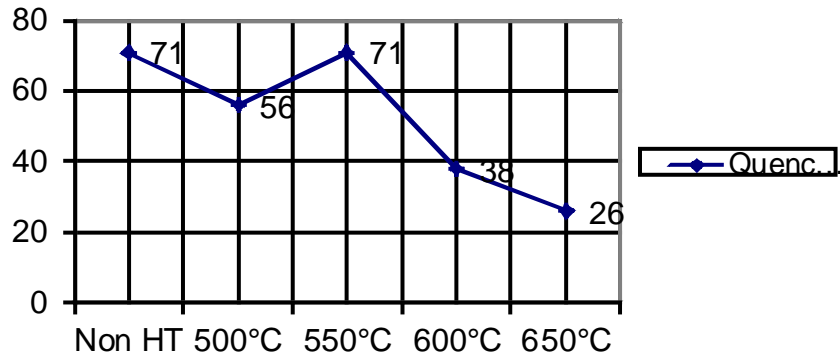
Hasil nilai komposisi kimia yang didapat setelah uji komposisi seperti yang terlihat pada tabel 13

Tabel 13. Komposisi Kimia Material

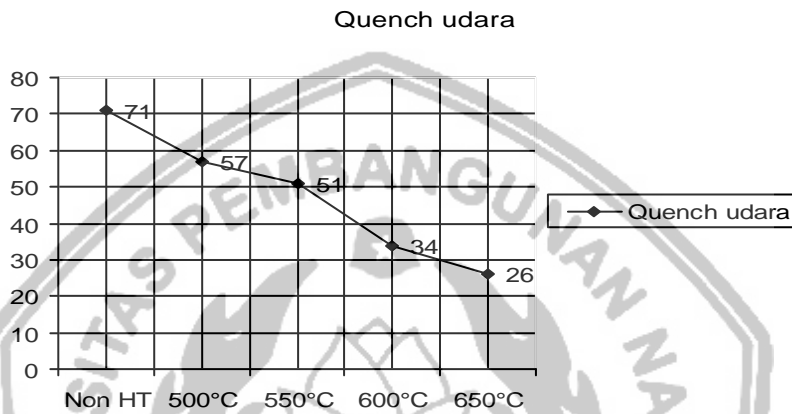
Kode Sampel	Si (%)	Fe (%)	Cu (%)	Mn (%)	Mg (%)	Zn (%)
Al Rod Ø 19 mm	0.422	0.488	0.06	0.04	1.55	<0.005
	Ti (%)	Cr (%)	Ni (%)	Pb (%)	Sn (%)	Al (%)
	0.013	<0.001	<0.005	<0.002	<0.010	<94.7

Analisa Hasil Pengujian kekerasan.

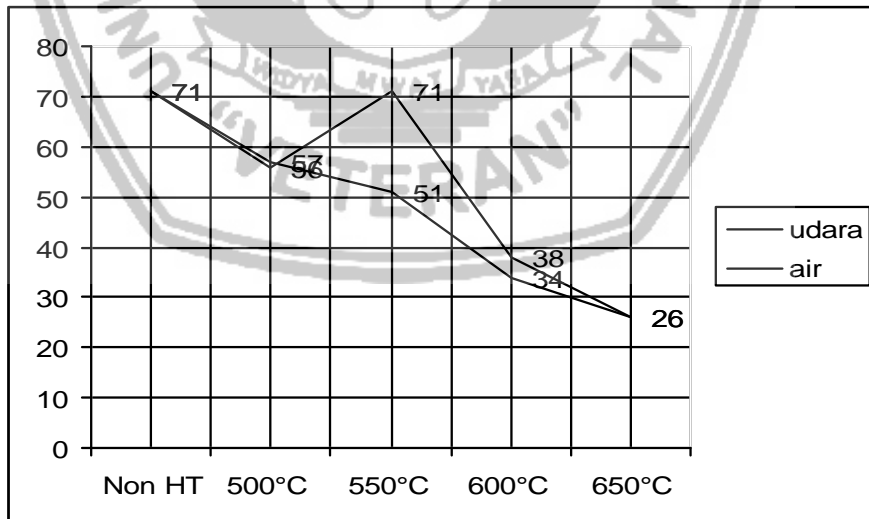
Hasil pengujian kekerasan dapat dilihat pada gambar dibawah :



Gambar 13. Nilai Rata-rata Kekerasan Dengan Pendinginan air



Gambar 14. Nilai Rata-rata Kekerasan Dengan Pendinginan Udara



Gambar 15. Nilai Rata-rata Pada Sampel

Dari gambar 4.1 dan gambar 4.2 nilai kekerasan pada sampel Aluminium paduan Al-Mg merupakan fungsi dari temperatur. Dengan perlakuan panas kekerasan paduan Al-Mg terjadi penurunan dari sampel awal hingga sampel yang telah mengalami perlakuan panas

pada temperatur 500° C, 550° C, 600° C dan 650° C.

Perubahan penurunan nilai kekerasan ini bisa saja terjadi dikarenakan partikel-partikel presipitat mengeraskan matriknya dengan teori kisi-kisi koheren. Setelah perlakuan pelarutan

dan *quenching*, paduan Al-Mg berada dalam kondisi larut terdistribusi secara random didalam kisi-kisi struktur. Selama periode inkubasi, kelebihan atom larutan tersebut cenderung berpindah kebidang kristalografi tertentu.

Penurunan kekerasan dapat juga disebabkan oleh kegagalan *Solution Treatment* karena kurangnya proses kontrol atau kecelakaan *inadequate solution (solution treatment* yang tidak mencukupi), hal tersebut dapat terjadi karena temperatur yang lebih rendah dibanding temperatur normal yang diperlukan. *Inadequate treatment* menghasilkan distribusi partikel ukuran medium dengan warna pucat.

Penurunan kekerasan juga dapat terjadi karena *over heating* atau temperatur *treatment* melebihi temperatur normal yang diperlukan, *over heating* dapat menyebabkan pembentukan

eviclik riisell atau terjadinya peleburan pada batas butir pada aluminium paduan, selain hal tersebut temperatur yang terlalu tinggi dapat menyebabkan terjadinya penggabungan partikel normal yang tidak larut menjadi lebih besar.

Factor lainnya dapat juga disebabkan pada saat pendinginan agar menghindari terjadinya persipitat selama pendinginan adalah waktu *transfer* dan gangguan saat *quenching*. Pada saat pemindahan benda uji ke media pendingin harus dilakukan sesingkat mungkin, pemindahan yang terlalu lama akan membuat temperatur turun secara cepat dan terjadi pembentukan persipitat kasar yang akan menghilangkan efek pengerasan.

Dan terakhir terdapatnya kesalahan akibat human error dan alat

Analisa Hasil Uji Metallografi Struktur Mikro Pada Kondisi Awal



Gambar 16. Struktur Mikro Tanpa Perlakuan Panas (Pembesaran 100 X)



Gambar 17. Struktur Mikro Tanpa Perlakuan Panas(Pembesaran 500 X)

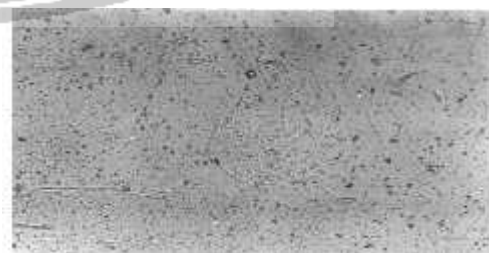
Gambar 16 dan 17 menunjukkan foto struktur mikro Aluminium Paduan AL-Mg yang tidak mengalami perlakuan panas terlihat masih berupa struktur butiran-butiran yang tidak

beraturan dan terdapat banyak garis-garis, disekitar foto tersebut terlihat juga lamel yang menebal dan masih banyak garis-garis halus.

Struktur Mikro Pada Temperatur 500 °C



Gambar 18. Struktur Mikro Temperatur 500° C Pendinginan Air (Pembesaran 100 X)



Gambar 19. Struktur Mikro Temperatur 500° C Pendinginan Udara (Pembesaran 100 X)

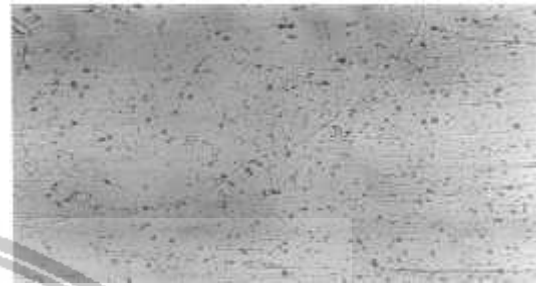
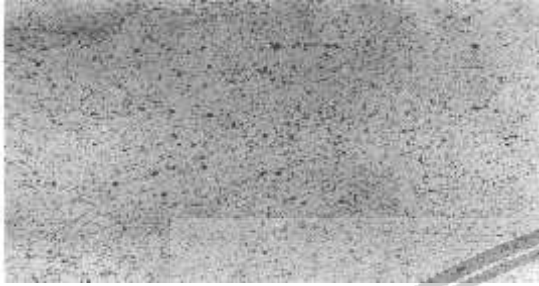
Pada gambar 18 dan 19 terlihat perbedaan yang sangat mencolok pada kondisi perlakuan panas dengan temperatur 500 °C dan dinginkan dengan media air dan udara atau suhu ruang.

Pada sampel yang didinginkan pada suhu ruang terlihat berbeda dengan sampel yang didinginkan pada media air, hal tersebut disebabkan karena tidak adanya waktu untuk struktur butir kembali pada bentuk semula

setelah perlakuan panas yang diterima, beda dengan media udara terlihat banyaknya struktur butir yang terlihat rapi dan halus berbeda dengan sampel yang tidak menerima perlakuan panas yang terlihat tebal dan beraturan terlihat pada gambar 4.5, pada kondisi tersebut terjadi disebabkan oleh tersedianya waktu untuk

struktur butir untuk mengembalikan posisinya semula, akan tetapi bentuk butiran tidak akan kembali pada kondisi sebelum menerima perlakuan panas. Perbedaan bentuk butiran disebabkan karena sampel telah menerima perlakuan panas yang memperbaiki bentuk butirannya tersebut.

Struktur Mikro Pada Temperatur 550 °C



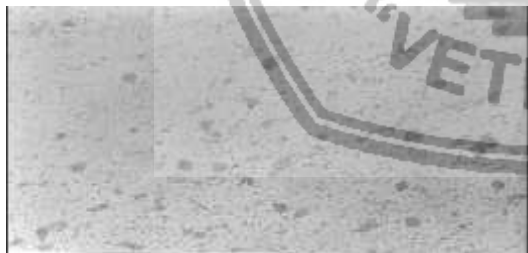
Gambar 20. Struktur Mikro Temperatur 550° C Pendinginan Air (Pembesaran 100 X)

Gambar 21. Struktur Mikro Temperatur 550° C Pendinginan Udara (Pembesaran 100 X)

Gambar 20 menunjukkan perubahan bentuk struktur mikro yang semakin halus dan menyebar akan tetapi berbeda dengan gambar 21 terdapat struktur butir yang lebih sedikit jika dibandingkan dengan gambar 4.8 yakni pada kondisi pendinginan air. Pada pendinginan udara terlihat batas butir yang memanjang dan butiran yang lebih sedikit, hal ini pula yang membedakan nilai

kekerasannya, yaitu pada pendinginan air sebesar BHN= 71 (kg / mm²), sedangkan pada pendinginan udara lebih lunak yaitu sebesar BHN= 51 (kg / mm²). Perbedaan nilai kekerasan yang begitu besar jika dibandingkan dengan temperatur uji lainnya yang diikuti dengan perbedaan struktur mikro.

Struktur Mikro Pada Temperatur 600 °C



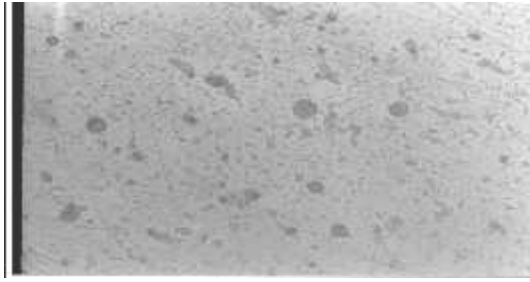
Gambar 22. Struktur Mikro Temperatur 600° C Pendinginan Air (Pembesaran 100 X)

Gambar 23. Struktur Mikro Temperatur 600° C Pendinginan Udara (Pembesaran 100 X)

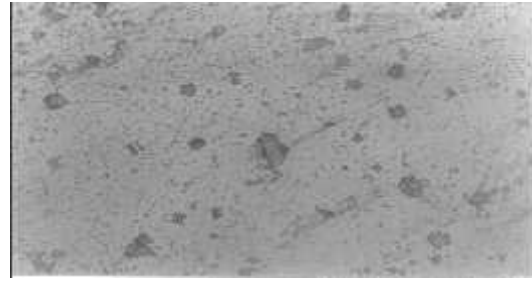
Pada gambar 22 dan 23 yang telah menerima perlakuan panas dan juga diberi pendinginan yang berbeda akan mempengaruhi bentuk struktur butiran yang berbeda jika dilihat pada sampel yang diberi pendinginan menggunakan udara pada suhu 600 ° C bentuk butirannya lebih

besar dan lebih sedikit bila dibandingkan dengan media pendinginan air. Pada gambar diatas terlihat adanya batas butir yang membesar yang disebabkan oleh hubungan antara temperatur dan waktu.

Struktur Mikro Pada Temperatur 650 °C



Gambar 24. Struktur Mikro Temperatur 650° C Pendinginan Air (Pembesaran 100 X)



Gambar 25. Struktur Mikro Temperatur 650° C Pendinginan Udara (Pembesaran 100 X)

Pada perlakuan panas dengan suhu 650 °C struktur mikronya terlihat butiran yang lebih membesar dan lebih kasar. Pada temperatur tersebut sampel uji menjadi berubah bentuk menjadi seperti meleleh tetapi tidak mencair,

hal ini terjadi karena pada suhu 650 °C mendekati titik lebur, dan berpengaruh pada uji kekerasan yang semakin lunak daripada temperatur uji lainnya.

KESIMPULAN

Berdasarkan data yang didapat dan hasil analisa maka dapat ditarik kesimpulan bahwa : 1). Nilai kekerasan pada sample yang tidak mengalami proses pemanasan dengan menggunakan metode *Brinell* didapat rata-rata sebesar 71 HB. Setelah mengalami proses pemanasan dengan temperatur 500° C nilai kekerasannya sebesar 56 HB, 550° C nilai kekerasannya sebesar 71 HB, 600° C nilai kekerasannya sebesar 38 HB dan pada 650° C nilai kekerasannya sebesar 26 HB. Nilai kekerasan yang didapat pada poin ini adalah nilai kekerasan setelah perlakuan panas dengan menggunakan media pendinginan air, namun pada temperatur 550 terjadi kenaikan, walaupun lebih banyak nilai kekerasan yang turun, 2). Proses heat treatment dengan temperature yang sama pada poin 1 (satu) namun media pendingin yang digunakan adalah pendinginan udara, nilai kekerasan yang didapat pada proses ini sebagai berikut ; 57 HB, 51 HB,

34 HB dan 26 HB. Maka dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi temperatur yang diterima pada sample pada proses pemanasan dan hampir menyentuh titik lebur akan semakin rendah nilai kekerasan yang didapat, 3). Proses pemanasan dapat juga memengaruhi bentuk dari struktur mikro dari tiap-tiap beda temperatur dan media pendinginan dan sangat berbeda jika dibandingkan dengan kondisi awal tanpa proses pemanasan. Pada proses pemanasan dan media pendinginan terlihat adanya struktur butirannya yang lebih besar dan kasar terdapat pula batas butir yang kian membesar jika dibandingkan dengan proses pendinginan dengan menggunakan media air, 4). Dari data yang diperoleh penurunan nilai kekerasan setelah sampel mendapat perlakuan panas, hal tersebut dapat saja terjadi karena disebabkan oleh beberapa factor yakni ; factor *Human Error* pada saat proses pemindahan dari dapur pemanas.

DAFTAR PUSTAKA

Jhon E Hatch, *Aluminium Properties and Physical Metallurgy*, American Society for Metal, 1984
Lawrence H. Van Vlack, Sriati Djaprie, "*Ilmu dan Teknologi Bahan*" edisi ke 4, Erlangga, Jakarta, 1986.

Smallman, RE. *Metalurgi Fisik Modern*, Gramedia, Jakarta 1991.
SBP Board of Consultan & Engineers, *Teknologi of Aluminium Product*, Pvt,Ltd, Delhi 54-59
Tata Surdia dan Shinroku Saito, *Pengetahuan Bahan Teknik*, Cetakan Ke 3, PT. Pradnya Paramita, Jakarta 1995.