

**ANALISIS PENGARUH PERLAKUAN PANAS *ARTIFICIAL*
AGING PADA ALUMINIUM MAGNESIUM SILIKON
(Al-Mg-Si) YANG DICOR ULANG TERHADAP SIFAT
MEKANIS**

(Skripsi)

Oleh :

Beny Hartawan



**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
2018**

ABSTRACT

ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF HEAT TREATMENT ARTIFICIAL AGING ON MAGNESIUM ALUMINUM SILICON (Al-Mg-Si) WHICH IS RE-CASTED ON THE MECHANICAL PROPERTIES

BY

BENY HARTAWAN

Aluminum alloy is the primary material currently used in many industries. Aluminum is selected because it has the properties of light and its power can be shaped by way of its mix with other elements. The addition of alloying elements to aluminum can be done to increase the strength of physical and mechanical metal, such as an alloy of aluminum and magnesium (Al-Mg) which have very good corrosion resistance. Alloy aluminum silicon (Al-Si) very good liquidity, has a nice surface, without functional rigidity and heat is very good for alloy castings. Because it has the advantage of very prominent, this alloy is very widely used.

The purpose of this study others was To determine the results of hardness testing and micro structure of aluminum alloy Al-Mg-Si from the results of casting reset (remelting), comparing the mechanical properties of aluminum alloy Al-Mg-Si, to determine how the value of the hardness of the aluminum alloy Al-Mg-Si non heat treatment and after heat treatment artificial aging after remelting. Methods the study was conducted with gravity casting and using a sand mold. Material characterization includes hardness test and micro structure.

The results of research of aluminum alloy Al-Mg-Si increased the hardness on the artificial aging 5 hours the results obtained from the optimum has an average value 45 HRB, and the aluminum non-heat treatment has an average value of 38.6 HRB. While on the micro structure shows the artificial aging 5 hours of visible grain boundaries are more subtle and spread of Mg₂Si dispersed evenly in the matrix aluminum. The conclusion of the smelting process again (remelting). Heat treatment can improve the mechanical properties of aluminum alloy Al-Mg-Si.

Keywords : aluminum alloy Al-Mg-Si, gravity casting, heat treatment, quenching, artificial aging.

ABSTRAK

ANALISIS PENGARUH PERLAKUAN PANAS *ARTIFICIAL AGING* PADA ALUMINIUM MAGNESIUM SILIKON (Al-Mg-Si) YANG DICOR ULANG TERHADAP SIFAT MEKANIS

Oleh

BENY HARTAWAN

Aluminium paduan merupakan material utama yang saat ini digunakan banyak industri. Aluminium di pilih karena memiliki sifat ringan dan kekuatannya dapat di bentuk dengan cara di padu dengan unsur lain. Penambahan unsur paduan terhadap aluminium dapat dilakukan untuk meningkatkan kekuatan fisis dan mekanis logam tersebut, seperti paduan antara aluminium dan magnesium (Al-Mg) yang mempunyai ketahanan korosi yang sangat baik. Paduan aluminium silikon (Al-Si) sangat baik kecairannya, mempunyai permukaan yang bagus, tanpa kegetasan panas dan sangat baik untuk paduan coran. Karena mempunyai kelebihan yang sangat menyolok, paduan ini sangat banyak dipakai.

Tujuan dari penelitian ini antara lain adalah Untuk mengetahui hasil dari pengujian kekerasan dan struktur mikro aluminium paduan Al-Mg-Si dari hasil pengecoran ulang (*remelting*), membandingkan sifat mekanis aluminium paduan Al-Mg-Si, untuk mengetahui berapa nilai kekerasan dari aluminium paduan Al-Mg-Si *non heat treatment* dan sesudah perlakuan panas *artificial aging* setelah di *remelting*. Metode penelitian dilakukan dengan pengecoran gravitasi dan menggunakan cetakan pasir. Karakterisasi material meliputi uji kekerasan dan struktur mikro.

Hasil penelitian dari aluminium paduan Al-Mg-Si mengalami peningkatan kekerasan pada *artificial aging* 5 jam didapat hasil yang paling optimum memiliki nilai rata-rata 45 HRB, dan pada aluminium *non heat treatment* memiliki nilai rata-rata 38.6 HRB. Sedangkan pada struktur mikro menunjukkan pada *artificial aging* 5 jam terlihat batas butir yang lebih halus dan penyebaran Mg₂Si yang tersebar secara merata pada matrik aluminium. Kesimpulan dari proses peleburan ulang (*remelting*). Perlakuan panas dapat meningkatkan sifat mekanik dari aluminium paduan Al-Mg-Si.

Kata kunci : aluminium paduan Al-Mg-Si, pengecoran gravitasi, *heat treatment*, *quenching*, *artificial aging*.

**ANALISIS PENGARUH PERLAKUAN PANAS *ARTIFICIAL*
AGING PADA ALUMINIUM MAGNESIUM SILIKON (Al-Mg-Si)
YANG DICOR ULANG TERHADAP SIFAT MEKANIS**

Oleh

BENY HARTAWAN

SKRIPSI

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK**

Pada

**Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG**

2018

Judul Skripsi : **ANALISIS PENGARUH PERLAKUAN PANAS ARTIFICIAL AGING PADA ALUMINIUM MAGNESIUM SILIKON (Al-Mg-Si) YANG DICOR ULANG TERHADAP SIFAT MEKANIS**

Nama Mahasiswa : **Beny Hartawan**

Nomor Pokok Mahasiswa : **1215021023**

Program Studi : **Teknik Mesin**

Fakultas : **Teknik**



1. Komisi Pembimbing

Zulhanif, S.T., M.T.
NIP. 197304022000031002

Harnowo Supriadi, S.T.M.T.
NIP. 197304022000031002

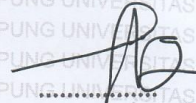
2. Ketua Jurusan Teknik Mesin

Ahmad Su'udi, S.T., M.T.
NIP. 197408162000121001

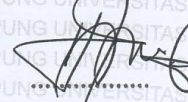
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Zulhanif, S.T., M.T.



Sekretaris : Hamowo Supriadi, S.T,M.T.



**Penguji
Bukan Pembimbing : Dr. Sugiyanto, S.T.,M.T.**



2. Dekan Fakultas Teknik



Prof. Drs. Suharno, M.Sc., Ph.D
NIP. 196207171987031002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 22 Febuari 2018

PERNYATAAN PENULIS

SKRIPSI INI DIBUAT SENDIRI OLEH PENULIS DAN BUKAN HASIL
PLAGIAT SEBAGAIMANA DIATUR DALAM PASAL 27 PERATURAN
AKADEMIK UNIVERSITAS LAMPUNG DENGAN SURAT KEPUTUSAN
REKTOR NOMOR 3187/H26/DT/2010.

Yang Membuat Pernyataan



Beny Hartawan
NPM. 1215021023

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Fajar Baru, Kecamatan Jati Agung, Kabupaten Lampung Selatan, Provinsi Lampung pada tanggal 24 Mei 1994, sebagai anak pertama dari dua bersaudara, dari pasangan Bapak Wahid dan Ibu Sumiyati.

Pendidikan Taman Kanak-Kanak di TK Kartika, diselesaikan pada tahun 2000. Sekolah Dasar di SD Negeri 1 Fajar Baru, diselesaikan pada tahun 2006. Sekolah Menengah Pertama di SMP AL-HUDA diselesaikan pada tahun 2009. Dan Sekolah Menengah Kejuruan SMK Negeri 2 pada tahun 2012.

Pada tahun 2012, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Lampung melalui jalur SBMPTN. Selama menjadi mahasiswa mengikuti organisasi Himpunan Mahasiswa Teknik Mesin (HIMATEM), BEM-U. Pada tahun 2015 penulis melakukan Kerja Praktek di PT. Garuda Bumi Perkasa, Mesuji, Lampung. Dan pada tahun 2017 penulis melakukan penelitian tugas akhir dengan judul “*Analisis Pengaruh Perlakuan Panas Artificial Aging Pada Aluminium Magnesium Silikon (Al-Mg-Si) yang Dicor Ulang Terhadap Sifat Mekanis*” dibawah bimbingan Bapak Zulhanif S.T.,M.T. sebagai pembimbing utama serta Bapak Harnowo Supriadi S.T.,M.T. sebagai pembimbing kedua, dan Bapak Dr. Sugiyanto S.T.,M.T. sebagai penguji utama.

MOTTO

"Semakin kita sabar, makin Allah sayang kita. Maka tabahlah"

"Saya harus baik, saya harus pintar,
agar bisa bermanfaat"

"Ingat tujuan kita diciptakan, sukses bukan hanya di dunia,
tetapi harus juga diakhirat karna sebaik baik tempat kembali
adalah kampung akhirat"

PERSEMBAHAN

Melalui ridho Allah SWT dan dengan segala kerendahan hati,
kupersembahkan karya ini sebagai wujud bhakti ku untuk orang orang
yang kusayangi

Bapak dan Ibu

Untuk segala pengorbanan yang telah dilakukan, doa, kesabaran serta
cinta dan kasihmu.

Adikku

Terima kasih atas doa, semangat, dan segala bantuanya yang begitu
luar biasa

Teman

Kalian yang selalu memberikan semangat, motivasi, dan dukunganya
selama ini

Almamater Tercinta

Universitas Lampung

SANWACANA

Segala puji hanya milik Allah SWT. Dzat yang satu tiada dua yang telah memberikan nikmat yang tak terhingga, sehingga penelitian ini dapat saya selesaikan. Shalawat dan salam senantiasa tercurah kepada Nabi Muhamad SAW suri tauladan yang tak akan pernah lekang oleh zaman.

Alhamdulillah atas kehendak dan anugerah Allah SWT, saya sebagai penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “*Analisis Pengaruh Perlakuan Panas Artificial Aging pada Aluminium Magnesium Silikon (Al-Mg-Si) yang Dicor Ulang Terhadap Sifat Mekanis*” adalah salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Universitas Lampung.

Keberhasilan penelitian ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak yang memberikan kontribusi kontribusi besar bagi terselesaikannya penelitian ini. Pada kesempatan ini, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Hasriadi Mat Akin, M.P., selaku Rektor Universitas Lampung.
2. Bapak Prof. Drs. Suharno, M.Sc., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung;
3. Bapak Ahmad Su'udi, S.T.,M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung atas segala pengarahan dan motivasinya.

4. Bapak Zulhanif, S.T.,M.T. selaku dosen Pembimbing Utama atas kesediaannya memberikan bimbingan, arahan, kritik, dan saran dalam proses penyelesaian skripsi ini;
5. Bapak Harnowo Supriadi, S.T.,M.T. selaku pembimbing kedua atas kesediaannya memberikan bimbingan, arahan, kritik, dan saran dalam proses penyelesaian skripsi ini;
6. Bapak Dr. Sugiyanto, S.T.,M.T. selaku Pembahas tugas akhir;
7. Bapak Dr. Gusri Akhyar Ibrahim, S.T.,M.T. selaku dosen pembimbing akademik;
8. Seluruh dosen-dosen pengajar Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung yang telah banyak memberikan ilmu yang berharga selama duduk di bangku perkuliahan;
9. Staf Administrasi Mas Marta, serta Mas dadang dan Mas Nanang terima kasih atas bantuannya melancarkan seminar-seminar saya.
10. Bapak Wahid dan Ibu Sumiyati tersayang terima kasih ya atas do'a dan pengorbanan, dan dukungannya selama ini karena ridhoNYA tergantung dari ridhomu. Dan terima kasih untuk adek Bagus yang selalu membantu;
11. Buat keluarga terima kasih sering memberi semangat dan motivasi yang terus menerus dan tidak kenal lelah.
12. Sahabat-sahabat seperjuangan Teknik Mesin 2012 yang tamvan-tamvan yang telah banyak membantu selama saya kuliah di Jurusan Teknik Mesin yang tidak bisa saya sebutkan namanya satu persatu, Thengkyu SoomuccH.

13. Buat teman-teman “DILUAR LINGKUP” terima kasih banyak atas dukungan, motivasi, dan segala bantuanya, semoga kalian cepat menyusul S.,T. Jangan pernah menyerah oleh keadaan, tunjukan kalo kita bisa dan lebih baik.
14. Untuk temen temen pemuda F.B II, 2B terima kasih atas motivasi “Kapan Wisudanya?”.
15. Adik-adik tingkat terima kasih atas bantuan dan dukunganya selama kuliah di Teknik Mesin.
16. Semua pihak yang telah membantu penulis yang tidak dapat disebutkan satu-persatu dalam penyelesaian skripsi ini;

Dengan segala kerendahan hati, penulis menyadari masih banyak kekurangan serta ketidak sempurnaan dalam penulisan skripsi ini. Untuk itu, penulis sangat mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari para pembaca. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Bandar Lampung, 2018

Penulis,

Beny Hartawan

DAFTAR ISI

| | HALAMAN |
|---|---------|
| HALAMAN JUDUL | i |
| ABSTRAK | ii |
| HALAMAN PENGESAHAN | iii |
| MOTTO DAN PEMBAHASAN | iv |
| KATA PENGANTAR | v |
| DAFTAR ISI..... | vii |
| DAFTAR TABEL..... | x |
| DAFTAR GAMBAR | xi |
| DAFTAR LAMPIRAN..... | xiii |
| BAB I. PENDAHULUAN | |
| A. Latar Belakang | 1 |
| B. Tujuan Penelitian | 4 |
| C. Batasan Masalah | 4 |
| D. Hipotesa | 4 |
| E. Sistematika Penulisan Laporan Penelitian | 5 |

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

| | |
|--|----|
| A. Aluminium | 7 |
| B. Aluminium dan Paduannya..... | 10 |
| C. Pengecoran | 12 |
| D. Pengolahan Pasir Cetak..... | 16 |
| E. Keuntungan dan Kerugian Pembentukan dengan Pengecoran | 18 |
| F. Perlakuan Panas (<i>Heat Treatment</i>) | 19 |
| G. Pengerasan <i>Presipitasi</i> | 23 |
| H. <i> Holding Time </i> | 30 |
| I. Sifat Mekanik Alumunium | 31 |
| J. Pengaruh Media Pendingin Terhadap Pembentukan Struktur Material | 35 |
| K. Pengujian Kekerasan (<i>Hardness Test</i>) | 37 |
| L. Uji Tarik..... | 39 |
| M. Struktur Mikro | 41 |

BAB III. METODE PENELITIAN

| | |
|---|----|
| A. Tempat Penelitian | 45 |
| B. Alat dan Bahan..... | 45 |
| C. Waktu Penelitian..... | 48 |
| D. Jumlah Spesimen | 48 |
| E. Prosedur Percobaan..... | 49 |
| F. Pengujian Aluminium Paduan Al-Mg-Si..... | 53 |
| G. Diagram Alir Penelitian | 56 |

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

| | |
|---|----|
| A. Pengecoran Aluminium Paduan Al-Mg-Si | 57 |
| B. Data Pengujian Kekerasan | 58 |
| C. Struktur Mikro..... | 63 |

BAB V. SIMPULAN DAN SARAN

| | |
|-------------------|----|
| A. Simpulan | 72 |
| B. Saran | 72 |

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

| | Halaman |
|---|---------|
| Tabel 1. Kemurnian Al. | 33 |
| Tabel 2. Kekuatan tarik..... | 34 |
| Tabel 3 Sifat-sifat kemurnian aluminium (Al)..... | 35 |
| Tabel 4. Simbol skala, ukuran bola serta beban pada pengujian <i>rockwell</i> | 38 |
| Tabel 5. <i>Time Schedule</i> pelaksanaan tugas akhir..... | 48 |
| Tabel 6. Hasil Pengujian Kekerasan <i>Non Heat Treatment</i> | 58 |
| Tabel 7. Hasil Pengujian Kekerasan <i>Quenching</i> | 59 |
| Tabel 8. Hasil Pengujian Kekerasan <i>Artificial Aging</i> | 61 |

DAFTAR GAMBAR

| | Halaman |
|--|---------|
| Gambar 1. Diagram fasa biner semu paduan Al-Mg-Si. | 9 |
| Gambar 2. Pembuatan benda cor..... | 13 |
| Gambar 3. (a). Cetakan terbuka, (b). Cetakan tertutup..... | 14 |
| Gambar 4. Distribusi muatan positif pada permukaan bentonit | 17 |
| Gambar 5. Cacat coran kaviti dan inklusi..... | 19 |
| Gambar 6. Diagram fase pemanasan logam paduan..... | 24 |
| Gambar 7. Skematik proses <i>artificial aging</i> terhadap waktu..... | 25 |
| Gambar 8. Urut-urutan perubahan fasa dalam proses <i>artificial aging</i> | 26 |
| Gambar 9 (a). <i>Supersaturated solute solution</i> , (b). Fasa " ", (c). Fasa keseimbangan Al-Cu..... | 28 |
| Gambar 10. Hubungan antara lamanya waktu <i>aging</i> kekuatan dan kekerasan aluminium | 29 |
| Gambar 11. Perbandingan uji tarik baja dan aluminium | 34 |
| Gambar 12. Diagram media pendinginan | 36 |
| Gambar 13. Bentuk indentor rockwell (a) Dari samping (b) Dari atas..... | 37 |
| Gambar 14. Bentuk indentor Brinell..... | 38 |
| Gambar 15. Gambaran singkat uji tarik dan datanya..... | 40 |
| Gambar 16. Pembebanan tarik | 40 |
| Gambar 17. . Diagram tegangan dan regangan..... | 41 |
| Gambar 18. Sekrap proses pembubutan Al-Mg-Si..... | 47 |

| | |
|---|----|
| Gambar 19. Rangka Cetakan | 49 |
| Gambar 20. Spesimen uji kekerasan..... | 52 |
| Gambar 21. Spesimen uji struktur mikro..... | 52 |
| Gambar 22. Alat uji kekerasan (HTM)..... | 53 |
| Gambar 23. Alat uji struktur mikro..... | 54 |
| Gambar 24. Diagram alir penelitian..... | 56 |
| Gambar 25. Hasil pengecoran alumunium paduan Al-Mg-Si | 57 |
| Gambar 26. Grafik hasil perbandingan kekerasan <i>non heat treatment</i> dan <i>quenching</i> | 59 |
| Gambar 27. Grafik hasil kekerasan rata-rata (HRB) | 62 |
| Gambar 28. Aluminium <i>non heat treatment</i> 200x..... | 64 |
| Gambar 29. Struktur mikro <i>non heat treatment</i> pembesaran 500x..... | 64 |
| Gambar 30. Aluminium <i>artificial aging</i> 1 jam 200x | 65 |
| Gambar 31. Struktur mikro <i>artificial aging</i> 1 jam pembesaran 500x..... | 65 |
| Gambar 32. Struktur mikro <i>artificial aging</i> 5 jam 200x..... | 66 |
| Gambar 33. Struktur mikro <i>artificial aging</i> 5 jam 500x..... | 66 |
| Gambar 34. Aluminium <i>artificial aging</i> 11 jam 200x | 67 |
| Gambar 35. Struktur mikro <i>artificial aging</i> 11 jam pembesaran 500x..... | 67 |
| Gambar 36. Perbandingan struktur mikro pembesaran 200x..... | 68 |
| Gambar 37. Kurva aging <i>strength or hardness vs time</i> | 69 |

DAFTAR LAMPIRAN

| | |
|--|--|
| Lampiran 1. Gambar Alat Dan Bahan Paduan Aluminium Al-Mg-Si | |
| Lampiran 2. Proses Pengecoran (<i>Remelting</i>) Aluminium | |
| Lampiran 3. Gambar Spesimen Aluminium Setelah <i>Remelting</i> | |
| Lampiran 4. Gambar Spesimen Pengujian Aluminium Al-Mg-Si | |
| Lampiran 5. Gambar Alat-Alat Pengujian Spesimen Aluminium Al-Mg-Si | |
| Lampiran 6. Gambar Struktur Mikro <i>Non Heat Treatment</i> Aluminium Al-Mg-Si..... | |
| Lampiran 4. Gambar Struktur Mikro <i>Artificial Aging</i> 1 jam Aluminium Al-Mg-Si..... | |
| Lampiran 5. Gambar Struktur Mikro <i>Artificial Aging</i> 5 jam Aluminium Al-Mg-Si..... | |
| Lampiran 6. Gambar Struktur Mikro <i>Artificial Aging</i> 11 jam Aluminium Al-Mg-Si..... | |
| a. Gambar Grafik Kekerasan Aluminium Al-Mg-Si | |
| b. Gambar Struktur Mikro Pembesaran 100x Kali | |
| c. Gambar Struktur Mikro Pembesaran 200x Kali | |
| d. Gambar Struktur Mikro Pembesaran 500x Kali | |

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Aluminium paduan merupakan material utama yang saat ini digunakan banyak industri. Aluminium di pilih karena memiliki sifat ringan dan kekuatannya dapat di bentuk dengan cara di padu dengan unsur lain. Penambahan unsur paduan terhadap alumunium dapat dilakukan untuk meningkatkan kekuatan fisis dan mekanis logam tersebut, seperti paduan antara alumunium dan magnesium (Al-Mg) yang mempunyai ketahanan korosi yang sangat baik. Paduan ini disebut dengan *hidronalium* dan dikenal sebagai paduan yang tahan korosi. Jika sedikit magnesium di tambahkan pada alumunium, maka pengerasan penuaan akan sangat jarang terjadi. (Surdia, T. 2005: 143).

Paduan alumunium silikon (Al-Si) sangat baik kecairannya, mempunyai permukaan yang bagus, tanpa kegetasan panas dan sangat baik untuk paduan coran. Silikon juga mempunyai ketahanan korosi yang baik, ringan, koefisien pemuaian yang kecil, serta sebagai penghantar listrik yang baik. Karena mempunyai kelebihan yang sangat menyolok, paduan ini sangat banyak dipakai.

Peleburan logam atau paduan logam adalah sebuah awal fenomena penting pada proses solidifikasi. Oleh sebab itu pengembangan teori dan penelitian tersebut terus dikembangkan. Neff (2002: 589) menjelaskan bahwa untuk memenuhi tuntutan pasar dari aluminium tuang harus memfokuskan pada peningkatan kualitas logam dengan pengembangan pada proses peleburan. Proses difokuskan pada eliminasi berbagai kotoran yaitu *inklusi* yang

merupakan problem serius dalam memproduksi hasil coran yang berkualitas. Inklusi yang dimaksud adalah gas hidrogen yang dapat larut pada aluminium cair yang menyebabkan porositas pada pengecoran. Daya larut hidrogen meningkat bila temperatur naik. Pada saat pembekuan, gas hidrogen masih tersisa sehingga pada hasil pengecoran terdapat cacat. Dijelaskan pula bahwa tidak semua porositas diakibatkan oleh gas hidrogen tetapi disebabkan pula oleh penyusutan. Penyusutan yang terjadi pada saat aluminium membeku sebesar 6% dari volume ketika aluminium bertransformasi dari cair ke padat.

Budiyono (2004 :116) telah meneliti pengaruh *remelting* terhadap sifat fisis dan mekanis paduan aluminium daur ulang dengan kesimpulan bahwa *remelting* mempengaruhi sifat mekanis paduan aluminium daur ulang, yaitu terdapat penurunan kekerasan (*remelting* I= 57,5 BHN; II=57,2 BHN, dan III= 55,84 BHN), penurunan kekuatan tarik (*remelting* I= 149,0 mpa, II= 136,0 mpa, dan III= 134,8 mpa), penurunan ketangguhan impak (*remelting* I=1,70 Joule, II=1,33 Joule, dan III= 1,20 Joule).

Perlakuan panas adalah proses untuk memperbaiki sifat dari logam dengan jalan memanaskan coran sampai temperatur yang cocok, kemudian dibiarkan beberapa waktu pada temperatur itu, kemudian didinginkan ke temperatur yang lebih rendah dengan kecepatan yang sesuai. Surdia, T. dan Kenji, C. (1999: 130) dengan perlakuan panas (*heat treatment*) yang dapat membentuk gabungan atau mengubah sifat baja, aluminium dan lainnya dari yang mudah patah menjadi lebih kuat atau juga dapat merubah sifat baja dari yang lunak menjadi sangat keras dan sebagainya. *Heat treatment* merupakan proses kombinasi antara pemanasan dan pendinginan terhadap logam atau paduan dalam keadaan padat dalam jangka waktu tertentu yang di maksudkan untuk memperoleh sifat sifat tertentu pada logam atau paduan.

Zeeren (2008), meneliti pengaruh *heat treatment* pada paduan aluminium bahan baku piston, temperatur *solution heat treatment* 500 °C, waktu tahan 5

jam, dilanjutkan perlakuan *aging* dengan temperatur 180 °C, waktu tahan 9 jam mampu menaikkan angka kekerasannya hingga 65 %.

Prakoso. C. (2009: 67-70), dalam penelitian tentang analisis sifat fisis dan mekanis aluminium paduan Al, Si, Cu, terhadap perlakuan *solution treatment*, *quenching* dengan air dan *aging* 150°C ditemukan kekuatan tarik 450°C setelah di *aging*. Pada uji komposisi kimia ini ditemukan unsur Al 86,95%, Cu 5,19 %, Si 4,66 %, Zn 1,66%, Mn 0,19%, Mg 0,25%, Ni 0,061%, Cr 0,013%, Ti 0,042%. Kekuatan tarik tertinggi rata-rata dimiliki oleh material perlakuan *aging* ,yaitu sebesar 16,61 kg/mm². Sedangkan harga impak tidak berubah 0,017 J/mm² setelah dilakukan *aging*.

Aluminium paduan dapat diperoleh dengan cara pengecoran. Dalam hal ini aluminium paduan akan diberikan perlakuan panas (*heat treatment*) dengan *artificial aging*. Sifat mekanik suatu logam khususnya aluminium sangat penting untuk diketahui. Dengan mengetahui sifat mekanik suatu logam, maka kita dapat menggunakan logam tersebut sesuai dengan kebutuhan kita tanpa mengesampingkan sifat dan kondisi logam tersebut. Untuk dapat mengetahui sifat dan kondisi suatu logam kita harus melakukan beberapa pengujian mekanik seperti uji kekerasan, uji tarik, dan struktur mikro. Pada tugas akhir ini, penulis mengangkat tentang kasus pada aluminium paduan (Al-Mg-Si) dengan metode pengecoran ulang. Di mana material aluminium paduan (Al-Mg-Si) di perlakuan panas (*heat treatment*) 450 °c dengan waktu tahan 15 menit, lalu di dinginkan menggunakan oli dan kemudian di *artificial aging* 190 °c dengan waktu tahan 1 jam, 5 jam, dan 11 jam dengan pendinginan pada temperatur ruangan sebagai upaya meningkatkan sifat mekanis dari aluminium paduan tersebut.

B. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang dilakukan dalam penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui karakteristik pada aluminium paduan Al-Mg-Si setelah pengecoran ulang.
2. Mengetahui kekerasan aluminium paduan Al-Mg-Si dengan perbandingan *non heat treatment* dan sesudah perlakuan panas *artificial aging*.
3. Mengetahui struktur mikro aluminium paduan Al-Mg-Si dengan perbandingan *non heat treatment* dan sesudah perlakuan panas *artificial aging*.

C. Batasan Masalah

Pada penulisan laporan penelitian tugas akhir, penulis membatasi masalah tentang pengecoran ulang menggunakan bahan spesimen paduan aluminium magnesium silikon (Al-Mg-Si) yaitu :

1. Material yang digunakan adalah sisa proses pembubutan (gram) aluminium paduan Al-Mg-Si yang telah dilakukan pengecoran ulang.
2. Proses pengecoran (*remelting*) pada aluminium paduan Al-Mg-Si dengan menggunakan cetakan pasir.
3. Proses perlakuan panas *artificial aging* 190 °c dengan *holding time* 1 jam, 5 jam dan 11 jam dan didinginkan pada temperatur ruangan.
4. Pengujian yang dilakukan yaitu uji kekerasan, dan pengujian struktur mikro.

D. Hipotesis

Proses *remelting* terhadap paduan aluminium daur ulang dapat diambil kesimpulan bahwa *remelting* mempengaruhi sifat mekanis paduan aluminium

yaitu penurunan kekerasan, maka pada saat melakukan proses *remelting* harus dilakukan dengan baik agar penurunan kekerasan tidak terlalu jauh berbeda dengan kekerasan sebelum *diremelting*, kemudian melakukan perlakuan panas *artificial aging* supaya mampu menaikkan angka kekerasannya sehingga mendekati nilai kekerasan awal sebelum di *remelting* dan dapat meningkatkan sifat mekanis dari aluminium tersebut.

E. Sistematika Penulisan Laporan Penelitian

Sistematika penulisan dalam penyusunan laporan penelitian tugas akhir adalah sebagai berikut :

BAB I. PENDAHULUAN

Berisi tentang Latar Belakang, Tujuan Penelitian, Batasan Masalah, dan Sistematika Penulisan.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

Berisi tentang teori dasar mengenai hal-hal yang berkaitan dengan penelitian.

BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

Berisi tentang diagram alir dan uraian tahap-tahap dalam penelitian, yaitu; tahap studi literatur dan studi lapangan, tahap penyiapan bahan dan alat kerja, tahap pembuatan spesimen, tahap pelaksanaan pengujian dan tahap pengambilan data hasil pengujian.

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berisi tentang data-data hasil pengujian kekerasan dan uji tarik. Kemudian menganalisa data-data tersebut sesuai jenis pengujiaannya. Analisa dan

pembahasan dilakukan berdasarkan referensi dari buku dan fakta teknis di lapangan.

BAB V. SIMPULAN DAN SARAN.

Berisi tentang kesimpulan dari hasil analisa dan pembahasan data hasil pengujian yang telah dilakukan. Selanjutnya penulis dapat memberikan saran yang dapat dijadikan inspirasi untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

Berisikan sumber-sumber yang menjadi referensi penulisan dalam menyusun penelitian ini.

LAMPIRAN

Memuat data-data yang mendukung penulisan laporan ini.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Aluminium

Aluminium merupakan unsur logam terbanyak di muka bumi, dimana hampir 8% berat dari kerak bumi adalah aluminium. Aluminium ditemukan oleh Sir Humphrey Davy pada tahun 1809 sebagai suatu unsur, dan pertama kali direduksi sebagai suatu logam oleh H.C. Oersted pada tahun 1955. Bijih bauksit adalah bahan utama untuk pembuatan aluminium yang terdapat di dalam batu-batu dalam kerak bumi. Di dalam bebatuan tersebut aluminium masih berbentuk silikat dan komponen lain yang lebih kompleks, karena komponen aluminium yang begitu kompleks tersebut maka diperlukan penelitian lebih dari 60 tahun untuk menemukan cara yang ekonomis untuk membuat aluminium dari bijih bauksit. (Surdia, T. 1999: 134)

Aluminium murni merupakan logam yang lunak, tahan lama, ringan, dan dapat ditempa dengan penampilan luar bervariasi antara keperakan hingga abu-abu, tergantung kekasaran permukaannya. Kekuatan tensil aluminium murni adalah 90 MPa, sedangkan aluminium paduan memiliki kekuatan tensil berkisar 200- 600 MPa. Aluminium memiliki berat sekitar satu pertiga baja, mudah ditekuk, diperlakukan dengan mesin, dicor, ditarik (*drawing*), dan diekstrusi.

Aluminium dipakai sebagai paduan dari pada sebagian logam murni, sebab tidak kehilangan sifat ringan dan sifat-sifat mekaniknya dan mampu cornya diperbaiki dengan menambah unsur-unsur lain. Unsur-unsur paduan itu adalah tembaga, silisium, magnesium, mangan, nikel, dan sebagainya, yang dapat mengubah sifat-sifat paduan aluminium.

Aluminium paduan dengan tembaga kurang tahan terhadap korosi akibat reaksi galvanik dengan paduan tembaga. Aluminium juga merupakan konduktor panas dan elektrik yang baik. Jika dibandingkan dengan massanya, aluminium memiliki keunggulan dibandingkan dengan tembaga, yang saat ini merupakan logam konduktor panas dan listrik yang cukup baik, namun cukup berat.

Pada aluminium paduan, kandungan unsur yang berada di dalamnya dapat bervariasi tergantung jenis paduannya. Pada paduan 7075, yang merupakan bahan baku pembuatan pesawat terbang, memiliki kandungan sebesar 5,5% Zn, 2,5% Mg, 1,5% Cu, dan 0,3% Cr. Aluminium 2014, yang umum digunakan dalam penempaan, memiliki kandungan 4,5% Cu, 0,8% Si, 0,8% Mn, dan 1,5% Mg. Aluminium 5086 yang umum digunakan sebagai bahan pembuat badan kapal pesiar, memiliki kandungan 4,5% Mg, 0,7% Mn, 0,4% Si, 0,25% Cr, 0,25% Zn, dan 0,1% Cu.a.

a. Paduan Al-Si

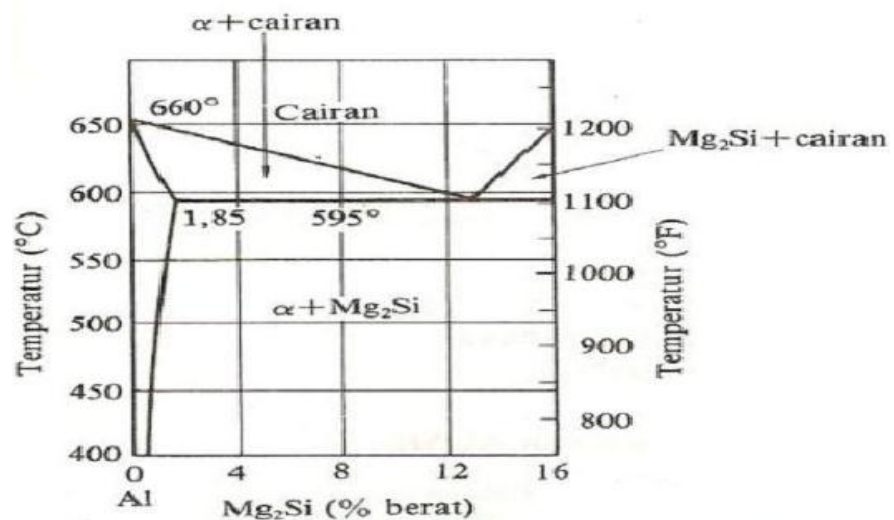
Paduan Al-Si termasuk jenis yang tidak dapat di perlakuan panas tapi dengan penambahan unsur Mg, Cu atau Zn akan merespon terhadap perlakuan panas. Jenis paduan ini dalam keadaan cair mempunyai sifat mampu alir yang baik dan dalam proses pembekuannya hampir tidak ada retak. Karena sifat-sifatnya, maka jenis paduan Al-Si banyak digunakan sebagai bahan atau logam las dalam pengelasan paduan aluminium baik paduan cor maupun paduan tempa.

b. Paduan Al-Mg

Paduan Al-Mg, sering disebut hidronalium, merupakan paduan dengan tingkat ketahanan korosi yang paling baik dibandingkan dengan paduan aluminium lainnya, Paduan ini mempunyai sifat yang baik dalam daya tahan korosi, terutama korosi oleh air laut, dan dalam sifat mampu lasnya. Paduan Al- Mg banyak digunakan tidak hanya dalam konstruksi umum, tetapi juga untuk tangki-tangki penyimpanan gas alam cair dan oksigen cair.

c. Paduan Al-Mg-Si

Pada paduan ini kalau sedikit Mg ditambahkan kepada Al pengerasan sangat jarang terjadi, tetapi apabila secara simultan mengandung Si, maka dapat dikeraskan dengan penuaan perlakuan panas setelah perlakuan pelarutan. Pada gambar 1, menunjukkan diagram fasa paduan Al-Mg-Si yang berasal dari kelarutan yang menurun dari Mg-Si terhadap larutan padat Al dari temperatur tinggi ke temperatur yang lebih rendah.



Gambar 1 : Diagram fasa biner semu paduan (Al-Mg-Si).

Paduan dalam sistem ini mempunyai kekuatan kurang sebagai bahan tempaan dibandingkan dengan paduan–paduan lainnya, tetapi sangat liat, sangat baik mampu bentuknya untuk penempaan, *ekstrusi* dan sebagainya dan sangat baik untuk mampu bentuk yang tinggi pada temperatur biasa. Mempunyai mampu bentuk yang baik pada ekstrusi dan tahan korosi. Karena paduan dalam sistem ini mempunyai kekuatan yang cukup baik tanpa mengurangi hantaran listrik, maka banyak digunakan untuk kabel tenaga. Dalam hal ini pencampuran Cu, Fe dan Mn perlu dihindari karena unsur – unsur itu menyebabkan ketahanan listrik menjadi tinggi.

B. Aluminium dan Paduannya

Paduan Al di klasifikasikan dalam berbagai standard oleh berbagai negara di dunia. *Standard Aluminium Association* (AA) di Amerika menggunakan penandaan dengan empat angka sebagai berikut :

- a. 1xxx adalah Al Murni
- b. 2xxx adalah Al – Cu
- c. 3xxx adalah Al – Mn
- d. 4xxx adalah Al – Si
- e. 5xxx adalah Al – Mg
- f. 6xxx adalah Al – Mg – Si
- g. 7xxx adalah Al – Zn

Sebagai contoh paduan Al-Cu dinyatakan dengan angka 2xxx atau 2000, angka pada tempat kedua menyatakan modifikasi paduan. Jika angka kedua dalam penandaan ini menunjukkan nol, hal ini menyatakan paduan yang orisinil. Urutan angka 1 sampai 9 digunakan untuk menunjukkan modifikasi dari paduan orisinil, untuk paduan percobaan diberi penandaan awalan X. Dalam paduan Al perubahan yang berarti dari material disebabkan perlakuan panas, seperti 7075-T6.

- a. Paduan Al – Cu dan Al – Cu – Mg (seri 2000)

Mengandung 4% Cu dan 0.5% Mg dan paduan ini dinamakan duralumin. Salah satu duralumin adalah paduan 2017, komposisi standarnya adalah aluminium dengan kandungan 4% Cu, 0.5% Mg, 0.5% Mn. Paduan yang ditingkatkan magnesiumnya dari komposisi standar, yaitu aluminium dengan kandungan 4.5% Cu, 1.5% Mg, 0.5% Mn yang disebut paduan 2024. Paduan yang mengandung Cu mempunyai ketahanan korosi yang tidak baik, jadi apabila ketahanan korosi diperlukan permukaannya dilapisi dengan Al murni atau paduan Al yang tahan korosi, material yang telah dilapisi tersebut disebut Al *clad*.

b. Paduan Al – Mn (seri 3000)

Mn (mangan) adalah unsur yang memperkuat Al tanpa mengurangi ketahanan korosi, dan digunakan untuk membuat paduan yang tahan korosi. Paduan aluminium dengan kandungan 1.2% Mn dan 1% Mg disebut paduan 3003 yang dipergunakan sebagai paduan tahan korosi.

c. Paduan Al – Si (seri 4000)

Paduan Al – Si sangat baik kecairannya dan cocok untuk paduan coran. Paduan ini mempunyai ketahanan korosi yang baik, sangat ringan, koefisien pemuaian yang rendah dan sebagai penghantar panas dan listrik yang baik. Material ini biasa dipakai untuk torak motor dan sebagai *filler* las (setelah dilakukan beberapa perbaikan komposisi).

d. Paduan Al – Mg (seri 5000)

Mempunyai ketahanan korosi yang sangat baik, dengan kandungan 2–3% Mg (magnesium) mempunyai sifat mudah ditempa, diroll dan diekstrusi. Paduan 5056 merupakan paduan yang paling kuat dalam seri ini. Paduan 5083 yang dianil adalah paduan dengan 4.5% Mg, sifatnya kuat dan mudah dilas, digunakan sebagai tangki *LNG*.

e. Paduan Al - Mg – Si (seri 6000)

Paduan ini mempunyai kekuatan yang kurang baik sebagai bahan tempaan dibandingkan dengan paduan-paduan lainnya. Tetapi sangat liat, sangat baik mampu bentuknya untuk penempaan, *ekstrusi* dan lain-lain. Salah satu paduan seri 6000 adalah 6063 yang banyak digunakan untuk rangka konstruksi.

f. Paduan Al – Zn (serie 7000)

Suatu paduan yang terdiri dari aluminium, 5.5% Zn, 2.5% Mn, 1.5% Cu, 0.3% Cr, 0.2% Mn ini dinamakan paduan 7075. Paduan ini mempunyai kekuatan tertinggi diantara paduan-paduan lainnya. Penggunaan paduan ini kebanyakan untuk bahan konstruksi pesawat terbang, selain itu banyak digunakan sebagai bahan konstruksi.

C. Pengecoran

Pengecoran adalah proses pembuatan benda dengan mencairkan logam dan menuangkan cairan logam tersebut ke dalam rongga cetakan. Proses ini dapat digunakan untuk membuat benda-benda dengan bentuk rumit. Benda berlubang yang sangat besar dan sangat sulit atau sangat mahal jika dibuat dengan metode lain, dapat diproduksi massal secara ekonomis menggunakan teknik pengecoran yang tepat.

Pada pengecoran logam, dibutuhkan pola yang merupakan tiruan dari benda yang hendak dibuat dengan pengecoran. Pola dapat terbuat dari logam, kayu, *stereofom*, lilin, dan sebagainya. Pola mempunyai ukuran sedikit lebih besar dari ukuran benda yang akan dibuat dengan maksud untuk mengantisipasi penyusutan selama pendinginan dan pengerjaan *finishing* setelah pengecoran. Selain itu, pada pola juga dibuat kemiringan pada sisinya supaya memudahkan pengangkatan pola dari pasir cetak.

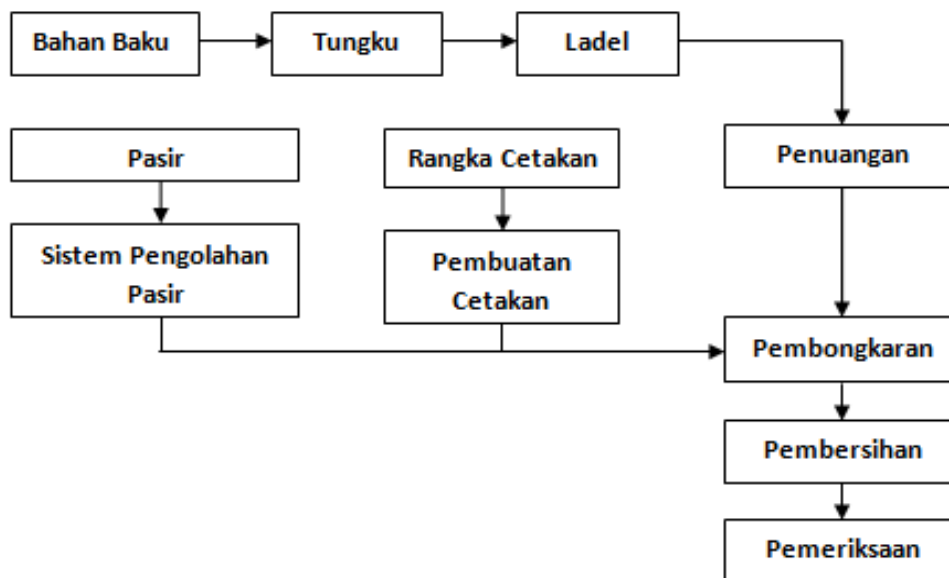
Surdia, T. (2005: 143) mengatakan “Pengecoran logam adalah menuangkan secara langsung logam cair yang didapat dari biji besi ke dalam cetakan”. Sedangkan coran itu sendiri menurut Surdia, T. (2005: 144) menyebutkan “Coran adalah logam yang dicairkan, dituang ke dalam cetakan, kemudian didinginkan dan membeku”.

Alois, Schonmetz. (1995: 224) mengatakan bahwa “Aluminium akan mengalami perbaikan bila dipadu dengan logam lain, seperti tembaga meningkatkan kekerasan, magnesium kekuatan, silikon kesudian tuang dan logam pemadu lain adalah mangan, seng, nikel yang dapat mengakibatkan sifat yang dikehendaki dalam prosentase yang kecil”.

Cetakan adalah rongga atau ruang di dalam pasir cetak yang akan diisi dengan logam cair. Pembuatan cetakan dari pasir cetak dilakukan pada sebuah rangka cetak. Cetakan terdiri dari kup dan drag. Kup adalah cetakan yang terletak di atas, dan drag cetakan yang terletak di bawah. Hal yang perlu

diperhatikan pada kup dan drag adalah penentuan permukaan pisah yang tepat.

Rangka cetak yang dapat terbuat dari kayu ataupun logam adalah tempat untuk memadatkan pasir cetak yang sebelumnya telah diletakkan pola di dalamnya. Pada proses pengecoran dibutuhkan dua buah rangka cetak yaitu rangka cetak untuk kup dan rangka cetak untuk drag. Proses pembuatan cetakan dari pasir dengan tangan. Pengecoran logam dapat dilakukan untuk bermacam-macam logam seperti, besi, baja paduan tembaga (perunggu, kuningan, perunggu aluminium dan lain sebagainya), paduan ringan (paduan aluminium, paduan magnesium, dan sebagainya), serta paduan lain, semisal paduan seng, monel (paduan nikel dengan sedikit tembaga), *hasteloy* (paduan yang mengandung *molibdenum*, *khrom*, dan silikon), dan sebagainya.

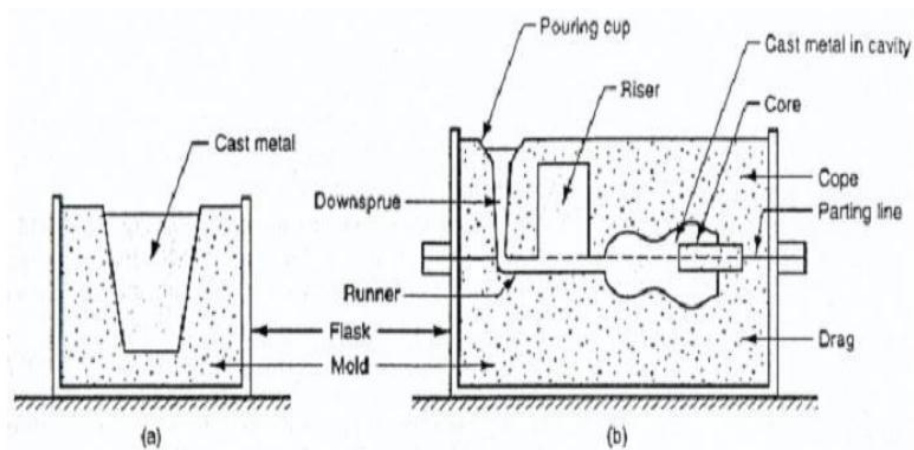


Gambar 2. Pembuatan benda cor.

Untuk membuat coran harus melalui proses pembuatan model pencairan logam, penuangan cairan logam ke model, membongkar, membersihkan dan memeriksa coran. Pencairan logam dapat dilakukan dengan bermacam-macam cara, misal dengan tanur induksi (tungku listrik di mana panas diterapkan dengan pemanasan induksi logam), tanur kupola (tanur pelebur dalam pengecoran logam untuk melebur besi tuang kelabu), atau lainnya.

Cetakan biasanya dibuat dengan memadatkan pasir yang diperoleh dari alam atau pasir buatan yang mengandung tanah lempung. Cetakan pasir mudah dibuat dan tidak mahal. Cetakan dapat juga terbuat dari logam, biasanya besi dan digunakan untuk mengecor logam-logam yang titik leburnya di bawah titik lebur besi.

- a. Untuk cetakan terbuka logam cair hanya dituang hingga memenuhi rongga yang terbuka.
- b. Untuk cetakan tertutup logam cair dituang hingga memenuhi sistem saluran masuk :



Gambar 3. (a) cetakan terbuka, (b) cetakan tertutup

Setelah dingin benda cor dilepaskan dari cetakannya, untuk beberapa metode pengecoran diperlukan proses pengerjaan lanjut :

- a. Memotong logam yang berlebihan
- b. Membersihkan permukaan
- c. Memeriksa produk cor
- d. Memperbaiki sifat mekanik dengan perlakuan panas (*heat treatment*),
- e. Menyesuaikan ukuran dengan proses pemesinan.

Adapun jenis-jenis cetakan yang digunakan di dalam pengecoran yaitu sebagai berikut :

A. Cetakan Tidak Permanen (*Expendable Mold*)

Cetakan tidak permanen hanya dapat digunakan satu kali saja. Contoh : Cetakan pasir (*sand casting*), cetakan kulit (*shell mold casting*), dan cetakan presisi (*precision casting*).

Cara ini dibuat dengan cara memadatkan pasir. Pasir yang dipakai adalah pasir alam atau pasir buatan yang mengandung tanah lempung. Biasanya dicampurkan pengikat khusus seperti air-kaca, semen, resin furan resin fenol (minyak pengering), dan bentonit karena penggunaan zat-zat tersebut memperkuat cetakan atau mempermudah pembuatan cetakan.

Untuk membuat coran, harus dilakukan beberapa proses seperti pencairan, pembuatan cetakan, penuangan, pembongkaran dan pembersihan coran. Untuk mencairkan logam bermacam-macam dapur yang dipakai. Umumnya kupola (dapur *induksi frekuensi rendah*) dipergunakan untuk besi cor, dapur busur listrik (dapur *induksi frekuensi tinggi*) digunakan untuk baja tuang dan dapur krus untuk paduan tembaga atau coran paduan ringan, karena dapur ini dapat memberikan logam cair yang baik dan sangat ekonomis untuk logam-logam tersebut. Cetakan pasir jarang digunakan karena kemungkinan terjadinya porositas lebih besar.

B. Cetakan Permanen (*Permanent Mold*)

Cetakan permanen dapat digunakan berulang-ulang (biasanya dibuat dari logam). *Permanent mold casting* adalah pembuatan logam dengan cetakan yang dipadukan dengan tekanan hidrostastik. Cara ini tidak praktis untuk pengecoran yang berukuran besar dan ketika menggunakan logam dengan titik didih tinggi. Logam bukan baja seperti aluminium, seng, timah, magnesium, perunggu bila dibuat dengan cara ini hasilnya baik. Cetakan ini terdiri atas dua atau lebih bagian yang digabung dengan sekrup, klam, plat atau alat lain yang dapat dilepas setelah produk mengeras.

Pada umumnya, *permanent mold* dibuat dari *close-grain* dan dijepit satu sama lain. Cetakan ini biasanya dilapisi dengan bahan perekat tahan panas (*heat resisting wet mixture*) dan jelaga yang akan menjaga cetakan agar tidak lengket dan mengurangi efek dingin pada logam. Setelah cetakan disiapkan, kemudian ditutup dan seluruh bagian inti atau bagian yang bebas dikunci ditempat. Kedua biji besi dan biji baja dapat digunakan dalam cetakan jenis ini. Untuk mengantisipasi suhu logam dilakukan dengan menuangkan air kedalam cetakan melalui pintu yang terbuka. Setelah hasil cetakan cukup dingin, bagian yang bebas ditarik dan cetakan dibuka dan hasil cetakan diangkat. Cetakan tersebut kemudian dibersihkan dan susun kembali bagian-bagian cetakan, cetakan pun siap dituangi lagi.

Alat ini sebagian besar digunakan untuk mencetak piston dan bagian-bagian mesin kendaraan, mesin disel dan mesin kapal. Penerapan lainnya banyak ditemukan di industri yang membuat beberapa materi seperti *gear* pada mesin cuci, bagian-bagian pada *vacum cleaner*, tutup kipas angin, bagian untuk alat-alat portable, perlengkapan lampu luar ruangan, dan lain-lain.

Permanent mold casting mempunyai hasil ahir permukaan yang bagus dan detail yang tajam. Diperoleh keseragaman hasil dengan berat 1 ons sampai 50 pound. Toleransinya berkisar dari 0,0025 inchi sampai 0,010 inchi.

D. Pengolahan Pasir Cetak

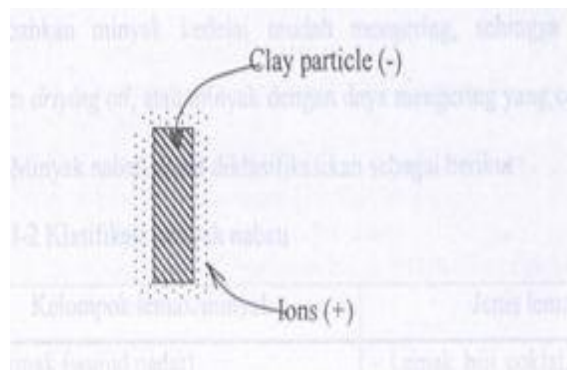
Cetakan pasir dapat dibuat dengan menggunakan pasir baru atau pasir daur ulang. Sebelum pembuatan cetakan maka pasir disiapkan terlebih dahulu. Penyiapan pasir dicetak dilakukan dengan mengolah pasir dengan perlakuan-perlakuan seperti : penggilingan pasir, penyampuran pasir, pengayaan pasir, pemisahan dari sisa coran, dan pendinginan.

a. Bentonit

Bentonit merupakan satu jenis dari tanah lempung. Bentonit terdiri dari butir-butir halus dari 10 sampai $0,0 \mu$ yang fasa penyusun utamanya adalah monmorillonite. Keplastisan terjadi karena penggelembungan dengan menambahkan air padanya. Bentonit digunakan sebagai bahan pengikat pada pembuatan cetakan pasir karena mempunyai sifat-sifat yang diperlukan yaitu :

1. Menghasilkan daya ikat yang tinggi.
2. Menjadi liat bila basah, sehingga akan memudahkan dalam pembentukan pada proses pembuatan cetakan.
3. Menjadi keras setelah dikeringkan.

Pada gambar berikut menunjukkan terjadinya daya ikat pada bentonit akibat adanya perbedaan distribusi muatan positif dan negatif pada permukaan bentonit.



Gambar 4. Distribusi muatan positif pada permukaan bentonit.

(George E. 1996: 224)

b. Pasir silika (SiO_2)

Pasir merupakan produk dari hancurnya batu-batuan dalam jangka waktu lama. Alasan pemakaian pasir sebagai bahan cetakan adalah karena murah dan ketahanannya terhadap temperatur tinggi. Ada dua jenis pasir yang umum digunakan yaitu *naturally bonded (banks sands)* dan

synthetic (lake sands). Karena komposisinya mudah diatur, pasir sinetik lebih disukai oleh banyak industri pengecoran. Pemilihan jenis pasir untuk cetakan melibatkan beberapa faktor penting seperti bentuk dan ukuran pasir. Sebagai contoh pasir halus dan bulat akan menghasilkan permukaan produk yang mulus/halus. Untuk membuat pasir cetak selain dibutuhkan pasir juga pengikat (bentonit atau *clay*/lempung) dan air. Ketiga Bahan tersebut diaduk dengan komposisi tertentu dan siap dipakai sebagai bahan dari pembuat cetakan.

E. Keuntungan dan Kerugian Pembentukan dengan Pengecoran

Setiap metode pengecoran memiliki keuntungan sendiri-sendiri, tetapi secara umum dapat disebutkan sebagai berikut :

1. Dapat mencetak bentuk kompleks, baik bentuk bagian luar maupun bentuk bagian dalam.
2. Beberapa proses dapat membuat bagian (*part*) dalam bentuk jaringan.
3. Dapat mencetak produk yang sangat besar, lebih berat dari 100 ton.
4. Dapat digunakan untuk berbagai macam logam.
5. Beberapa metode pencetakan sangat sesuai untuk keperluan produksi massal.

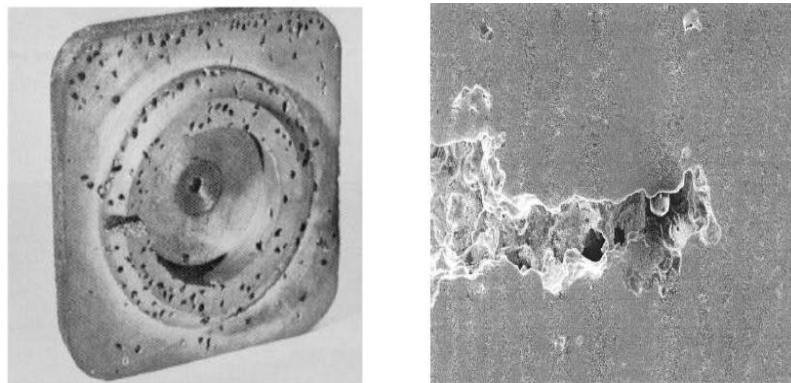
Setiap metode pengecoran memiliki kelemahan sendiri-sendiri, tetapi secara umum dapat disebutkan sebagai berikut :

1. Keterbatasan sifat mekanik.
2. Sering terjadi porositas.
3. Dimensi benda cetak kurang akurat.
4. Permukaan benda cetak kurang halus.
5. Bahaya pada saat penuangan logam panas.
6. Masalah lingkungan

Cacat hasil coran telah diberi nama dan dikategorikan dalam tujuh kelompok jenis cacat oleh *International Commitee of Foundry Technical Associations/ICFTA*. Tujuh kategori jenis cacat coran adalah :

- a. *Metallic projections.*
- b. *Caviti.*
- c. *Diskontinyuitas.*
- d. *Permukaan defective.*
- e. *Coran incomplete.*
- f. Ukuran/bentuk tidak tepat.
- g. *Inclusions.*

Hasil coran sering terlihat sempurna secara makro tetapi kenyataanya muncul cacat-cacat terutama jenis kaviti dan cacat permukaan serta inklusi gas.



Gambar 5. Cacat coran kaviti dan inklusi.

F. Perlakuan Panas (*Heat Treatment*)

Perlakuan panas atau *heat treatment* adalah salah satu proses untuk mengubah struktur logam dengan jalan memanaskan specimen pada tungku (*elektrik terance*) pada temperatur *rekristalisasi* selama periode waktu tertentu kemudian di dinginkan pada media pendingin seperti udara, air, air garam, oli dan solar yang masing-masing mempunyai kerapatan pendinginan yang berbeda-beda. Perlakuan panas merupakan proses kombinasi antara proses pemanasan atau pendinginan dari suatu logam atau paduannya dalam keadaan

padat untuk mendapatkan sifat-sifat tertentu. Untuk mendapatkan hal ini maka kecepatan pendinginan dan batas temperatur sangat menentukan sehingga penentuan bahan logam yang tepat pada hakekatnya merupakan kesepakatan antara berbagai sifat, lingkungan dan cara penggunaan hingga sampai dimana sifat bahan logam tersebut dapat memenuhi persyaratan yang telah ditentukan.

Sifat-sifat bahan logam perlu dikenal secara baik karena bahan logam tersebut dipakai pada berbagai kepentingan dan dalam keadaan sesuai dengan fungsinya. Tetapi terkadang sifat-sifat bahan logam ternyata kurang memenuhi persyaratan sesuai dengan fungsi dan kegunaannya. Sehingga diperlukan suatu usaha untuk dapat meningkatkan atau memperbaiki sifat-sifat logam. Sifat-sifat logam tersebut dapat ditingkatkan dengan salah satunya adalah perlakuan panas. Perlakuan panas adalah proses untuk memperbaiki sifat dari logam dengan jalan memanaskan coran sampai temperatur yang cocok, kemudian dibiarkan beberapa waktu pada temperatur itu, kemudian didinginkan ke temperatur yang lebih rendah dengan kecepatan yang sesuai. (Surdia, T. 1999: 129-130)

Berikut adalah macam-macam proses *heat treatment* yang biasanya dilakukan adalah :

a. *Hardening*

Hardening adalah perlakuan panas terhadap logam dengan sasaran meningkatkan kekerasan alami logam. Perlakuan panas menuntut pemanasan benda kerja menuju suhu pengerasan, jangka waktu penghentian yang memadai pada suhu pengerasan dan pendinginan berikutnya secara cepat dengan kecepatan pendinginan kritis. Akibat pengejukan dingin dari daerah suhu pengerasan ini, dicapailah suatu keadaan paksaan bagi struktur baja yang merangsang kekerasan, oleh karena itu maka proses pengerasan ini disebut pengerasan kejut. Karena logam menjadi keras melalui peralihan wujud struktur, maka perlakuan panas ini disebut juga pengerasan alih wujud. Kekerasan yang dicapai

pada kecepatan pendinginan kritis (*martensit*) ini diringi kerapuhan yang besar dan tegangan pengejutan, karena itu pada umumnya dilakukan pemanasan kembali menuju suhu tertentu dengan pendinginan lambat.

b. Normalizing

Normalizing adalah perlakuan panas logam di sekitar 40 °C di atas batas kritis logam, kemudian di tahan pada temperatur tersebut untuk masa waktu yang cukup dan dilanjutkan dengan pendinginan pada udara terbuka. Pada proses pendinginan ini temperatur logam terjaga untuk sementara waktu sekitar 2 menit per-mm dari ketebalan-nya hingga temperatur spesimen sama dengan temperatur ruangan, dan struktur yang diperoleh dalam proses ini diantaranya perlit (*eutectoid*), perlit *brown ferrite (hypoeutectoid)* atau perlit *brown cementite (hypereutectoid)*. *Normalizing* digunakan untuk menyuling struktur butir dan menciptakan suatu austenite yang lebih homogen ketika baja dipanaskan kembali.

c. Annealing

Proses *annealing* atau melunakkan baja adalah proses pemanasan baja di atas temperature kritis (723 °C) selanjutnya dibiarkan beberapa lama sampai temperature merata disusul dengan pendinginan secara perlahan-lahan sambil dijaga agar temperature bagian luar dan dalam kira-kira sama hingga diperoleh struktur yang diinginkan dengan menggunakan media pendingin udara.

d. Tempering

Tempering baja yang telah dikeraskan bersifat rapuh dan tidak cocok untuk digunakan. Melalui tempering, kekerasan dan kerapuhan dapat diturunkan sampai memenuhi persyaratan penggunaan. Kekerasan turun, kekuatan tarik akan turun pula sedangkan ketangguhan dan keuletan baja akan meningkat. Proses tempering terdiri dari pemanasan kembali dari baja yang telah dikeraskan pada suhu dibawah suhu kritis, disusul dengan pendinginan. Meskipun proses ini menghasilkan baja yang lebih lunak, proses ini berbeda dengan proses *annealing* karena di sini sifat-sifat fisis

dapat dikendalikan dengan cermat. Struktur akhir anil tempering baja yang dikersakan di sebut martensit tempering. Tempering di mungkinkan oleh karena struktur martensit tidak stabil. Tempering pada suhu rendah antara 150-230 °C tidak akan menghasilkan penurunan kekerasan yang berarti, karena pemanasan akan menghilangkan tegangan dalam terlebih dahulu. Bila menjadi martensit terurai lebih cepat dan sekitar 305 °C perubahan fasa menjadi martensit tempering berlangsung dengan cepat.

Proses tempering terdiri dari presipitasi dan penggumpalan atau pertumbuhan sementit. Pengendapan sementit terjadi pada 315 °C diiringi penurunan kekerasan. Peningkatan suhu akan mempercepat penggumpalan karbida, sementara kekerasan turun terus. Unsur paduan mempunyai pengaruh yang berarti atas tempering, pengaruhnya menghambat laju pelunakan sehingga baja paduan akan memerlukan suhu tempering yang lebih tinggi untuk mencapai kekerasan tertentu.

e. *Quenching*.

Proses *quenching* atau pengerasan baja adalah suatu proses pemanasan logam sehingga mencapai batas austenit yang homogen. Untuk mendapatkan kehomogenan ini maka austenit perlu waktu pemanasan yang cukup. Selanjutnya secara cepat baja tersebut di celupkan ke dalam media pendingin, tergantung pada kecepatan pendingin yang kita inginkan untuk mencapai kekerasan baja.

Quenching merupakan tahap yang paling kritis dalam proses perlakuan panas. *Quenching* dilakukan dengan cara mendinginkan logam yang telah dipanaskan dalam dapur pemanas kedalam media pendingin. Dalam proses ini logam yang di *quenching* adalah logam paduan aluminium yang telah dipanaskan dalam dapur pemanas kedalam media pendingin. Pendingin dilakukan secara cepat, dari temperatur pemanas ke temperatur yang lebih rendah, pada umumnya mendekati temperatur ruang. Tujuan dilakukan *quenching* adalah agar larutan padat homogen

yang terbentuk pada *solution heat treatment* dan kekosongan atom dalam keseimbangan termal pada temperatur tinggi tetap pada tempatnya.

Pada tahap *quenching* akan menghasilkan larutan padat lewat jenuh (*Super Saturated Solid Solution*) yang merupakan fasa tidak stabil pada temperatur biasa atau temperatur ruang. Pada proses *quenching* tidak hanya menyebabkan atom terlarut tetap ada dalam larutan, namun juga menyebabkan jumlah kekosongan atom tetap besar. Adanya kekosongan atom dalam jumlah besar dapat membantu proses difusi atom pada temperatur ruang untuk membentuk zona Guinier - Preston (Zona GP). Zona Guinier - Preston (Zona GP) adalah kondisi didalam paduan dimana terdapat agregasi atom padat atau pengelompokan atom padat. (Surdia, T. & Saito. 1992: 133-135).

G. Pengerasan *Presipitasi*

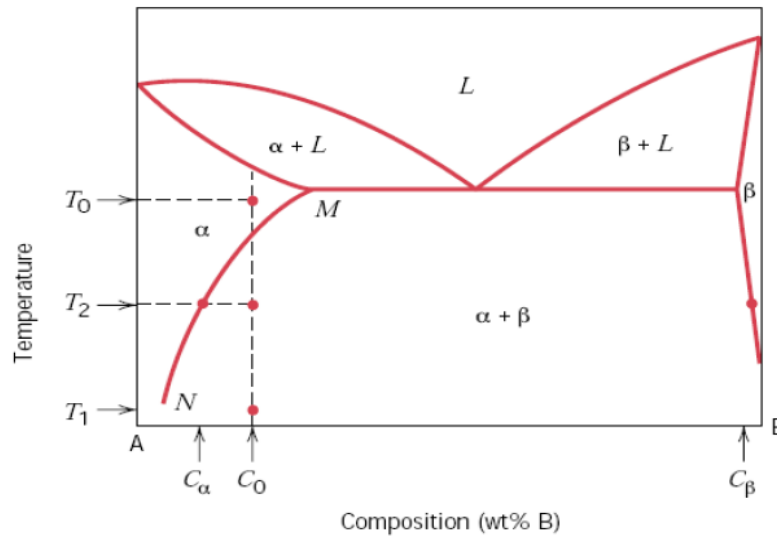
Penguatan dan pengerasan logam paduan bisa di tingkatkan dengan pembentukan penyebaran partikel-partikel dari fasa kedua kedalam matrik fasa yang asli/pertama. Hal ini dilakukan dengan perlakuan panas yang tepat. Prosesnya disebut *precipitation hardening* karena partikel-partikel kecil dari fasa yang baru membentuk *precipitasi/* endapan/ menggumpal. Kadang-kadang disebut "*age hardening*" (pengerasan penuaan) karena proses penguatan terjadi karena proses waktu. Pada proses *precipitation hardening* terjadi atas dua tahap adalah sebagai berikut :

1. Solution heat treating

Pada T_0 struktur logam adalah α , dengan komposisi C_0 . Kemudian dilakukan pendinginan cepat hingga temperatur T_1 yaitu temperatur ruang sehingga phase β tidak bisa terbentuk. Karena itu kondisi logam adalah tidak setimbang/ *non equilibrium* dimana hanya ada phase α jenuh dengan atom β didalamnya. Sifat bahan adalah lunak dan lemah.

2. Precipitation heat treating

Solid solution α yang super jenuh di panaskan sampai T_2 pada daerah $\alpha + \beta$. Pada temperatur β ini terjadi difusi sehingga terbentuk fase β yang berupa partikel halus dan tersebar dengan komposisi C_β dan prosesnya disebut *aging*/penuaan. Setelah waktu tertentu paduan didinginkan sampai temperatur kamar.



Gambar 6. Diagram fase pemanasan logam paduan

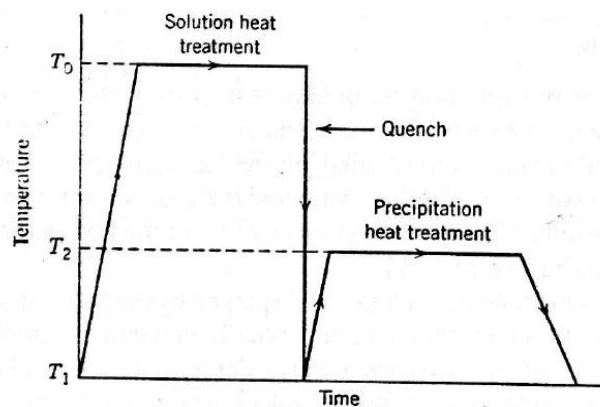
Mekanisme pengerasan presipitasi umumnya dilakukan pada paduan aluminium. Perlakuan panas pada aluminium paduan dilakukan dengan memanaskan sampai fase tunggal kemudian ditahan beberapa saat dan diteruskan dengan pendinginan cepat hingga tidak sempat berubah ke fase lain. Jika bahan tadi dibiarkan untuk jangka waktu tertentu maka terjadilah proses penuaan (*aging*). Perubahan sifat-sifat dengan berjalanya waktu pada umumnya dinamakan *aging* atau penuaan. *Aging* atau penuaan pada paduan aluminium dibedakan menjadi dua, yaitu penuaan alami (*natural aging*) dan penuaan buatan (*artificial aging*).

Penuaan alami (*natural aging*) adalah penuaan untuk paduan aluminium yang di *age hardening* dalam keadaan dingin. *Natural aging* berlangsung pada temperatur ruang antara $15\text{ }^\circ\text{C}$ – $25\text{ }^\circ\text{C}$ dan dengan waktu penahanan 5 sampai 8 hari. Penuaan buatan (*artificial aging*) adalah penuaan untuk

paduan aluminium yang di *age hardening* dalam keadaan panas. *Artificial aging* berlangsung pada temperatur antara 100 °C -200 °C dan dengan lamanya waktu penahanan antara 1 sampai 24 jam.

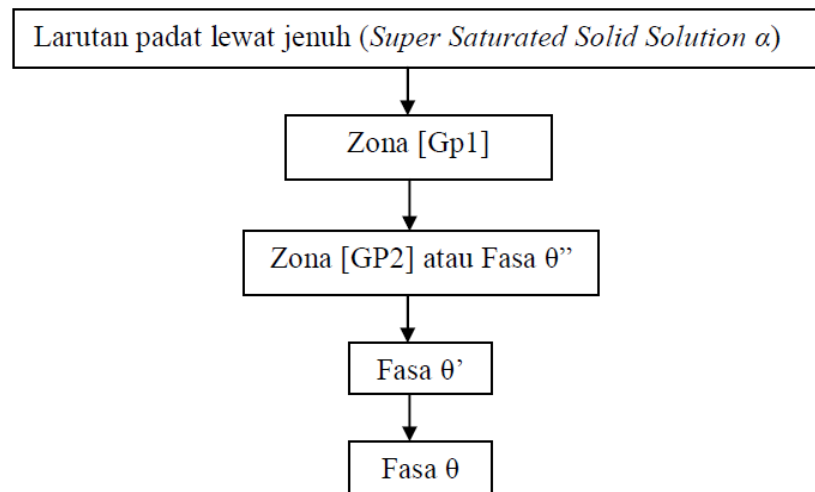
Pada tahap *artificial aging* dalam proses *age hardening* dapat dilakukan beberapa variasi perlakuan yang dapat mempengaruhi hasil dari proses *age hardening*. Salah satu variasi tersebut adalah variasi temperatur *artificial aging*. Temperatur *artificial aging* dapat ditetapkan pada temperatur saat pengkristalan paduan aluminium (150 °C), di bawah temperatur pengkristalan atau di atas temperatur pengkristalan logam paduan aluminium. (Schulz, Kurt. 2000 :194-195)

Penuaan buatan (*artificial aging*) berlangsung pada suhu antara 100 °C - 200 °C. Pengambilan temperatur *artificial aging* pada temperatur antara 100 °C – 200 °C akan berpengaruh pada tingkat kekerasan sebab pada proses *artificial aging* akan terjadi perubahan-perubahan fasa atau struktur. Perubahan fasa tersebut akan memberikan sumbangan terhadap pengerasan.



Gambar 7. Skematik proses *artificial aging* terhadap waktu.

Urut-urutan perubahan fasa dalam proses *artificial aging* adalah sebagai berikut:



Gambar 8. Urut-urutan perubahan fasa dalam proses *artificial aging*

1. Larutan Padat Lewat Jenuh (*Super Saturated Solid Solution α*)

Setelah paduan aluminium melawati tahap *solution heat treatment* dan *quenching* maka akan didapatkan larutan padat lewat jenuh pada temperatur kamar. Pada kondisi ini secara simultan kekosongan atom dalam keseimbangan termal pada temperatur tinggi tetap pada tempatnya. Setelah pendinginan atau *quenching*, maka logam paduan aluminium menjadi lunak jika dibandingkan dengan kondisi awalnya.

2. Zona [GP 1]

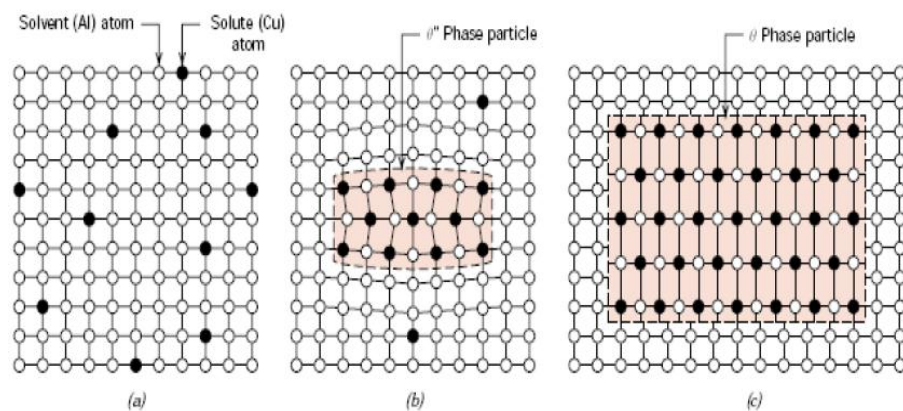
Zona [GP 1] adalah zona presipitasi yang terbentuk oleh temperatur penuaan atau aging yang rendah dan dibentuk oleh segregasi atom Cu dalam larutan padat lewat jenuh atau *super saturated solid solution α*.

Zona [GP 1] akan muncul pada tahap mula atau awal dari proses *artificial aging*. Zona ini terbentuk ketika temperatur *artificial aging* dibawah 100 °C atau mulai temperatur ruang hingga temperatur 100 °C dan Zona [GP 1] tidak akan terbentuk pada temperatur *artificial aging* yang terlalu tinggi. Terbentuknya Zona [GP 1] akan mulai dapat meningkatkan kekerasan logam paduan aluminium. Jika

artificial aging ditetapkan pada temperatur 100 °C, maka tahap perubahan fasa hanya sampai terbentuknya zona [GP 1] saja. Proses pengerasan dari larutan padat lewat jenuh sampai terbentuknya zona [GP 1] biasa disebut dengan pengerasan tahap pertama. Larutan padat lewat jenuh (*Super Saturated Solid Solution α*) Zona [Gp1] Zona [GP2] atau Fasa θ'' Fasa θ' Fasa θ

3. Zona [GP 2] atau Fasa θ''

Setelah temperatur *artificial aging* melewati 100 °C ke atas, maka akan mulai muncul fasa θ'' atau zona [GP 2]. Pada temperatur 130 °C akan terbentuk zona [GP2] dan apabila waktu penahanan *artificial agingnya* terpenuhi maka akan didapatkan tingkat kekerasan yang optimal. Smith, F. (1995 :467). Biasanya proses *artificial aging* berhenti ketika sampai terbentuknya zona [GP 2] dan terbentuknya fasa antara yang halus (*presipitasi θ''*), karena setelah melewati zona [GP 2] maka paduan akan kembali menjadi lunak kembali. Jika proses *artificial aging* berlangsung sampai terbentuknya fasa θ'' atau zona [GP 2], maka disebut dengan pengerasan tahap kedua. Gambar dibawah menunjukkan terbentuknya kembali fasa keseimbangan pada proses aging aluminium-tembaga (Al-Cu) sehingga paduan akan kembali ke fasa awal yaitu θ .



Gambar 9. (a) *supersaturated solute solution*, (b) fasa θ'' mulai terbentuk precipitate (Al-Cu), (c) fasa keseimbangan θ Al-Cu

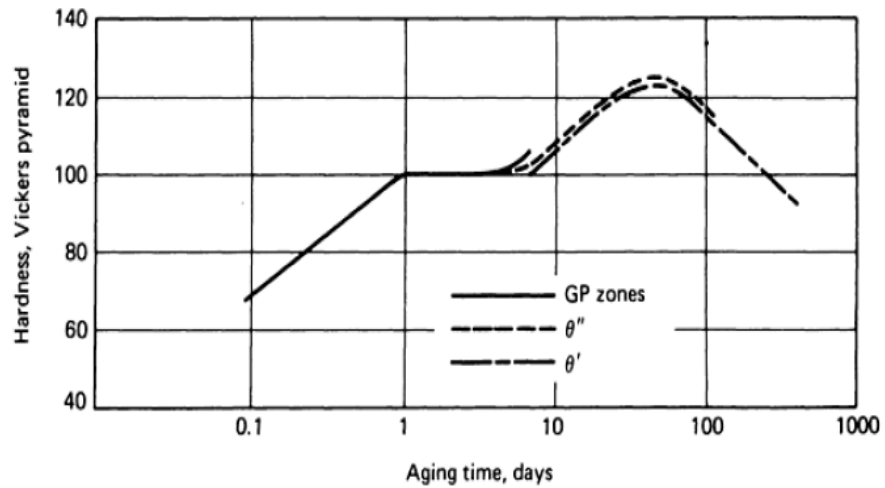
4. Fasa θ'

Kalau paduan aluminium dinaikan temperatur aging atau waktu *aging* diperpanjang tetapi temperturnya tetap, maka akan terbentuk presipitasi dengan struktur kristal yang teratur yang berbeda dengan fasa θ' . Fasa ini dinamakan fasa antara atau fasa θ' . Terbentuknya fasa θ' ini masih dapat memberikan sumbangan terhadap peningkatan kekerasan pada paduan aluminium. Peningkatan kekerasan yang terjadi pada fasa θ' ini berjalan sangat lambat.

5. Fasa θ

Apabila temperatur dinaikan atau waktu penuaan diperpanjang, maka fasa θ' berubah menjadi fasa θ . Jika fasa θ terbentuk maka akan menyebabkan paduan aluminium kembali menjadi lunak. Sementara waktu penahanan dalam *artificial aging* merupakan salah satu komponen yang dapat mempengaruhi hasil dari proses *age hardening* secara keseluruhan. Seperti halnya temperatur, waktu penahanan pada tahap *artificial aging* akan mempengaruhi perubahan struktur atau perubahan fasa paduan aluminium. Sehingga pemilihan waktu penahan *artificial aging* harus dilakukan dengan hati-hati.

Hubungan antara waktu (*aging*) dengan kekerasan paduan aluminium diawali oleh proses perubahan fasa yang terbentuk pada proses *precipitation hardening* dimana fasa berawal dari *supersaturated solute solution*, setelah proses *quenching*. Kemudian paduan akan mengalami penuaan atau munculnya presipitat baru seiring bertambahnya waktu, Hubungan antara waktu (*aging*) dengan kekerasan dapat dilihat pada gambar.



Gambar 10. Hubungan antara lamanya waktu (*aging*) kekuatan dan kekerasan paduan aluminium.

Dalam kurva penuaan tersebut, pada awal-awal tahap *artificial aging* struktur atau fasanya masih berupa larutan padat lewat jenuh (*Super Saturated Solid Solution*). Seiring dengan penambahan waktu penuaan atau ketika penuaan sampai di daerah *under aged*, maka mulai terbentuk zona *presipitat* zona [GP1] dan paduan aluminium menjadi agak kuat dan keras. Ketika waktu *aging* ditambah lagi maka akan masuk dalam daerah *peak aged*.

Pada daerah *peak aged presipitat* mengumpul atau mulai terbentuk zona [GP 2] dan fasa antara yang halus (fasa θ'). Jika fasa-fasa tersebut mulai terbentuk maka akan didapatkan tingkat kekerasan dan kekuatan logam paduan aluminium yang optimal. Apabila setelah mencapai *peak aged* (puncak penuaan) waktu *artificial aging* masih ditambah lagi maka akan masuk dalam daerah *over aged*. Pada daerah *over aged* ini akan didapatkan fasa θ , jika fasa θ ini terbentuk maka akan menyebabkan paduan aluminium menjadi lunak kembali dan berkurang kekerasannya. (Smith, F. 1993: 287-289)

H. *Holding Time*

Holding time dilakukan untuk mendapatkan kekerasan maksimum dari suatu bahan pada proses hardening dengan menahan pada temperatur pengerasan untuk memperoleh pemanasan yang homogen sehingga struktur austenitnya homogen atau terjadi kelarutan karbida ke dalam austenite, difusi karbon dan unsur paduannya. Pedoman untuk menentukan *holding time* dari berbagai jenis baja pada yang umum diantaranya sebagai berikut.

- a. Baja konstruksi dari baja karbon dan baja paduan rendah : yang mengandung karbida yang mudah larut, diperlukan *holding time* yang singkat, 5 – 15 menit setelah mencapai temperatur pemanasannya dianggap sudah memadai.
- b. Baja konstruksi dari baja paduan menengah : dianjurkan menggunakan *holding time* 15 – 25 menit, tidak tergantung ukuran benda kerja.
- c. *Low alloy tool steel* : memerlukan *holding time* yang tepat agar kekerasan yang diinginkan dapat tercapai. Dianjurkan menggunakan 0,5 menit per millimeter tebal benda, atau 10 – 30 menit.
- d. *High alloy chrome steel* : Membutuhkan *holding time* yang paling panjang diantara semua baja perkakas, juga tergantung pada temperatur pemanasannya. Juga diperlukan kombinasi temperatur dan *holding time* yang tepat. Biasanya dianjurkan menggunakan 0,5 menit per mm tebal benda dengan minimum 10 menit, maksimum 3 jam.
- e. *Hot work tool steel* : mengandung karbida yang sulit larut, baru akan larut pada suhu 1000 °C. Pada temperatur ini kemungkinan terjadinya pertumbuhan butir sangat besar, karena itu *holding time* harus dibatasi, 15 – 30 menit.

- f. *High speed steel*; memerlukan temperatur pemanasan yang sangat tinggi 1200°C - 1300°C. Untuk mencegah terjadinya pertumbuhan *holding time* diambil hanya beberapa menit saja.

I. Sifat Mekanik Aluminium

Sifat teknik bahan aluminium murni dan aluminium paduan dipengaruhi oleh konsentrasi bahan dan perlakuan yang diberikan terhadap bahan tersebut. Aluminium terkenal sebagai bahan yang tahan terhadap korosi. Hal ini disebabkan oleh fenomena pasivasi, yaitu proses pembentukan lapisan aluminium oksida di permukaan logam aluminium segera setelah logam terpapar oleh udara bebas. Lapisan aluminium oksida ini mencegah terjadinya oksidasi lebih jauh. Namun, pasivasi dapat terjadi lebih lambat jika dipadukan dengan logam yang bersifat lebih katodik, karena dapat mencegah oksidasi aluminium.

a. Kekuatan tarik

Kekuatan tensil adalah besar tegangan yang didapatkan ketika dilakukan pengujian tensil. Kekuatan tensil ditunjukkan oleh nilai tertinggi dari tegangan pada kurva tegangan-regangan hasil pengujian, dan biasanya terjadi ketika terjadinya *necking*. Kekuatan tensil bukanlah ukuran kekuatan yang sebenarnya dapat terjadi di lapangan, namun dapat dijadikan sebagai suatu acuan terhadap kekuatan bahan.

Kekuatan tensil pada aluminium murni pada berbagai perlakuan umumnya sangat rendah, yaitu sekitar 90 MPa, sehingga untuk penggunaan yang memerlukan kekuatan tensil yang tinggi, aluminium perlu dipadukan. Dengan dipadukan dengan logam lain, ditambah dengan berbagai perlakuan termal, aluminium paduan akan memiliki kekuatan tensil hingga 580 MPa.

b. Kekerasan

Kekerasan gabungan dari berbagai sifat yang terdapat dalam suatu bahan yang mencegah terjadinya suatu deformasi terhadap bahan tersebut

ketika diaplikasikan suatu gaya. Kekerasan suatu bahan dipengaruhi oleh elastisitas, plastisitas, *viskoelastisitas*, kekuatan tensil, *ductility*, dan sebagainya. Kekerasan dapat diuji dan diukur dengan berbagai metode. yang paling umum adalah metode *brinell*, *vickers*, *mohs*, dan *rockwell*.

Kekerasan bahan aluminium murni sangatlah kecil, yaitu sekitar 65 skala brinell, sehingga dengan sedikit gaya saja dapat mengubah bentuk logam. Untuk kebutuhan aplikasi yang membutuhkan kekerasan, aluminium perlu dipadukan dengan logam lain dan atau diberi perlakuan termal atau fisik. Aluminium dengan 4,4% Cu dan diperlakukan quenching, lalu disimpan pada temperatur tinggi dapat memiliki tingkat kekerasan brinell sebesar 135.

c. *Ductility*

Ductility didefinisikan sebagai sifat mekanis dari suatu bahan untuk menerangkan seberapa jauh bahan dapat diubah bentuknya secara plastis tanpa terjadinya retakan. Dalam suatu pengujian tensil, *ductility* ditunjukkan dengan bentuk neckingnya; material dengan *ductility* yang tinggi akan mengalami necking yang sangat sempit, sedangkan bahan yang memiliki *ductility* rendah, hampir tidak mengalami *necking*. Sedangkan dalam hasil pengujian tensil, *ductility* diukur dengan skala yang disebut *elongasi*. *Elongasi* adalah seberapa besar pertambahan panjang suatu bahan ketika dilakukan uji kekuatan tensil. *Elongasi* ditulis dalam persentase pertambahan panjang per panjang awal bahan yang diujikan.

Aluminium murni memiliki *ductility* yang tinggi. Aluminium paduan memiliki *ductility* yang bervariasi, tergantung konsentrasinya, namun pada umumnya memiliki *ductility* yang lebih rendah dari pada aluminium murni, karena *ductility* berbanding terbalik dengan kekuatan tensil, serta hampir semua aluminium paduan memiliki kekuatan tensil yang lebih tinggi dari pada aluminium murni.

d. *Recyclability* (Daya untuk didaur ulang)

Aluminium adalah 100% bahan yang didaur ulang tanpa *down grading* dari kualitas yang kembali dari aluminium, peleburannya memerlukan sedikit energi, hanya sekitar 5% dari energi yang diperlukan untuk memproduksi logam utama yang pada awalnya diperlukan dalam proses daur ulang.

e. *Reflectivity*

Aluminium adalah *reflektor* yang terlihat cahaya serta panas, dan yang bersama-sama dengan berat rendah, membuatnya ideal untuk bahan reflektor misalnya perabotan ringan.

Tabel 1. Kemurnian Alumunium (Al).

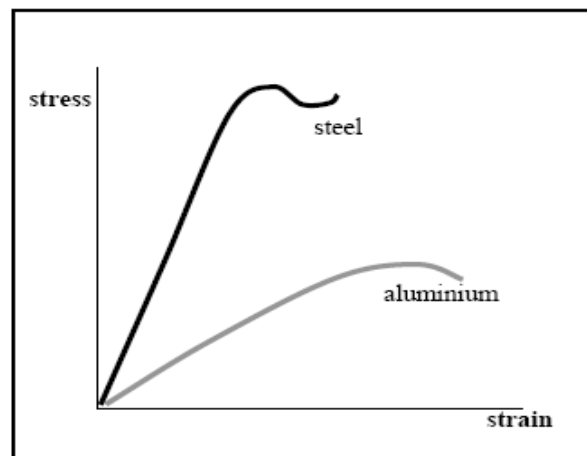
| Sifat-sifat | Kemurnian Al (%) | | | |
|--|------------------|------------------|--------|------|
| | 99,996 | | >99,0 | |
| | Dianil | 75% dirol dingin | Dianil | H18 |
| Kekuatan tarik (kg/mm ²) | 4,9 | 11,6 | 9,3 | 16,9 |
| Kekuatan mulur (0,2%)(kg/mm ²) | 1,3 | 11,0 | 3,5 | 14,8 |
| Perpanjangan (%) | 48,8 | 5,5 | 35 | 5 |
| Kekerasan Brinell | 17 | 27 | 23 | 44 |

Pada tabel 2. Menunjukkan kekuatan tarik pada alumunium adalah sebagai berikut :

Tabel 2. Kekuatan tarik.

| | |
|-------------------|---------------------------|
| Tensile strength | Antara 230 sampai 570 Mpa |
| Modulus young | Antara 69 sampai 79 Gpa |
| Yield strength | Antara 215 sampai 505Mpa |
| Ultimate strength | 455 mPa |
| Regangan | 10-25% |
| Shear strength | 30 mPa |

Pada gambar 11 di bawah ini menunjukan Perbandingan uji tarik baja dan alumunium adalah sebagai berikut :



Gambar 11. Perbandingan uji tarik baja dan alumunium.

Pada tabel 3 di bawah ini menunjukan sifat-sifat kemurnian aluminium (Al). adalah sebagai berikut :

Tabel 3 : Sifat-sifat kemurnian aluminium (Al).

| Sifat-sifat | Kemurnian Al (%) | |
|--|------------------------|-----------------------|
| | 99,996 | >99,0 |
| Massa jenis (20°C) | 2,6989 | 2,71 |
| Titik cair (°C) | 660,2 | 653-657 |
| Panas jenis (cal/g°C)(100°C) | 0,2226 | 0,2297 |
| Hantaran listrik koefisien temperatur(/°C) | 64,94 | 59 (dianil) |
| Koefisien pemuai (20- 100°C) | $23,86 \times 10^{-6}$ | $23,5 \times 10^{-6}$ |
| Jenis kristal, konstanta kisi | <i>fcc, a=4,013 kX</i> | <i>fcc, a=4,04 Kx</i> |

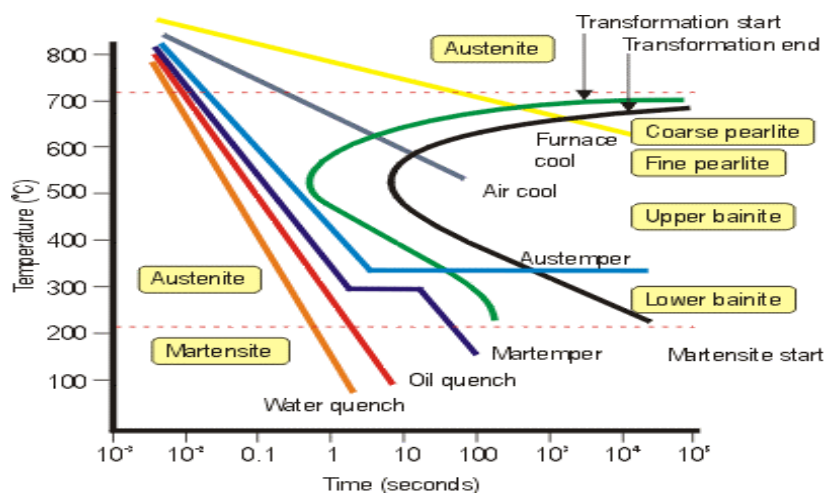
J. Pengaruh Media Pendingin Terhadap Pembentukan Struktur Material

Media pendingin merupakan suatu substansi yang berfungsi dalam menentukan kecepatan pendinginan yang dilakukan terhadap material yang telah diuji dalam perlakuan panas. Pemakaian media pendingin juga berguna dalam penentuan sifat dan fasa dari struktur yang terbentuk setelah material didinginkan. Secara garis besar ada dua jenis media pendingin yang digunakan, yaitu media pendingin dengan tingkat kerapatan yang rendah dan media pendingin dengan tingkat kerapatan yang tinggi. Apabila disusun dengan urutan yang terperinci dari media pendingin yang memiliki densitas yang tinggi sampai yang paling rendah, maka diperoleh, sbb : air garam, air, solar, oli dan udara. Untuk lebih jelasnya maka dalam pembahasan ini hanya

akan dijelaskan pengaruh media pendingin secara garis besarnya saja, yaitu antara dua tingkat kerapatan.

Untuk media pendingin dengan kerapatan yang tinggi, laju pendinginan akan berlangsung secara cepat, karena proses *transfer* kalor lebih mudah terjadi apabila jarak molekul lebih kecil. Dengan percepatan proses pendinginan ini, maka akan terbentuk struktur martensit yang kasar, dimana memiliki sifat yang keras dan getas. Sifat ini terjadi karena proses *rekristalisasi* yang cepat, sehingga atom karbon tidak sempat terdistribusi dalam mengikat atom penyusun logam, dan atom-atom lain membesar, sehingga memenuhi ruang.

Untuk media pendingin yang memiliki tingkat kerapatan rendah, laju pendinginan akan berlangsung secara lambat, karena proses transfer kalor tidak dapat berlangsung dengan mudah pada molekul-molekul yang memiliki jarak yang besar. Dengan proses lambat ini, akan membentuk struktur yang keras dan ulet. Hal ini disebabkan karena ada dua fasa yang terbentuk yaitu fasa *ferit + sementit*. *Ferit* memiliki sifat lunak dan ulet dengan kadar karbon 0,008 %. Sedangkan *sementit* memiliki kadar karbon 1 % untuk 3 atom Fe, sehingga sifatnya keras. Pada media pendingin ini proses *rekristalisasi* berlangsung lambat, sehingga ada sebagian atom karbon yang mampu untuk terredistribusi kedalam ikatannya kembali. (Fitriansyah. 2013: 10)



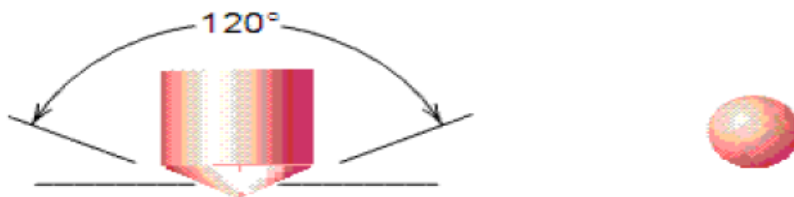
Gambar 12. Diagram media pendinginan terhadap pembentukan struktur material.

K. Pengujian kekerasan (*Hardness Test*)

Kekerasan adalah ketahanan material terhadap deformasi plastik yang diakibatkan tekanan atau goresan dari benda lain. Pengujian kekerasan dilakukan dengan menekan sebuah indentor ke permukaan benda uji. Ukuran hasil penekanan dikonversikan ke angka kekerasan. Beberapa metode uji kekerasan akan dijelaskan pada bagian berikut:

a. Rockwell

Indentor terbuat dari baja yang diperkeras berbentuk bola dan selain itu ada juga yang berbentuk kerucut intan lihat gambar. Indentor bola mempunyai ukuran diameter masing-masing 1,588, 3,175, 6,350 dan 12,70 mm. Sedangkan beban yang tersedia adalah 10, 60, 100 dan 150 kg



Gambar 13. Bentuk indentor rockwell (a) dari samping (b) dari atas.

Angka kekerasan Rockwell disimbolkan dengan HR. Penulisan angka kekerasan dan simbol skala di contohkan sebagai berikut, 80 HRB melambangkan angka kekerasan 80 pada skala B. Tabel menampilkan simbol skala, ukuran bola serta beban pada pengujian rockwell.

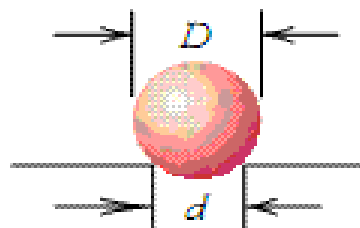
Tabel 4. Simbol skala, ukuran bola serta beban pada pengujian rockwell.

| <i>Scale Symbol</i> | <i>Indenter</i> | <i>Major Load (kg)</i> |
|---------------------|-------------------------|------------------------|
| A | Diamond | 60 |
| B | $\frac{1}{16}$ in. ball | 100 |
| C | Diamond | 150 |
| D | Diamond | 100 |
| E | $\frac{1}{8}$ in. ball | 100 |
| F | $\frac{1}{16}$ in. ball | 60 |
| G | $\frac{1}{8}$ in. ball | 150 |
| H | $\frac{1}{8}$ in. ball | 60 |
| K | $\frac{1}{8}$ in. ball | 150 |

Penyimpangan pada pengujian ini muncul bila spesimen uji terlalu tipis atau indenter terlalu dekat dengan tepi spesimen. Ketebalan spesimen paling tidak 10 kali dari kedalaman injak indenter dan jarak antar tempat penekanan paling tidak 3 kali dari diameter injak indenter. Kekasaran permukaan spesimen uji sangat menentukan keakuratan hasil pengujian.

b. Brinell

Pengujian kekerasan brinell menggunakan penumbuk atau penetrator yang terbuat dari bola baja yang diperkeras (*tungsten carbide*). Diameter bola adalah 10 mm, lihat gambar dan beban standar antara 500 dan 3000 kg dengan peningkatan beban 500 kg. Selama pembebanan, beban ditahan 10 sampai 30 detik. Pemilihan beban tergantung dari kekerasan material, semakin keras material maka beban yang diterapkan juga semakin besar.



Gambar 14. Bentuk indenter brinell.

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

Keterangan :

HB = Angka kekerasan Brinell

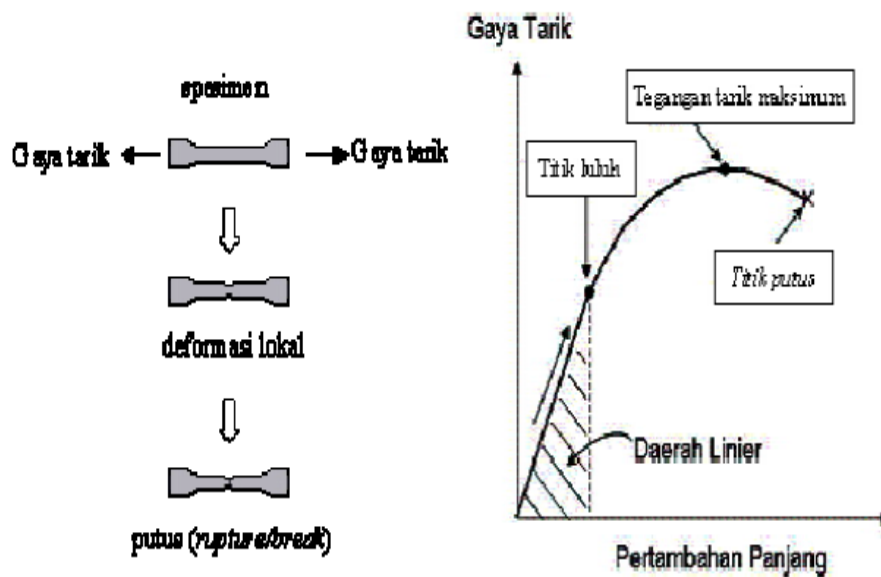
P = Beban

Angka kekerasan brinell disimbolkan dengan HB. Ketebalan maksimum spesimen sama dengan indenter, sedangkan jarak antar penjejukan sama dengan pengujian *rockwell*. Pengujian ini juga memerlukan permukaan yang datar dan halus.

L. Uji Tarik

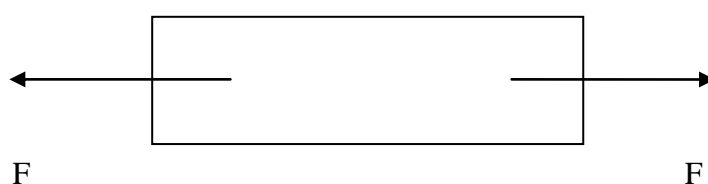
Uji tarik mungkin adalah cara pengujian bahan yang paling mendasar. Pengujian ini sangat sederhana, tidak mahal dan sudah mengalami standarisasi di seluruh dunia, misalnya di Amerika dengan ASTM E8 dan Jepang dengan JIS 2241. Dengan menarik suatu bahan kita akan segera mengetahui bagaimana bahan tersebut bereaksi terhadap tenaga tarikan dan mengetahui sejauh mana material itu bertambah panjang. Alat eksperimen untuk uji tarik ini harus memiliki cengkeraman (*grip*) yang kuat dan kekakuan yang tinggi.

Banyak hal yang dapat kita pelajari dari hasil uji tarik. Bila kita terus menarik suatu bahan sampai putus, kita akan mendapatkan profil tarikan yang lengkap yang berupa kurva seperti digambarkan. Kurva ini menunjukkan hubungan antara gaya tarikan dengan perubahan panjang. Profil ini sangat diperlukan dalam desain yang memakai bahan tersebut.



Gambar 15. Gambaran singkat uji tarik dan datanya.

Proses pengujian tarik mempunyai tujuan utama untuk mengetahui kekuatan tarik bahan uji. Bahan uji adalah bahan yang akan digunakan sebagai konstruksi, agar siap menerima pembebanan dalam bentuk tarikan. Pembebanan tarik adalah pembebanan yang diberikan pada benda dengan memberikan gaya yang berlawanan pada benda dengan arah menjauh dari titik tengah atau dengan memberikan gaya tarik pada salah satu ujung benda dan ujung benda yang lain diikat.



Gambar 16. Pembebanan tarik.

Penarikan gaya terhadap bahan akan mengakibatkan terjadinya perubahan bentuk (*deformasi*) bahan tersebut. Kemungkinan ini akan diketahui melalui proses pengujian tarik. Proses terjadinya deformasi pada bahan uji adalah proses pergeseran butiran-butiran kristal logam yang mengakibatkan melemahnya gaya elektromagnetik setiap atom logam hingga terlepasnya ikatan tersebut oleh penarikan gaya maksimum. Penyusunan butiran kristal logam yang diakibatkan oleh adanya penambahan volume ruang gerak dari

setiap butiran dan ikatan atom yang masih memiliki gaya elektromagnetik, secara otomatis bisa memperpanjang bahan tersebut.

Hasil yang diperoleh dari proses pengujian tarik adalah grafik tegangan regangan, parameter kekuatan dan keliatan material pengujian dalam prosen perpanjangan, kontraksi atau reduksi penampang patah, dan bentuk permukaan patahannya. Tegangan dapat diperoleh dengan membagi beban dengan luas penampangmula-mula benda uji. (George E. 1996: 298)

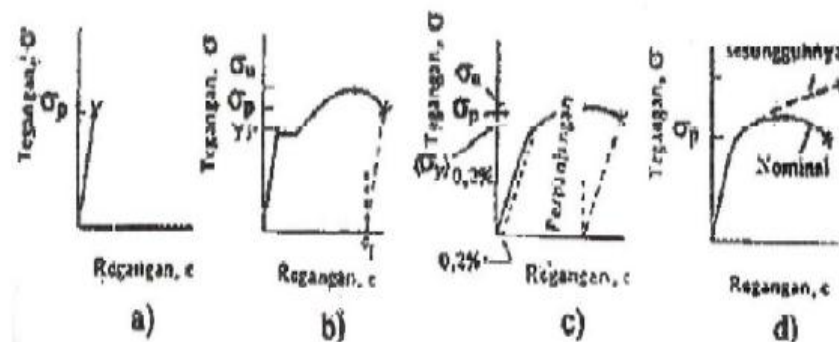
$$\sigma = \frac{P}{A_0}$$

Keterangan :

σ = Tegangan nominal (kg/mm²)

P = Gaya tarik aksial (kg)

A₀ = Luas penampang normal (mm²)



Gambar 17. Diagram tegangan dan regangan (a. Bahan tidak ulet, tidak ada deformasi plastis, b. Bahan ulet dengan titik luluh. c. Bahan ulet tanpa titik luluh yang jelas. d. Kurva tegangan. (George E. 1996: 299)

M. Struktur mikro

Struktur mikro adalah struktur terkecil yang terdapat dalam suatu bahan yang keberadaannya tidak dapat di lihat dengan mata telanjang, tetapi harus menggunakan alat pengamat struktur mikro diantaranya; mikroskop cahaya, mikroskop electron mikroskop *field ion*, mikroskop *field emission* dan

mikroskop sinar-X. Penelitian ini menggunakan mikroskop cahaya, adapun manfaat dari pengamatan struktur mikro ini adalah:

1. Mempelajari hubungan antara sifat-sifat bahan dengan struktur dan cacat pada bahan.
2. Memperkirakan sifat bahan jika hubungan tersebut sudah diketahui.

Adapun langkah-langkah yang harus dilakukan dalam percobaan struktur mikro atau *metallography* ini adalah sebagai berikut:

1. *Cutting* (Pemotongan)

Pemilihan sampel yang tepat dari suatu benda uji studi mikroskopik merupakan hal yang sangat penting. Pemilihan sampel tersebut didasarkan pada tujuan pengamatan yang hendak dilakukan. Pada umumnya bahan komersil tidak homogen, sehingga satu sampel yang diambil dari suatu volume besar tidak dapat dianggap *representatif*.

Pengambilan sampel harus direncanakan sedemikian sehingga menghasilkan sampel yang sesuai dengan kondisi rata-rata bahan atau kondisi di tempat-tempat tertentu (kritis), dengan memperhatikan kemudahan pemotongan pula. Secara garis besar, pengambilan sampel dilakukan pada daerah yang akan diamati mikro struktur maupun makro strukturnya.

Ada beberapa sistem pemotongan sampel berdasarkan media pemotong yang digunakan, yaitu meliputi proses pematahan, pengguntingan, penggergajian, pemotongan abrasi (*abrasive cutter*), gergaji kawat, dan EDM (*Electric Discharge Machining*). Berdasarkan tingkat deformasi yang dihasilkan, teknik pemotongan terbagi menjadi dua yaitu teknik pemotongan dengan deformasi yang besar, menggunakan gerinda dan teknik pemotongan dengan deformasi kecil, menggunakan *low speed diamond saw*.

2. *Mounting*

Spesimen yang berukuran kecil atau memiliki bentuk yang tidak beraturan akan sulit untuk ditangani khususnya ketika dilakukan pengamplasan dan pemolesan akhir. Sebagai contoh adalah spesimen yang berupa kawat, spesimen lembaran metal tipis, potongan yang tipis, dan lain-lain. Untuk memudahkan penanganannya, maka spesimen-spesimen tersebut harus ditempatkan pada suatu media (*media mounting*).

3. *Grinding* (Pengamplasan)

Sampel yang baru saja dipotong, atau sampel yang telah terkorosi memiliki permukaan yang kasar. Permukaan yang kasar ini harus diratakan agar pengamatan pada struktur mudah untuk dilakukan. Pengamplasan dilakukan dengan menggunakan kertas amplas yang ukuran butir abrasifnya dinyatakan dengan *mesh*. Urutan pengamplasan harus dilakukan dari nomor *mesh* yang rendah (hingga 150 *mesh*) ke nomor *mesh* yang tinggi (180 hingga 600 *mesh*). Ukuran *grit* pertama yang dipakai tergantung pada kekasaran permukaan dan kedalaman kerusakan yang ditimbulkan oleh pemotongan. Hal yang harus diperhatikan pada saat pengamplasan adalah pemberian air. Air berfungsi sebagai pemidah geram, memperkecil kerusakan akibat panas yang timbul yang dapat merubah struktur mikro sampel dan memperpanjang masa pemakaian kertas amplas. Hal lain yang harus diperhatikan adalah ketika melakukan perubahan arah pengamplasan, maka arah yang baru adalah 450 atau 900 terhadap arah sebelumnya.

4. *Polishing* (Pemolesan)

Setelah diampelas sampai halus, sampel harus dilakukan pemolesan. Pemolesan bertujuan untuk memperoleh permukaan sampel yang halus bebas goresan dan mengkilap seperti cermin dan menghilangkan ketidak teraturan sampel. Permukaan sampel yang akan diamati di bawah mikroskop harus benar-benar rata. Apabila permukaan sampel kasar atau

bergelombang, maka pengamatan struktur mikro akan sulit untuk dilakukan karena cahaya yang datang dari mikroskop dipantulkan secara acak oleh permukaan sampel. Tahap pemolesan dimulai dengan pemolesan kasar terlebih dahulu kemudian dilanjutkan dengan pemolesan halus.

5. *Etching* (Etsa)

Etsa merupakan proses penyerangan atau pengikisan batas butir secara selektif dan terkendali dengan pencelupan ke dalam larutan pengetsa baik menggunakan listrik maupun tidak ke permukaan sampel sehingga detail struktur yang akan diamati akan terlihat dengan jelas dan tajam. Untuk beberapa material, mikrostruktur baru muncul jika diberikan zat etsa. Sehingga perlu pengetahuan yang tepat untuk memilih zat etsa yang tepat. (Chen, Z. 2010: 145)

III. METODE PENELITIAN

A. Tempat Penelitian

Adapun tempat untuk melakukan penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Pengecoran logam dilakukan di LIPI UPT. BALAI PENGOLAHAN MINERAL LAMPUNG, Desa Serdang, Kecamatan Tanjung Bintang Kabupaten Lampung Selatan.
2. Pembuatan spesimen dan pembubutan dilakukan di Laboratorium Produksi Universitas Lampung.
3. Perlakuan panas (*heat treatment*) *artificial aging*, uji kekerasan, dilakukan di Laboratorium Material Universitas Lampung.
4. Pengujian struktur mikro dilakukan di LIPI UPT. BALAI PENGOLAHAN MINERAL LAMPUNG.

B. Alat dan Bahan

Adapun alat- alat yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Tungku *Furnace*
Tungku *Furnace* peleburan logam aluminium yang berada di LIPI UPT. BALAI PENGOLAHAN MINERAL LAMPUNG, Desa Serdang, Kecamatan Tanjung Bintang, Kabupaten Lampung Selatan.

2. Pasir cetak / pasir silica.
Digunakan sebagai cetakan pada saat pengecoran aluminium, Penyiapan pasir dicetak dilakukan dengan mengolah pasir dengan perlakuan-perlakuan seperti : penggilingan pasir, penyampuran pasir, pengayaan pasir, pemisahan dari sisa coran, dan pendinginan.
3. Batang besi.
Digunakan sebagai penyambung *bucket* (gagang) pada saat pengambilan dan penuangan aluminium cair ke dalam cetakan.
4. Gergaji besi.
Digunakan untuk memotong *specimen*
5. Mesin amplas (*grinding*).
Mesin amplas berfungsi untuk mengamplas permukaan spesimen uji agar lebih halus sebelum di autosol.
6. Thermokopel.
Alat untuk mengukur suhu saat proses peleburan pada aluminium dan saat penuangan ke dalam cetakan.
7. Mesin bubut.
Dipakai untuk membentuk spesimen uji agar benar-benar sesuai standar pengujian.
8. *Vernier caliper*
Digunakan sebagai alat bantu untuk mengukur diameter dalam pembuatan spesimen uji tarik.
9. *Hardeness testing machine* (HTM).
Mesin uji kekerasan yang digunakan untuk menguji material hingga di dapat nilai kekuatan kekerasan.
10. *Polishing*
Alat ini di gunakan untuk memperhalus permukaan spesimen agar dapat dilakukan uji struktur mikro pada spesimen tersebut.
11. Mikroskop *optic*.
Mikroskop berfungsi untuk mengamati struktur mikro pada spesimen yang di uji.

12. Alat pendukung.

Digunakan untuk membantu pada saat proses pengecoran aluminium dan pembuatan spesimen uji, misalnya amplas, sikat baja, dan kuas kecil. Serta kamera yang digunakan untuk mengambil gambar sebelum spesimen diuji dan setelah spesimen selesai diuji.

Adapun bahan-bahan yang digunakan pada penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Aluminium paduan Al-Si-Mg.

Aluminium yang digunakan dalam pengujian ini adalah aluminium paduan Al-Si-Mg, dari sisa proses pembubutan (gram). Gambar 18 menunjukkan bahan aluminium yang digunakan dalam proses *remelting*.



Gambar 18. Sisa pembubutan (gram) Al-Mg-Si

2. Oli (Sebagai media pendingin)

Oli bekas digunakan sebagai media pendingin setelah proses *solution heat treatment* 450 °C dengan waktu tahan 15 menit.

3. Larutan Etsa

Larutan etsa berupa HF0,5% akan bereaksi dan melarutkan bagian-bagian tertentu, sehingga secara mikro permukaan akan mengalami pengkorosian.

C. Waktu Penelitian

Pada tabel 5 menunjukan *time schedule* dalam pelaksanaan tugas akhir adalah sebagai berikut :

Tabel 5 . *Time schedule* pelaksanaan tugas akhir.

| Kegiatan | Bulan | | | | | | | | | |
|---|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--|
| | Apr | Mei | Jun | Jul | Agt | Sep | Okt | Nov | Des | |
| Studi Literatur | | | | | | | | | | |
| Pengecoran dan Pembuatan Spesimen. | | | | | | | | | | |
| Pengujian : 1. <i>Heat Treatment</i> 2. <i>Quenching</i> 3. <i>Artificial Aging</i> 4. Pengujian Kekerasan 5. Struktur Mikro | | | | | | | | | | |
| Analisis Hasil Pengujian | | | | | | | | | | |
| Penyusunan Laporan Tugas Akhir | | | | | | | | | | |

D. Jumlah Spesimen

Adapun jumlah Spesimen yang digunakan pada penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

- a. *Non heat treatment* = 2 sampel.
- b. *Quenching* = 2 sampel.
- c. *Artificial Aging* = 6 sampel.
- d. Pengujian kekerasan. = 6 sampel.
- e. Pengujian struktur mikro = 3 sampel.

E. Prosedur Percobaan

Pengecoran dilakukan di pabrik pengecoran logam di LIPI UPT. BALAI PENGOLAHAN MINERAL LAMPUNG, Desa Serdang, Kecamatan Tanjung Bintang Kabupaten Lampung Selatan. Bahan baku dari aluminium Al-Mg-Si yang di lakukan pengecoran dalam dapur *crusibel* tanah sederhana dengan menggunakan batu bara dan minyak solar sebagai bahan bakunya dan ditempatkan dalam tabung udara serta diberikan tekanan menggunakan udara. Adapun prosedur percobaan yang dilakukan pada penelitian tugas akhir ini adalah :

a. Pembuatan Cetakan (Cetakan Pasir).

Untuk cetakan pasir yang dipakai biasanya menggunakan tanah lempung sebagai pengikat. Diantara macam rangka cetak yang digunakan adalah rangka kayu. Membuat pola awal untuk cetakan spesimen uji, berikut dimensi spesimen uji. Pola awal untuk spesimen uji terbuat dari kayu yang kemudian dihaluskan permukaannya.



Gambar 19. Rangka Cetakan Pasir.

1. Pembuatan pasir inti dari *backing sand*.
2. Pisahkan *cope* dan *drag* pola kayu.
3. Padatkan cetakan dengan palu yang terbuat dari kayu atau balok yang di modifikasi untuk memadatkan cetakan.
4. Kemudian balik *drag* serta letakkan *cope* pada bagian atas posisi *drag* dengan posisi yang tepat.

5. Angkat pola yang telah dipadatkan secara perlahan agar pasir cetakan tidak rusak.
6. Kemudian berikan *coating* pada bagian yang diperbaiki agar permukaan cetakan halus dan rata.
7. Satukan *cope* dan *drag* dan kemudian ikat dengan kawat.
8. Membuat jalur penuangan dengan media pipa.
9. Setelah selesai proses pembuatan jalur pengisian, cetakan pasir siap digunakan.

Diantara banyak macam rangka cetakan yang dipergunakan yang paling lazim adalah rangka cetakan logam atau kayu dimana pasir cetak dimasukkan dan dipadatkan untuk membuat cetakan. Beberapa rangka cetakan berbentuk persegi. Selain itu dipakai juga rangka cetakan yang dapat dibuka dan ditutup. Rangka cetakan ini dibuka dari cetakan setelah pembuatan cetakan, sehingga banyak cetakan bisa dibuat satu rangka cetakan. Rangka tersebut mempunyai beberapa jenis pasir penahan, pasir muka, rangka cetakan papan, pola *cope*, *drag*, pola penambah pasir pemisah dalam produksi massal, untuk lebih efisiennya biasanya digunakan mesin. Hal ini untuk menjamin kecepatan waktu dan kualitas hasil coran.

b. Pemilihan Bahan Aluminium

Bahan aluminium yang digunakan dalam pengujian ini adalah sisa proses pembubutan (gram) aluminium paduan Al-Si-Mg.

c. Pengecoran (*remelting*)

Proses *remelting* aluminium dengan menggunakan *furnace* sederhana yang terbuat dari bata tahan api dan dilapisi semen tahan api pada permukaannya, untuk bahan bakar yang digunakan adalah batu bara. Langkah proses pengecoran aluminium dengan menggunakan cetakan pasir adalah sebagai berikut :

1. Sebelum cetakan digunakan, periksa terlebih dahulu pastikan tidak ada yang menyumbat pada aliran masuk untuk aluminium cair.

2. Panaskan tungku sebelum memasukkan bahan aluminium.
3. Ukur suhu pada tungku sampai mencapai suhu ± 826 °C.
4. Masukkan bahan aluminium Al-Mg-Si kedalam tungku.
5. Ukur suhu pada saat peleburan bahan aluminium ± 706 °C.
6. Panaskan *bucket* hingga mendekati suhu lebur aluminium ± 706 °C.
7. Tuangkan aluminium cair kedalam cetakan secara perlahan.
8. Bongkar cetakan, pastikan aluminium telah mengeras dengan merata.
9. Dinginkan spesimen pada suhu ruangan.

d. Penuangan aluminium.

Aluminium yang telah melebur kemudian diambil dengan menggunakan *Bucket* yang terbuat dari besi dengan gagang yang panjang untuk menghindari serapan panas dari *bucket* tersebut, pastikan *bucket* sebelumnya dipanaskan terlebih dahulu, hal ini untuk menahan laju panas pada aluminium yang telah dilebur. Masukkan aluminium coran ke dalam cetakan, usahakan cetakan jangan terlalu jauh letaknya dengan dapur pengecoran. Setelah itu buka cetakan dan keluarkan hasil coran dari cetakan serta dinginkan dengan temperatur udara.

e. Proses Perlakuan Panas (*heat treatment*)

Tahapan pada proses *heat treatment* pada Al-Mg-Si terdiri dari berbagai proses yaitu :

1. Proses *heat treatment* yaitu memanaskan *specimen* pada *solution heat treatment* 450 °C, dengan waktu tahan 15 menit.
2. Proses *quenching* yaitu mendinginkan dengan cepat *specimen* yang telah dipanaskan pada *solution heat treatment* 450 °C kemudian didinginkan dengan media pendingin oli.
3. Proses *artificial aging* yaitu memanaskan kembali *specimen*, dengan temperatur 190 °C, dengan memvariasikan waktu tahan yaitu dengan 1 jam, 5 jam, dan 11 jam.

4. Proses pendinginan yang digunakan untuk *specimen* yang telah di *artificial aging* adalah dengan menggunakan pendinginan pada temperatur ruangan.

f. Spesimen Uji Kekerasan

Dimensi uji kekerasan berdasarkan ASTM E18 dengan indenter bola baja 1/16” dengan beban minor adalah 10 kgf sedangkan beban utama atau mayor adalah 90 kgf. Indenter bola yang terbuat dari bola baja yang dikeraskan atau dari tungsten karbida yang memiliki diameter 1/16”. Alumunium paduan Al-Mg-Si atau spesimen uji yang digunakan berbentuk bulat. Dimensi uji kekerasan berdasarkan dengan pengujian menggunakan metode *rockwell* yaitu mempersiapkan spesimen, melakukan pemeriksaan *rockwell* B, indenter 1/16” pada pembebanan 100 kgf dan alat pengukur waktu. Kemudian melakukan proses pengujian sebanyak 5 titik pada setiap spesimen uji, lalu menghitung nilai rata-rata dari uji kekerasan *rockwell* B tersebut, indenter 1/16” dengan total beban 100 kgf.



Gambar 20. Spesimen uji kekerasan

g. Spesimen Uji Struktur Mikro

Pengujian struktur mikro atau *metallografi* menggunakan alat mikroskop dan kamera digital. pemotongan benda uji sesuai dengan kebutuhan kemudian dilakukan proses *grinding* dan *polishing*.



Gambar 21. Spesimen uji struktur mikro

Untuk melihat struktur mikro yang ada pada spesimen atau benda uji dilakukan secara bertahap diawali menggunakan pembesaran 100X, 200X, dan 500X. Kamera digital harus dengan resolusi yang baik agar pada saat mengambil gambar pada titik fokus di bawah lensa *microskop* terlihat bagus gambar struktur mikronya.

F. Pengujian Aluminium Paduan Al-Mg-Si

Adapun pengujian yang dilakukan untuk mendapatkan data pada aluminium paduan Al-Mg-Si adalah sebagai berikut :

1. Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan yang menggunakan alat *Hardness Testing Machine* (HTM) dan menggunakan metode pengujian kekerarasan *rockwell* B total beban 100 kgf indenter 1/16". Dimana metode ini mempermudah kita dalam pengujian. Hasil dari pengujian kekerasan dapat langsung kita lihat angka hasil kekerasannya. Pengujian ini menggunakan ASTM E18 dengan indenter 1/16".



Gambar 22. Alat uji kekerasan (HTM)

Pada pengujian ini, benda uji di letakan pada penampang alat. Lalu benda uji di tekan oleh *identor* dengan beban minor 10 kgf. Setelah itu di tekan dengan beban mayor sebesar 90 kgf. Pemberian beban mayor adalah dengan cara menekan tuas yang ada pada alat tersebut dengan waktu tertentu. Di pengujian ini. Penulis menggunakan waktu selama 5 detik dan pengujian pada setiap spesimen 5 titik pengujian dan nilai hasil uji kekerasan tersebut kita dapatkan, kemudian kita hitung nilai rata-rata dari pengujian kekerasan tersebut.

2. Pengujian Struktural Mikro

Pengujian struktur mikro atau *metalografi* ini untuk mengetahui ukuran dan bentuk butir, distribusi fasa yang terdapat dalam material, pengotor yang terdapat dalam material. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui struktur mikro pada spesimen uji yaitu aluminium paduan Al-Mg-Si setelah *diremelting*.

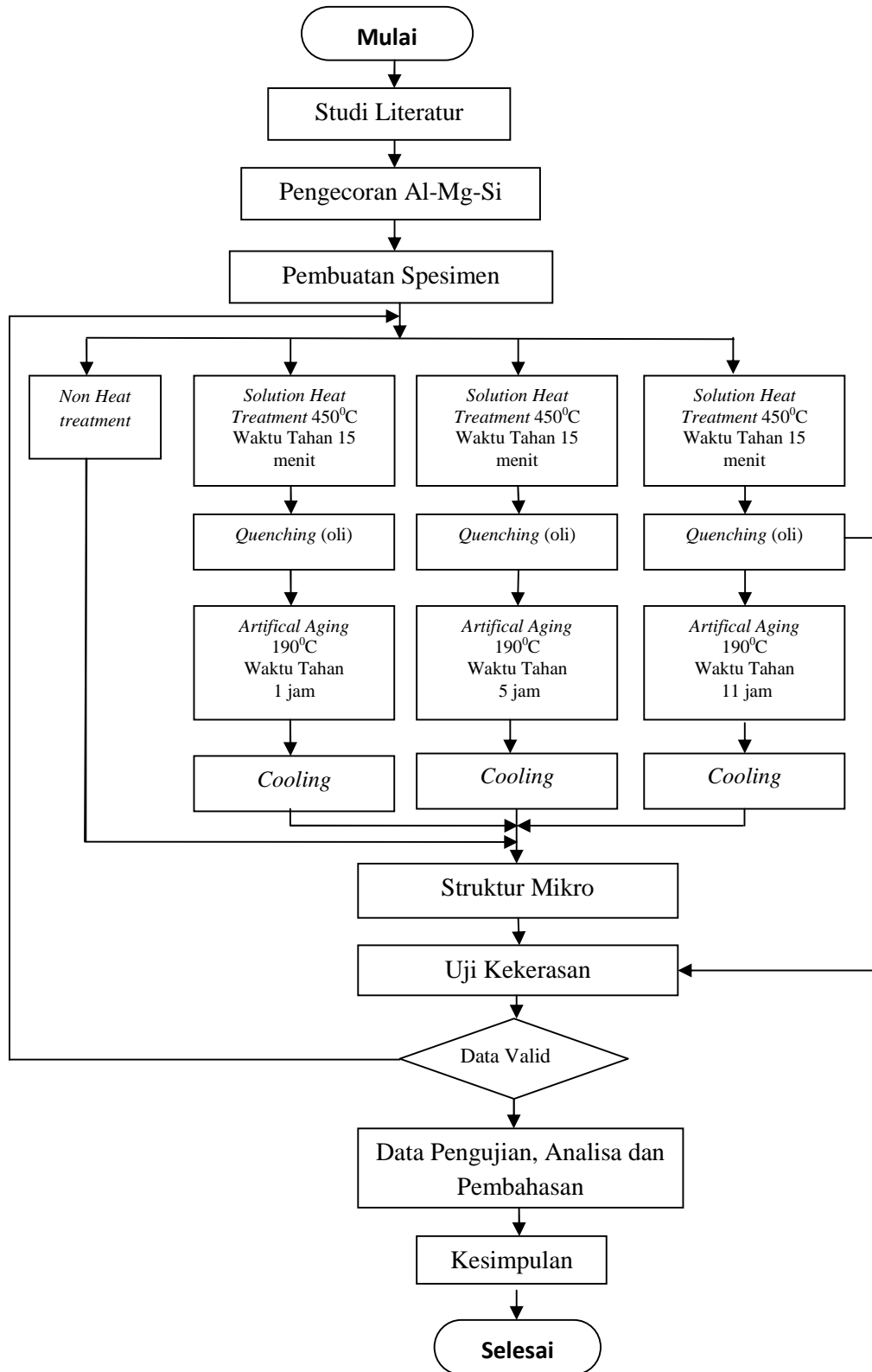


Gambar 23. Alat uji struktur mikro

Untuk melakukan pengamatan struktur mikro adapun langkah-langkahnya adalah posisi dari spesimen uji pada permukaan atas dan bawah harus sejajar, merata dan harus mengkilap. Pengerjaan selanjutnya setelah diampelas sampai nomor terhalus adalah pemolesan menggunakan media abrasif. Tujuannya adalah untuk membentuk permukaan yang mengkilap, sehingga dapat diperoleh pemantulan cahaya yang baik saat dilakukan pengamatan dibawah mikroskop. Selain itu juga bertujuan untuk menghilangkan sisa-sisa partikel abrasif serta ampelas yang masih tertinggal pada benda uji. Proses pemolesan dengan menggunakan kain beludru yang sudah diberi autosol.

Agar dapat melihat atau mengamati karakteristik struktur logam benda uji dilakukan proses etsa pada permukaan benda yang diamati. Etsa berupa HF0,5% akan bereaksi dan melarutkan bagian-bagian tertentu, sehingga secara mikro permukaan akan mengalami pengkorosian. Dengan demikian saat pengamatan, pemantulan yang terjadi akan berbeda dan kemudian kita dapat mengamati struktur yang berbeda satu dengan yang lain. Akhir dari proses etsa, benda uji dibersihkan dengan alkohol dan dikeringkan sesaat, dengan menggunakan mikroskop beserta kameranya bagian-bagian tersebut di foto dan diamati strukturnya.

G. Diagram Alir Penelitian



Gambar 24. Diagram Alir Penelitian.

V. SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan

Adapun simpulan yang di berikan setelah melakukan penelitian dan pengolahan data, maka dapat diambil simpulan sebagai berikut:

1. Proses *remelting* mempengaruhi sifat mekanis yaitu cenderung memiliki porositas yang tinggi bila dibandingkan dengan aluminium sebelum *diremelting*.
2. Nilai kekerasan spesimen aluminium paduan Al-Mg-Si setelah mengalami perlakuan panas *artificial aging* meningkat dibandingkan dengan sampel tanpa perlakuan panas.
3. Nilai kekerasan maksimum terjadi pada *holding time* 5 jam dengan nilai rata-rata kekerasan sebesar 45 HRB.
4. Struktur mikro semakin halus seiring meningkatnya *holding time* dan struktur mikro paling halus terjadi pada *holding time* 5 jam. Sedangkan pada *holding time* 11 jam struktur mikro menjadi kasar kembali dikarenakan sampai pada batas *peak aged*.

B. Saran

Berdasarkan hasil penelitian tugas akhir ini, maka dapat memberikan saran sebagai berikut :

1. Pada saat pembuatan spesimen yang akan dilakukan *remelting* dengan bahan Al-Mg-Si diusahakan jumlah material (gram) dengan jumlah yang banyak, karena pada saat *remelting* penyusutan yang terjadi pada material sekrap begitu signifikan ketika aluminium bertransformasi dari cair ke padat.
2. Sebaiknya pada saat proses *remelting* suhu pada tungku harus dijaga temperaturnya dengan cara mengukur suhu proses peleburan sekrap Al-Mg-Si.
3. Karena keterbatasan alat alat pengujian yang ada sehingga pengujian setelah proses perlakuan panas menjadi terhambat, sehingga untuk penelitian tentang perlakuan panas *artificial aging* selanjutnya di usahakan melakukan pengujian tidak terlalu lama setelah perlakuan panas *artificial aging*.

DAFTAR PUSTAKA

- Alois Schonmetz, Karl Gruber. 1995. *Pengetahuan bahan dalam pengerjaan logam*. 1995 Hal 224 Bandung : Angkasa.
- Batan, I.M.L., 2006, Pengaruh posisi rangka terhadap cacat produk pada proses perlakuan panas rangka sepeda dari material Al 6061, *Jurnal Teknik Mesin Indonesia*, Vol. 1 No. 2 Hal 68-73. ISSN 1907-350X.
- Budinski., 2001, " *Engineering Materials Properties and Selection*," PHI New Delhi. Hal. 517–536.
- Budiyono, A dan Jamasri, 2003, Pengaruh *remelting* terhadap kekuatan tarik dan ketangguhan impak paduan aluminium tuang 380, *Prosiding Seminar Nasional Teknik Mesin 2003 Universitas Brawijaya Malang*, 1-116.
- Chen, Z. W., 2010, "Skin Solidification During High Pressure Die Casting of Al-11Si-2Cu-1Fe Alloy", *Materials Science and Engineering A348*. Hal 145.
- Djoko, HP. Juwita L. Maman, H.A.R., arif. I.F., 2004, "Pengaruh temperatur perlakuan panas (Heat Treatment) terhadap kestabilan fasa-fasa senyawaan antar logam Ti-Al-Zr". Hal 72, Paper.
- Dieter, George E (Alih bahasa: Ir. Sriati Djaprie, M.E., M.Met). 1996. *Metalurgi Mekanik - Edisi Ketiga*, Hal 294-299. Penerbit Erlangga. Jakarta.
- Fitransyah. 2013. Pengaruh Media Pendingin Pendingin terhadap pembentukan struktur material. Dapat diakses pada : <https://fitransyah.wordpress.com/2013/10/28/pengaruh-media-pendingin-terhadap-pembentukan-struktur-material/> diakses pada 24 Januari 2017.
- George E. Dieter, *Metalurgi Mekanik*, terjemahan Sriati Djaprie, Hal 223-230. Erlangga, Jakarta, 1996.
- Harsono, "Remelting mempengaruhi sifat mekanis"., 2006, Hal 123-127, Djambatan, Jakarta.
- Neff, D.V., 2002, *Understanding Aluminium Degassing*, *Modern Casting*, May 2002. 31: 589-602. J, Mater Science.

- Prakoso, Catur “*Analisis Sifat Fisis dan Mekanis Alumunium Paduan Al,Si,Cu Terhadap Perlakuan Solution Treatment 450°C, Quenching dengan Air, dan Aging 150°C*”, Tugas Akhir S-1, . 2009, Hal 67-70. Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Rahman, A. 2004. *Analisis Sifat Fisis dan Mekanis Al, Mg, Si pada Material Velg Racing*. Tugas Akhir S-1, Hal 1-5. Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Rubijanto. 2006. “Pengaruh Proses Pendinginan Paskah Perlakuan Panas Terhadap Uji Kekerasan (*vickers*) dan Uji Tarik pada Baja Tahan Karat 304 Produksi Pengecoran Logam di Klaten”. *Traksi*, Vol. 4. No. 1 : 15-16
- Rotinsulu, Sinthia S.J. 2001. “*Pengaruh temperatur perlakuan panas terhadap kekerasan optimum pada temperatur aging*”. 2001 Hal 10. Paper.
- Schulz, Kurt C., 2000, “*An exsperimental and analytical study of the properties of precipitation hardening aluminium alloys*”, of the school of engineering faculty at the university of the pasific, Hal 194-195.
- Smith, F. William., 1993, *Principles of Material Science and Engineering, Second Edition* ,Hal 285-290. Mc Graw-Hill Publishing Company, New York,
- Surdia, T., Chijiwa, K., 2005, *Teknik Pengecoran Logam*, Cetakan Ke-8, Hal 143-145 PT. Pradnya Paramita, Jakarta,.
- Surdia, Tata. 1999. *Pengetahuan Bahan Teknik. (edisi kedua)*. Hal 129-135. Pradnya Paramita. Jakarta.
- Surdia,T & Chijiwa, K. 2000. *Teknik Pengecoran Logam. Ke-8.* , Hal 113-114 Pradnya Paramita, Jakarta.
- Unsri. 2012. Makalah Uji Tarik Al.. Dapat diakses pada : <https://www.scribd.com/doc/141714155/Makalah-Uji-Tarik-AL-2024-T3/pdf> diakses pada 3 Januari 2017.
- Van Vlack, L. H. 1991. “ *Ilmu dan Tegnologi Bahan (Ilmu Logam dan Bukan Logam)*”, Edisi kelima. Diterjemahkan oleh Sriati Djaprie, Hal 570-574 Erlangga, Jakarta,.
- Zeeren Muzaffer, 2008 “ *The effect heat treatment on aluminium based Piston Alloys*” Kocaeli University , Turkey