

**OPTIMALISASI TEMPERATUR PEMANASAN CETAKAN PERMANEN (300°C, 350°C, 400°C) TERHADAP SIFAT MEKANIK PADUAN ALUMINIUM-MAGNESIUM (SERI 5XXX)**

Basuki Widodo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Mesin ITN Malang

Masuk: 6 Mei 2008, revisi masuk: 11 Nopember 2008, diterima: 9 Januari 2009

**ABSTRACT**

*Aluminium is a light metal which has a very good physical and mechanical properties and it easy to be formed. Casting of aluminium posses some advantages high conductivity and low melting point, enables applied permanent mold too. Material that is used to make mold is from special steel, and when casting process, after aluminium-mag-nesium alloy melting will be poured in mold hence after the permanent mold heated in va-rious temperature which has been determined that is, 300 °C, 350 °C and 400 °C. Heat-ing of mold at this research meant to know how far the influence is happened to mechani-cal properties from Aluminium-Magnesium alloy (series 5xxx) especially tensile strength, hardness and transformation of microstructure. From result of research which to be got best tensile strength value to draw alloy Aluminium-Magnesium (Al-Mg) at 350 °C tem-perature equal to 11,11 kg/mm<sup>2</sup> and highest hardness at 350 °C temperature equal to 101,64 HB (Hardness Brinell) while microstructure that is very homogen also there is at temperature 350 °C.*

**Keywords:** Mechanical Properties, Temperature, Al-Mg, Permanent Mold.

**INTISARI**

Alumunium merupakan logam ringan yang mempunyai sifat fisik dan mekanik yang sangat baik selain itu aluminium juga mempunyai sifat mudah dibentuk. Pengecoran aluminium memiliki beberapa keuntungan diantaranya konduktivitas yang tinggi dan titik cair rendah, memungkinkan digunakan untuk cetakan permanen. Bahan yang digunakan untuk membuat cetakan adalah dari baja khusus dan pada waktu proses pengecoran paduan aluminium-magnesium setelah mencair dan akan dituangkan kedalam cetakan maka cetakan permanen tersebut terlebih dulu dipanaskan dengan variasi temperatur yang telah ditentukan yaitu, 300°C, 350°C dan 400°C. Pemanasan cetakan dimaksudkan untuk mengetahui seberapa jauh pengaruh yang terjadi terhadap sifat mekanik dari paduan Aluminium-Magnesium (seri 5xxx) terutama kekuatan tarik, kekerasan dan perubahan struktur mikro. Dari hasil penelitian yang dilakukan didapatkan nilai kekuatan tarik paduan aluminium-magnesium (Al-Mg) terbaik adalah pada temperatur 350 °C sebesar 11,11 kg/mm<sup>2</sup> dan kekerasan yang tertinggi juga pada temperatur 350°C sebesar 101,64 HB (*Hardness Brinell*) sedangkan struktur mikro yang paling homogen juga terdapat pada temperatur 350°C.

**Kata Kunci :** Sifat mekanik, Temperatur, Al-Mg, Cetakan Permanen.

**PENDAHULUAN**

Perkembangan industri otomotif di Indonesia menunjukkan peningkatan secara jumlah, hal ini tidak berlebihan karena industri otomotif di Indonesia sudah dua puluh tahun beroperasi namun belum menunjukkan hasil-hasil yang signifikan terhadap proses transfer teknologi. Industri otomotif selain berkonsen-

trasi terhadap penyediaan permesinan juga akan menumbuhkan industri hilir seperti: industri alat/mesin vulkanisir, industri velg yang semuanya akan banyak membutuhkan proses pengecoran aluminium dan menyerap tenaga kerja. Pengecoran aluminium merupakan salah satu industri pengerjaan logam yang telah lama digunakan untuk mempro-

duksi berbagai produk di Indonesia. Pengecoran aluminium memiliki beberapa keuntungan diantaranya : konduktivitas tinggi sehingga memungkinkan memproduksi dengan cepat, titik cair relatif rendah memungkinkan digunakan cetakan permanen (ASM Handbook, 1992).

Dalam hal ini logam *non ferrous* khususnya aluminium memegang peranan yang sangat penting didalam bidang industri dimana keberadaannya sangat mendominasi bahan-bahan logam lainnya. Sering kali aluminium menggantikan bahan lain dalam fungsi yang sama. Hal ini terjadi bila produk yang diinginkan harus mempunyai sifat ringan, tahan korosi, bertitik cair rendah, mempunyai penampang permukaan yang baik serta sifat-sifat lain yang menguntungkan. Material ini digunakan dalam bidang yang luas bukan saja untuk peralatan rumah tangga tetapi juga dipakai keperluan material pesawat terbang, mobil, kapal laut dan sebagainya. Untuk kebutuhan komersil aluminium murni terlalu lunak sehingga kurang memenuhi persyaratan yang diinginkan, misal kekuatan dan kekerasan masih terlalu rendah. Untuk memperbaiki sifat mekaniknya biasanya dipadukan dengan unsur-unsur lain seperti: Cu (tembaga), Mg (magnesium), Mn (mangan), Zn (seng), Ni (nikel), dan sebagainya baik secara satu persatu maupun bersamaan (Smith, 2002).

Paduan aluminium mempunyai sifat yang berbeda-beda tergantung pada unsur-unsur yang menjadi paduannya. Jenis dan pengaruh unsur-unsur paduan terhadap perbaikan sifat aluminium antara lain (Surdia, 2000) :

O Silikon (Si), mempunyai pengaruh yang baik terhadap paduan aluminium, yaitu dapat memperbaiki kekuatan coran (ketahanan material terhadap pembebanan dari luar), mempermudah proses pengecoran, mengurangi pemuaihan akibat terkena pengaruh panas, dan juga meningkatkan ketahanan korosi serta memperbaiki kemampuan untuk dipotong. Pengaruh buruk dari silikon adalah dapat menurunkan ketangguhan coran (ketahanan material terhadap pembebanan secara kejutan). Jika kandungan silikon terlalu tinggi, maka

paduan aluminium menjadi sangat rapuh.

- O Tembaga (Cu), pengaruh yang baik paduan tembaga terhadap paduan aluminium, yaitu kekerasan, dan juga memperbaiki kekuatan tarik serta mempermudah pengerjaan mekanik, yaitu pengerjaan aluminium dengan mesin. Sedangkan pengaruh buruknya dapat menurunkan ketahanan aluminium terhadap karat (khususnya paduan Al-Mn), serta mengurangi ketangguhan material dan sulit untuk dibentuk.
- O Besi (Fe) mempunyai pengaruh yang baik terhadap aluminium, yaitu dapat mencegah terjadinya penempelan logam cair dengan cetakan selama proses penuangan. Sedangkan pengaruh buruknya adalah dapat menurunkan sifat mekanis, menurunkan kekuatan tarik, menimbulkan bintik yang keras pada coran (*Hard Spot*) dan meningkatkan cacat porositas. Namun hal itu dapat diperbaiki dengan sejumlah mangan (Mn) dan Chrom (Cr).
- O Seng (Zn) dapat meningkatkan mampu cor pada aluminium, tetapi dapat pula menurunkan sifat anti korosi dan menimbulkan cacat rongga pada pengecoran jika kandungan seng terlalu tinggi.
- O Mangan (Mn) pengaruh yang baik mangan pada aluminium adalah dapat meningkatkan kekuatan dan ketahanan pada temperatur tinggi, dapat mengurangi pengaruh besi, serta meningkatkan ketahanan korosi. Pengaruh buruk dari mangan adalah menurunkan kemampuan untuk dituang pada pengecoran, menghasilkan bintik keras pada permukaan, meningkatkan kekerasan butir partikel dan meningkatkan kekerasan permukaan coran.
- O Magnesium (Mg) mempunyai pengaruh yang baik terhadap paduan aluminium, yaitu dapat meningkatkan kemampuan potong, memudahkan proses lanjutan dan pabrikan, serta menghaluskan butir kristal secara efektif. Kerugian akibat pengaruh magnesium adalah dapat menurunkan ketangguhan material, menim-

bulkan bintik keras pada permukaan coran, menurunkan ketahanan korosi, dan meningkatkan kemungkinan terjadinya cacat pada coran.

- O Nikel (Ni) dapat meningkatkan kekuatan dan daya tahan paduan aluminium pada temperature tinggi, serta mengurangi pengaruh besi. Kelemahannya dapat menurunkan ketahanan terhadap korosi.
- O Titanium (Ti) dapat meningkatkan coran pada temperatur tinggi, memperhalus butir kristal. Biasanya penambahan bersama-sama dengan Cr dalam persentase 0,1 % titanium juga dapat meningkatkan kemampuan las.

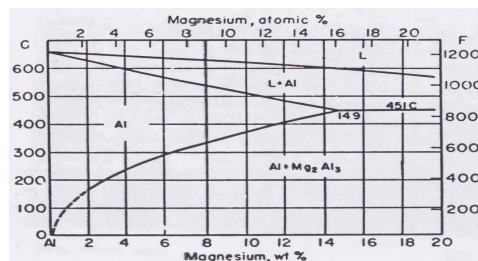
Tabel 1. Penandaan Paduan Aluminium

Paduan	Keterangan
1xx.x	Aluminium murni 99,0 % atau di atasnya
2xx.x	Cu merupakan unsur paduan utama
3xx.x	Mn merupakan unsur paduan utama
4xx.x	Si merupakan unsur paduan utama
5xx.x	Mg merupakan unsur paduan utama
6xx.x	Mg-Si merupakan unsur paduan utama
7xx.x	Zn merupakan unsur paduan utama

Didalam paduan biner Al-Mg satu fasa yang ada dalam keseimbangan dengan larutan padat Al adalah larutan padat yang merupakan senyawa antar logam yaitu  $Al_3Mg_2$  (lihat gambar 1). Sel satuannya merupakan kubus berpusat muka (fcc). Titik eutektiknya adalah  $450^{\circ}C$ , 35% Mg dan batas kelarutan padatnya pada temperatur eutektik adalah 17,4% Mg, yang menurun pada temperatur biasa sampai kira-kira 1,9%, jadi kemampuan penuaan dapat diharapkan. Secara praktis penambahan Mg tidaklah banyak, pengerasan penuaan yang berarti tidak diharapkan. Senyawa  $\beta$  mempunyai masa jenis yang rendah dan mudah teroksidasi, oleh karena itu biasanya ditambahkan sedikit fluks dari Be, biasanya sekitar 0,004% (Surdia, 2000).

Pengecoran dengan cetakan permanen / cetakan logam dilaksanakan dengan menuangkan logam cair kedalam cetakan. Cara ini berbeda dengan pengecoran tekan, dimana tidak digunakan tekanan kecuali tekanan yang berasal dari tinggi cairan logam dalam cetakan, bahan cetakan yang dipakai adalah baja khusus, atau besi cor paduan, cara ini

dapat membuat hasil coran yang mempunyai ketelitian dan kualitas yang tinggi



Gambar 1. Diagram Fasa Aluminium-Magnesium (Surdia, 2000)

Keuntungan-keuntungan menggunakan cetakan permanen/cetakan logam adalah sebagai berikut :

- Ketelitian ukuran yang baik, sehingga bahan untuk menyelesaikannya dapat dikurangi, oleh karena itu mungkin membuat coran yang lebih ringan.
- Dengan cara ini dapat dihasilkan struktur yang rapat, oleh karena itu sifat-sifat mekanik dan sifat tahan tekanan yang dihasilkan baik.
- Mekanisasi dari proses adalah mudah dan produktivitasnya tinggi.

Kerugian dari cetakan permanen/cetakan logam adalah sebagai berikut :

- Cara ini tidak sesuai untuk jumlah produksi yang kecil disebabkan karena tingginya biaya pembuatan cetakan logam.
- Sukar untuk membuat coran yang berbentuk agak rumit.
- Pembetulan cetakan logam sukar dan mahal.

Didalam pengecoran tersebut diatas, logam yang dituangkan didinginkan secara cepat oleh cetakan logam, oleh karena itu cetakan harus mempunyai sifat sbb :

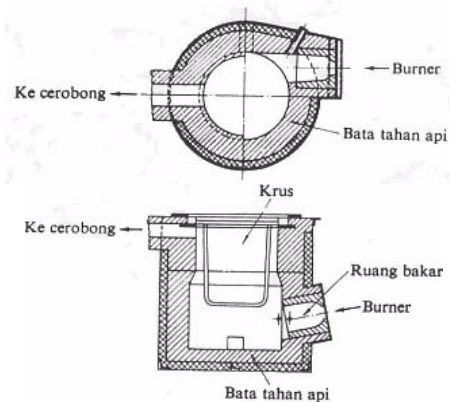
- Ketahanan aus yang baik
- Kemampuan mesin yang baik
- Pemuaian thermis yang terjadi rendah
- Ketahanan lelah pada temperatur tinggi

Perlu juga memberikan bahan pelapis permukaan pada cetakan agar memudahkan proses pembongkaran cetakan, dan mengurangi keausan cetakan serta menurunkan kecepatan pendingin-

an logam cair, sehingga terhindar dari cacat-cacat. Bahan yang digunakan untuk cetakan ini adalah besi cor yang mempunyai kualitas baik yang mengandung fosfor dan sedikit belerang. Kalau cetakan ini dikerjakan setelah pelunakkan yaitu untuk menghilangkan tegangan, maka diperoleh cetakan permanen/cetakan logam yang memiliki ketelitian yang tinggi. Unsur cetakan biasanya beberapa puluh ribu kali pengisian kalau dipakai untuk membuat coran paduan ringan, dan kira-kira sepuluh kali pengisian kalau dipakai untuk membuat coran dari besi cor. Bahan organik yang bersifat tahan api, seperti tanah lempung atau grafit dipergunakan untuk melapisi permukaan cetakan, tetapi kalau digunakan untuk paduan yang mempunyai titik cair yang tinggi seperti besi cor, maka lapisan permukaan dan lapisan penyelesaian yang melindungi cetakan permanen/cetakan logam, yang berfungsi memudahkan pembukaan haruslah dibuat secara berhati-hati sekali. Untuk penelitian yang dilakukan, cetakan permanen/cetakan logam akan dipanaskan dengan variasi temperatur yang sudah ditentukan. Ini dimaksudkan agar untuk mengetahui apakah dengan cetakan permanen yang dipanaskan dapat mengubah sifat-sifat yang dimiliki oleh paduan Aluminium-Magnesium (Al-Mg) seri 5xxx. Setelah itu dilakukan pengujian kekerasan, tarik, dan struktur mikro untuk mengetahui kepastian adanya perubahan sifat-sifat pada paduan Aluminium-Magnesium (Al-Mg). Paduan aluminium yang mempunyai titik cair rendah adalah bahan coran yang paling banyak dipakai untuk membuat coran seperti torak, sudu rumah mesin, dan sebagainya. Transformasi strukturnya sangat dipengaruhi oleh kecepatan pendinginan yang tinggi. Pertimbangan yang baik berdasarkan percobaan perlu diberikan dalam pengaturan temperatur pemanasan dan temperatur penuangan dari cetakan permanen / cetakan logam.

Dapur peleburan Al-Mg dan paduan non ferrous lainnya, biasa digunakan dapur krusible dan reverberatory disamping menggunakan listrik. Dapur krusible ini biasanya digunakan dalam skala kecil, sedangkan untuk skala yang

besar menggunakan dapur reverberatory.



Gambar 2. Dapur Krusible Jenis Pembakaran Minyak (Surdia, 2000)

Krusible yang ada dalam dapur berbentuk pot yang terbuat dari lempung api dicampur grafit. Terdapat tiga macam dapur krusible menurut jenis bahan bakar, gas, minyak, dan kokas. Krusible dengan bahan kokas jarang digunakan karena kurang efisien. Pada gambar 2. terlihat bahwa hasil pembakaran bahan bakar akan memanaskan dinding krusibel, yang kemudian akan mengalirkannya ke logam yang akan dilebur, dengan demikian api pembakaran tidak kontak langsung dengan logam.

Proses penuangan Aluminium dilakukan setelah temperatur yang ditunjukkan oleh termokopel mencapai titik didih yang ditentukan. Sebelum aluminium dituang ke dalam cetakan, terak diatas cairan aluminium harus dibuang. Terak terjadi karena penambahan inokulan dan erosi dari lapisan, kemudian cairan aluminium diambil dengan gayung, dituang dalam kecepatan seoptimal mungkin untuk mendapatkan hasil yang sangat baik.

Logam murni membeku pada temperatur tetap, mula-mula logam cair turun suhunya sampai mencapai titik dimana mulai terbentuk inti. Sejak saat mulai pembekuan sehingga logam menjadi padat seluruhnya, suhu campuran bahan padat ke cair tidak berubah. Segera setelah proses pembekuan selesai, suhu mulai turun. Dalam pembekuan logam cair pada permulaan, tumbuh inti-inti dalam kristal. Kemudian kristal-kristal inti tumbuh disekeliling inti tersebut, dan inti

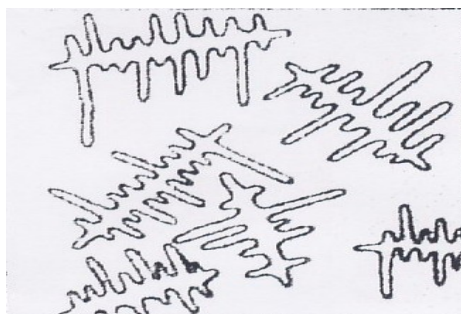
yang lain timbul pada saat yang bersamaan. Akhirnya seluruh inti ditutupi oleh butir kristal sampai logam cair habis. Ini mengakibatkan seluruh logam menjadi susunan kelompok butir-butir kristal dan batas-batasnya yang terjadi diantaranya disebut dengan batas butir. Ukuran butir kristal tergantung pada laju pendinginan dan pertumbuhan inti. Kalau laju pendinginan lebih cepat, maka dapat kelompok butir-butir kristal yang besar dan kalau laju pendinginan lebih lambat, maka didapat kelompok butiran-butiran yang lebih halus.

Pembekuan coran dimulai dari bagian logam yang bersentuhan dengan cetakan, yaitu ketika panas dari logam cair diserap oleh cetakan sehingga bagian logam yang bersentuhan dengan cetakan itu mendingin sampai titik beku. Dimana kemudian inti-inti kristal bagian dalam coran mendingin lebih lambat daripada bagian luar. Sehingga kristal-kristal tumbuh dari inti asal mengarah kebagian dalam coran dan butir-butir kristal tersebut berbentuk panjang-panjang seperti kolom, yang disebut struktur kolom. Struktur ini muncul dengan jelas apabila gradien temperatur yang terbesar terjadi pada permukaan coran besar, seperti pengecoran dengan cetakan logam. Sebaliknya pengecoran dengan menggunakan cetakan pasir yang menyebabkan gradien temperatur yang kecil dan membentuk struktur kolom yang tidak jelas. Bagian tengah coran mempunyai gradien temperatur yang kecil sehingga merupakan susunan butir-butir kristal segi banyak dengan orientasi yang sembarang.

Disamping itu cetakan logam menyebabkan permukaan menjadi halus. Dalam kasus daerah beku yang lebar, kristal tumbuh dari inti-inti dan akhirnya pembekuan berakhir pada saat dendrit saling bertemu. Aluminium membeku pada temperatur tetap, tetapi panas pembekuan yang dibebaskan pada waktu membeku begitu besar sehingga permukaan dalam menjadi kasar. Pada saat logam cair membeku, atom-atom mengatur diri mengikuti pola geometris tertentu. Mula-mula berbentuk inti kemudian tumbuh menjadi kristal dengan susunan kisi yang teratur. Inti tersebut terjadi pada waktu

logam cair mulai membeku dan arah pertumbuhannya acak.

Pada saat kristal yang satu bertemu dengan kristal yang lainnya yang sedang tumbuh, pertumbuhan kedua kristal tersebut terhenti dan permukaan sesungguhnya disebut dengan batas butir. Pada umumnya pertumbuhan kristal tidak merata, artinya pertumbuhan dalam satu arah mungkin lebih cepat. Pertumbuhan tersebut menyerupai dahan-dahan dan ranting dari pohon. Oleh karena itu kristal disebut dendrit (seperti yang terlihat pada gambar 3). Pertumbuhan berbeda kadang-kadang cabangnya bertambah lebar atau berbentuk cabang baru. Pada gambar dibawah ini tampak batas-batas butir dari kristal yang terbentuk.



Gambar 3. Struktur Dendrit.

Besar butir tergantung laju pada proses pengerjaan panas maupun pengerjaan dingin sewaktu logam dibentuk. Logam dengan butiran yang halus umumnya memiliki kekuatan dan keuletan yang lebih baik dibandingkan dengan logam yang berbutir kasar. Hal ini disebabkan ada proses deformasi logam berbutir halus mempunyai hambatan slip yang lebih besar. Bahan dengan butiran yang kasar lebih mudah permesinannya., lebih mudah dikeraskan melalui perlakuan panas dan memiliki daya hantar panas dan listrik yang baik. Meskipun logam butir kasar akan mengeras secara merata, bahan berbutir halus tidak mudah retak sewaktu dicelup atau didinginkan secara tiba-tiba.

Aluminium cair dapat membeku secara langsung dari fasa cair ke fasa padat, sehingga dapat diketahui bahwa awal dan akhir pembekuan berlangsung pada suhu tetap. Distribusi temperatur dan kecepatan pendinginan dalam coran

diturunkan dari keadaan temperatur dan sifat thermal logam serta cetakan. Kondisi neukleasi dan pertumbuhan dalam cairan kemungkinan reaksi neukleasi dan pertumbuhan kristal tergantung pada partikel asing untuk kehadiran padat dalam cairan. Baik sebagai pengontrol atau sebagai tambahan yang disengaja. Karena banyak variasi, kondisi thermal dapat terjadi dalam tahapan selama pendinginan dari suatu pengecoran. Maka struktur keseluruhan mungkin terdiri dari daerah-daerah terpisah dengan perbedaan karakteristik yang sangat besar. Kekuatan paduan dengan pengerasan aging terutama ditentukan oleh interaksi dislokasi yang bergerak dengan presipitat. Hambatan pada paduan pengerasan presipitasi yang menghalangi pergerakan dislokasi adalah regangan sekitar zona presipitasi itu sendiri atau kedua-duanya. Jelas bahwa zona itu yang penting, maka dislokasi yang bergerak harus dapat memotongnya atau bergerak mengitarinya. Jadi dengan nalar sederhana paling sedikit akan ada empat penyebab kekerasan yaitu pengerasan kekerasan koheren, pengerasan kimia. Misalnya bila dislokasi memotong presipitat, pengerasan dispersi yaitu bila mana dislokasi mengitari atau melompati presipitat. Kontribusi masing-masing tergantung pada system paduan itu sendiri, namun umumnya terdapat dispersi kritis yang mengakibatkan penguatan maksimal. Seperti yang terlihat pada daerah partikel halus presipitat atau partikel koheren dan mampu diubah bentuk ketika dislokasi memotongnya, sedang didaerah partikel besar, partikel inkoheren tidak dapat diubah bentuknya ketika dislokasi melewatinya.

Bagi partikel yang dapat diubah bentuknya, ketika dislokasi membelahnya, maka sifat intrinsik partikel sangat penting dan kekuatan paduan tak banyak tergantung pada ukuran partikel. Untuk partikel yang tidak dapat diubah bentuknya, ketika dislokasi melewatinya, maka kekuatan paduan tidak tergantung pada sifat partikel tetapi tergantung pada ukuran partikel dan dispersi, kekuatan berkurang bila ukuran partikel atau dispersi bertambah. Transisi dari deformasi pada partikel yang dapat diubah bentuknya dapat mudah dikenal melalui perubahan

struktur mikro. Aliran dislokasi 'Laminer' terdapat pada partikel yang dapat diubah bentuknya. Yang terakhir ini menghasilkan kerapatan loop dislokasi yang tinggi, dipol dan produk lain yang menghasilkan laju pengerasan yang tinggi. Bila pada temperatur tertentu aging diperpanjang, akan terdapat kecenderungan materi yang larut akan mengendap pada partikel yang lebih besar, sehingga memungkinkan partikel tersebut untuk tumbuh. Dengan demikian dapat mengurangi energi permukaan keseluruhannya. Proses ini disebut proses pengerasan struktur atau pertumbuhan Ostwald (Dieter, 1993). Daya penggerak pertumbuhan partikel adalah perbedaan antara konsentrasi materi larut (Sr) yang berada dalam keadaan seimbang dengan partikel kecil jari-jari (r), dengan konsentrasi materi larut yang seimbang dengan partikel besar.

Dengan berbagai pertimbangan diatas, maka dilakukan penelitian terhadap hasil pengecoran paduan Aluminium-Magnesium (seri 5xxx) dengan menggunakan cetakan permanen dengan tujuan untuk mengetahui variasi temperatur pemanasan cetakan permanen terhadap sifat mekanik. Perlakuan panas yang dilakukan adalah proses untuk memperbaiki sifat-sifat dari aluminium dengan jalan memanaskan spesimen sampai temperatur yang cocok dibiarkan beberapa waktu pada temperatur itu, kemudian didinginkan ketemperatur rendah dengan kecepatan yang sesuai. Proses-proses tersebut diatas serta temperatur dan waktu yang dibutuhkan berbeda tergantung pada sifat dan ukuran coran, sehingga kalau dilakukan proses yang tidak cocok untuk satu coran maka tujuan dari perlakuan panas tidak akan tercapai (De Garmo, et al., 1993). Perlakuan panas untuk meningkatkan sifat mekanik paduan aluminium dilakukan dengan tahapan sebagai berikut (Smith, 2002).

- *Solution Heat treatment*: Adalah pemanasan paduan ke temperatur tertentu, menaikkan pada temperatur tersebut selama waktu tertentu yang menyebabkan satu atau lebih unsur-unsur paduan masuk kedalam larutan padat.
- *Quenching*: Adalah pendinginan dengan cepat setelah solution heat tre-

atment untuk menahan unsur-unsur tetap dalam larutan sehingga terbentuk larutan padat super jenuh (*SSS = Super Saturated Solution*)

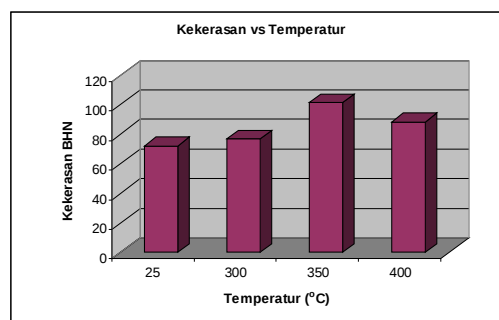
- *Aging*: Adalah proses pemanasan material yang telah mengalami solution heat treatment dan quenching sampai mencapai temperatur tertentu baik dalam temperature ruang (*natural aging*) maupun pada temperatur yang lebih tinggi (*artificial aging*), menahannya pada temperatur ini selama waktu yang dibutuhkan untuk menghasilkan endapan yang dikehendaki
- *Annealing*: Adalah proses pemanasan dan penahanan pada temperatur tertentu, kemudian didinginkan dengan kecepatan yang sesuai, dengan tujuan melunakkan struktur dengan rekristalisasi, penghilangan tegangan sisa dan lain-lain.
- *Stress Relief*: Adalah pemanasan ke temperatur tertentu, menahannya selama beberapa waktu untuk mengurangi tegangan sisa, kemudian didinginkan secara lambat untuk meminimumkan pertumbuhan tegangan baru.

Makin banyak komponen bahan logam fero yang digantikan fungsinya oleh tuangan paduan aluminium ini. Paling tidak dari segi volume dan variasi potensi aluminium benar-benar hampir tak terbatas. Di industri otomotif Amerika misalnya, dewasa ini sudah hampir berlipat tiga dari dekade terakhir (De Garmo, et al, 1993). Pencairan paduan Aluminium-Magnesium merupakan faktor yang turut menentukan kualitas dari coran, pencairan aluminium dapat menghasilkan dross dan penyerapan gas, disamping itu penentuan temperatur juga sangat berpengaruh pada coran (Donna, 1993). Pada artikel ini untuk mencairkan aluminium telah digunakan dapur jenis reverberator dengan sumber panas dari kompor minyak tanah. Dapur ini dipilih karena sangat sesuai dengan kebutuhan, yaitu jumlah logam yang dicairkan sedikit dan termasuk dapur nyala api tak langsung (*indirect fuel-fired*), sehingga logam cair terlindung dari hasil pembakaran dan timbulnya dross serta penyerapan gas

hydrogen biasanya ditekan serendah mungkin. Temperatur penuangan yang diijinkan adalah 60-170°C diatas titik lebur (Donna, 1993). Dari pengamatan, aluminium yang digunakan mencair pada temperatur 660 °C, sehingga penuangan yang dipilih dalam perbandingan kualitas produk aluminium dengan menggunakan cetakan logam adalah 750°C.

## PEMBAHASAN

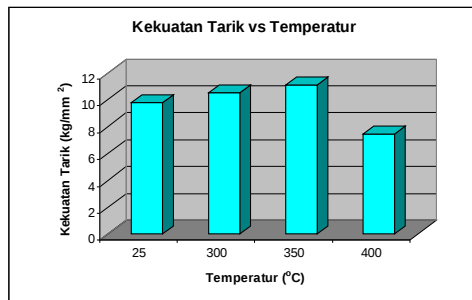
Pada pengujian kekerasan terjadi kenaikan kekerasan dari yang semula 72,27 BHN tanpa pemanasan cetakan menjadi 76,62 BHN pada cetakan yang dipanaskan pada temperatur 300°C, kemudian naik menjadi 101,64 BHN pada temperatur pemanasan cetakan 350°C, selanjutnya menurun menjadi 88,48 BHN pada temperatur pemanasan 400°C. Dari hasil setelah pemanasan cetakan paduan Al-Mg menunjukkan kenaikan kekerasan (gambar 5).



Gambar 5. Kekerasan Brinell paduan Al-Mg menggunakan cetakan dengan pemanasan

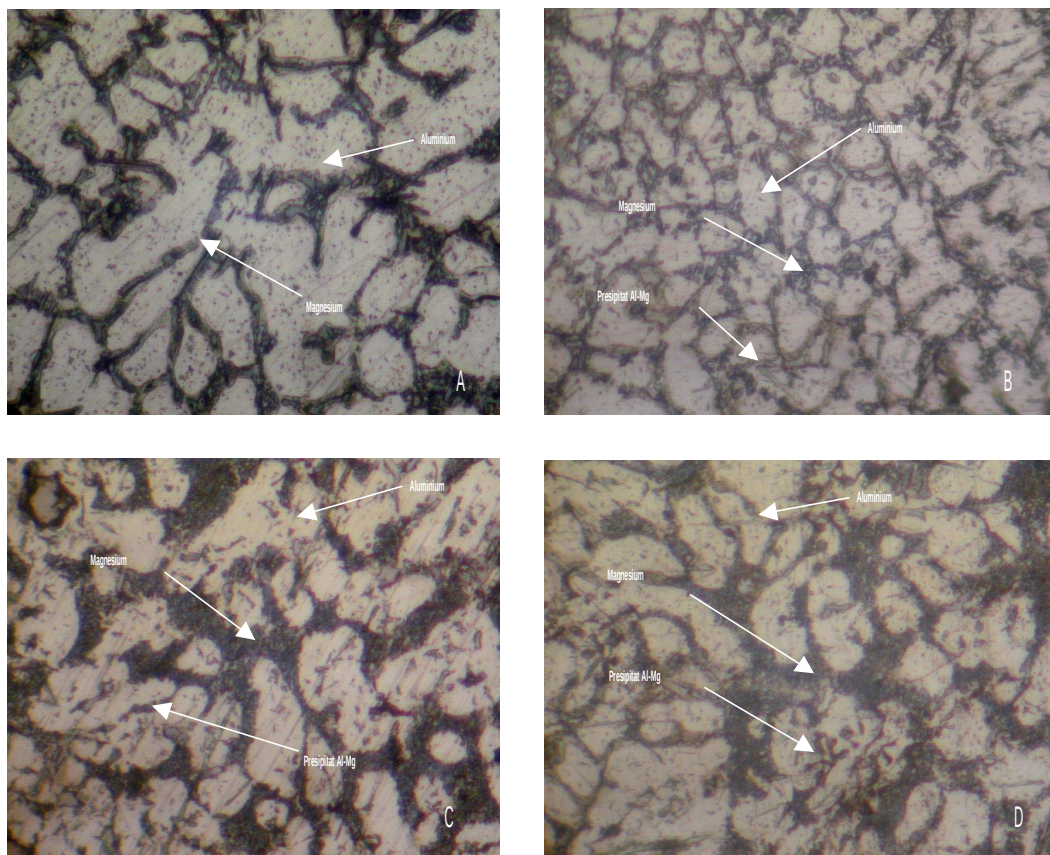
Jadi adanya kenaikan pada kekerasan disebabkan karena adanya kehomogenitasan struktur yang terjadi pada waktu cetakan mengalami pemanasan dan juga laju pendinginan yang cepat terhadap cetakan, jika dilihat dari struktur mikro pada paduan yang tanpa pemanasan cetakan *As-Cast* memperlihatkan keberadaan unsur aluminium dan unsur magnesium, dan terdapat endapan (presipitat) yang timbul karena temperatur thermalnya rendah dan laju pendinginan lambat, disamping itu dapat mengurangi kemungkinan timbul keretakan dan porositas (gambar 7A). Sedangkan untuk paduan yang dipanaskan terjadi penyebaran presipitasi dengan susunan rapat

(gambar 7.B,C dan D) dimana terjadi perubahan bentuk fasa menjadi fasa alpha atau fasa tunggal. Akibat adanya perubahan ini menyebabkan penyebaran partikel menjadi lebih kuat dari matriksnya dan pergerakan dislokasi pada permukaan harus mempunyai kekuatan yang seimbang.



Gambar 6. Kekuatan tarik paduan Al-Mg menggunakan cetakan dg pemanasan

Kenaikkan kekuatan tarik, pada paduan Al-Mg dengan kekuatan tarik tanpa pemanasan cetakan yaitu 9,805 Kgf/mm<sup>2</sup>. Sedangkan pada temperatur 300°C terjadi penurunan yakni 7,476 Kgf /mm<sup>2</sup>. Pada temperatur 350°C terjadi ke-naikan yaitu 11,111 Kgf/mm<sup>2</sup>. Pada tem-peratur 400°C mengalami penurunan ke-kuatan tarik yaitu 10,512 Kgf/mm<sup>2</sup> (lihat gambar 6). Kekuatan tarik mengalami ke-naikan hal ini disebabkan karena pada cetakan yang dipanaskan dengan tempe-ratur yang bervariasi memiliki sifat meka-nik yang lebih baik dibandingkan dengan cetakan yang tidak dipanaskan (As-Cast) dan pada cetakan yang dipanaskan memperlihatkan lajunya penguatan pa-duan Al-Mg yang sudah mencair keda-lam cetakan yang sudah dipanaskan dan proses pembekuan paduan dari fase pa-dat ke fase cair (Al-Mg) begitu cepat se-hingga coran tidak mengalami porositas.



Gambar 7. Struktur mikro paduan Aluminium-Magnesium dengan (A) tanpa pemanasan cetakan, (B) pemanasan cetakan 300°C, (C) pemanasan cetakan 350°C, dan (D) pemanasan cetakan 400°C.



Dari pengamatan struktur Mikro dapat diketahui perubahan struktur mikro dari paduan Aluminium-Magnesium dengan Variasi temperatur pemanasan Cetakan pada temperatur 300 °C, 350 °C, 400 °C seperti terlihat pada gambar 7.

Struktur mikro khususnya matriks yang terbentuk sangat mempengaruhi sifat-sifat mekanik, hal ini diperlihatkan dari kondisi kekuatan tarik dan kekerasan yang dicapai dari proses pemanasan cetakan pada temperatur 300°C, 350°C, 400°C. Dapat dilihat perbandingan kekuatan tarik dan kekerasan pada paduan Al-Mg tanpa pemanasan cetakan permanen dengan paduan Al-Mg dengan cetakan yang dipanaskan. Untuk paduan Al-Mg yang cetakannya tidak dipanaskan unsur aluminium dan unsur magnesium banyak terlihat dan terdapat presipitat yang timbul dikarenakan temperatur termalnya rendah dan laju pendinginan lambat, disamping itu dapat mengurangi kemungkinan timbul keretakan dan porositas. Sedangkan untuk paduan Al-Mg yang cetakannya dipanaskan terjadi adanya endapan pada pertumbuhan strukturnya dengan partikel yang luas dan akibatnya kondisi ini menyebabkan keretakan korosi, juga susunan struktur yang terjadi lebih rapat dan terjadi penyebaran (dispersi) presipitasi secara luas diluar dari matriks aluminiumnya ditambah dengan adanya perubahan yang terjadi akibat penyebaran presipitasi tersebut yakni perubahan fasa ganda atau fasa tetha menjadi fasa tunggal (fasa alpha) sehingga mempengaruhi sifat mekaniknya seperti pada paduan Al-Mg dengan cetakan yang dipanaskan kekerasannya mengalami kenaikan dan kekuatan tariknya mengalami kenaikan jika dibandingkan dengan paduan Al-Mg yang cetakannya tidak dipanaskan (As-Cast).

#### KESIMPULAN

Setelah dilakukan pemanasan pada cetakan permanen paduan Al-Mg pada temperatur 300 °C, 350 °C dan 400 °C kekerasan dan kekuatan tarik

mengalami kenaikan jika dibandingkan dengan As-Cast, hal ini disebabkan karena adanya kehomogenitasan struktur mikro yang terjadi pada waktu cetakan mengalami pemanasan dan juga laju pendinginan (*Cooling rate*) yang cepat terhadap cetakan. Pengecoran paduan Al-Mg dapat ditingkatkan sifat mekanisnya secara optimal dengan melakukan pemanasan pada cetakan dengan temperatur 350°C.

#### DAFTAR PUSTAKA

- \_\_\_\_ 1992, *Properties and Selection Non Ferrous*, ASM.Handbook, Ninth edition Ohio.
- Charles AH, *Handbook of Materials For Product Design*, 3rd Edition, Technology Seminars, Mc Graw Hill, Maryland
- De Garmo, EP, Black JT, Ronald, KA 1993, *Material And Processes In Manufacturing*, Ninth Editions, Mc Graw Hill, London.
- Dieter G E , Djaprie S, 1993 *Metalurgi Mekanik*, 3rd Edition, Jilid 1, Erlangga, Jakarta
- Donna L Z, AFS, 1993, *Aluminium Casting Technology*, 2nd Edition, American Foundrymen's Society, Inc, Illionis,
- Hanif, 2005, *Pengaruh temperatur pemanasan cetakan permanen Al-Mg*, Skripsi, Teknik Mesin, ITN Malang.
- [Http://www.world-aluminium.org/production/refining/index.html](http://www.world-aluminium.org/production/refining/index.html)
- Smith, WF, 2002, *Foundations of Material Science And Engineering*, Mc Graw, Hill International Editions, Singapore.
- Surdia T, Saito,S. 2000 *Pengetahuan Bahan Teknik*, Pradnya Paramita, Jakarta.
- Surdia T, Chijiwa, K, 2000 *Teknik Pengecoran Logam*, Pradnya Paramita, Jakarta.
- Van Vlack,LH, 1994 Terjemahan Djaprie,S. *Ilmu Dan Teknologi Bahan* Edisi Kelima, Erlangga, Jakarta.