

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

#### 2.1 Tinjauan Pustaka

Penelitian tentang paduan Al-Si telah banyak dilakukan oleh peneliti sebelumnya. Sulung Andi F, (2005) meneliti paduan 75%Al - 25%Si dengan menggunakan dapur lebur atau krusibel. Pengecoran aluminium paduan dengan variasi tekanan angin 0, 3, 4 dan 5 Psi menggunakan kompresor dan didapatkan hasil yang lebih baik pada tekanan 5 Psi yaitu  $13,66 \text{ Kg/mm}^2$  sedangkan tanpa tekanan didapatkan hasil  $10,15 \text{ Kg/mm}^2$ . Selanjutnya dengan adanya tekanan pada saat proses pengecoran akan meningkatkan nilai kekerasan sebesar BHN 163  $\text{Kg/mm}^2$  dan juga mencegah adanya porositas atau cacat pada hasil coran, hal tersebut terjadi karena pemberian tekanan pada saat proses pengecoran mengakibatkan cairan logam mendapat tekanan yang merata sehingga coran yang terbentuk akan lebih padat dan udara yang ada di dalam cetakan dipaksa keluar sehingga meminimalkan adanya porositas.

Gazanion, dkk (2002) menyarankan bahwa agar tidak terlalu lama menahan logam cair dalam dapur, karena akan terjadi penggumpalan dan pengendapan dari penghalus butir Ti-B sebelum dituang ke cetakan. Penambahan penghalus butir Ti-B pada paduan Al-Si mempengaruhi bentuk pori, karena Ti-B mempengaruhi proses solidifikasi sehingga merubah bentuk morfologi *dendrite*, yakni dari bentuk *columnar* ke bentuk *equiaxed*. Dimana pori tumbuh pada batas

butir dan menghasilkan pori berbentuk bulat. Ti-B sebagai penghalus butir tidak terlalu signifikan mempengaruhi sifat fluiditas logam cair.

Suherman, (2009) dalam penelitiannya yang menambahkan Sr atau Ti-B terhadap struktur mikro dan fluiditas pada paduan Al - 6%Si - 0,7%Fe didapatkan hasil bahwa penambahan elemen paduan seperti Sr atau Ti-B sangat signifikan mempengaruhi sifat fluiditas logam cair pada paduan Al-6%Si-0,7%Fe, terutama pada rongga cetakan yang sangat tipis. Penambahan Sr kedalam paduan Al-6%Si-0,7%Fe cenderung menurunkan sifat fluiditas logam cair. Begitu juga dengan penambahan TiB pada paduan Al-6%Si-0,7%Fe sifat fluiditas logam cair menjadi berkurang.

Supriyadi A dkk, (2011) menganalisa pengaruh variasi penambahan Ti-B pada bahan ADC 12 menggunakan proses pengecoran *High Pressure Die Casting* (HPDC) terhadap peningkatan kualitas bahan hasil coran sebagai bahan sepatu rem sepeda motor. Tahapan yang peneliti lakukan adalah pembuatan cetakan logam, merakit cetakan logam pada mesin HPDC, penyiapan material, peleburan, variasi penambahan *grain refiner* Ti-B, 0,04%, 0,08%, 0,12%, 0,16%, 0,2%, 0,24%, penuangan pada temperatur cetakan 200°C, temperatur tuang 7000°C dan tekan injeksi 7 MPa, pemeriksaan coran, analisa kekuatan coran dengan uji tarik dan kekerasan. Dari hasil pengamatan dan analisa pengujian didapatkan bahwa pada penambahan Ti-B 0,08% dihasilkan kekuatan tarik sebesar 300 N/mm<sup>2</sup> dan kekerasan 78,5 HRB hasil ini merupakan sifat mekanik yang paling baik dibandingkan apabila tidak mendapatkan penambahan inoculan.

Hafiz, Lalu Alpan, (2016) menganalisa penambahan unsur Ti-B (Titanium-Baron) sebanyak 0,02% pada paduan aluminium 50%Al – 50%(Al-Si) menggunakan cetakan pasir (*sand casting*) pada 2 jenis variasi pemanasan suhu cetakan yaitu 200°C dan 300°C. Pengujian yang dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat mekanis dan fisis paduan aluminium tersebut yaitu pengujian tarik (*Tensile Strength*), kekerasan (*Hardness*), dan metalografi dengan mikroskop optik. Hasil pengujian maksimum terjadi pada bahan paduan Al-Si dengan penambahan Ti-B 0,02% dan dengan pemanasan suhu cetakan 200°C menghasilkan tegangan tarik maksimum sebesar 618,8 N/mm<sup>2</sup>, sedangkan untuk pengujian kekerasan (*Vickers Hardness Number*) menghasilkan angka kekerasan sebesar 103 Kg/mm<sup>2</sup>, dan untuk hasil metalografi diperoleh data struktur yang terbentuk adalah fase hypereutectic silikon yang membentuk fasa silikon primer. Fasa tersebut memberikan ketahanan aus yang tinggi.

### **2.1.1 Aluminium**

Aluminium ditemukan oleh Sir Humphrey Davy dalam tahun 1809 sebagai suatu unsur dan pertama kali direduksi sebagai logam oleh H . C. Oersted, tahun 1825. Secara industri tahun 1886, Paul Heroult di Perancis dan C . M. Hall di Amerika Serikat secara terpisah telah memperoleh logam aluminium dari alumina dengan cara elektrolisis dari garam yang terfusi. Sampai sekarang proses *Heroult Hall* masih dipakai untuk memproduksi aluminium. Penggunaan aluminium sebagai logam setiap tahunnya adalah urutan yang kedua setelah besi dan baja, yang tertinggi di antara logam *non ferro*.

Alumunium merupakan logam ringan dengan berat jenis 2.643 g/cm<sup>3</sup> dan titik cairnya 660°C. Aluminium merupakan logam yang mempunyai ketahanan korosi yang baik dan hantaran listrik yang baik dan sifat – sifat yang baik lainnya sebagai sifat logam. Sebagai tambahan terhadap, kekuatan mekaniknya yang sangat meningkat dengan penambahan Cu, Mg, Si, Mn, Zn, Ni, dsb. Secara satu persatu atau bersama-sama, memberikan juga sifat-sifat baik lainnya seperti ketahanan korosi, ketahanan aus, koefisien pemuaian rendah. Material ini dipergunakan di dalam bidang yang luas bukan saja untuk peralatan rumah tangga tapi juga dipakai untuk keperluan material pesawat terbang, mobil, kapal laut, konstruksi.

Aluminium merupakan unsur *non ferrous* yang paling banyak terdapat di bumi yang merupakan logam ringan yang mempunyai sifat yang ringan, ketahanan korosi yang baik serta hantaran listrik dan panas yang baik, mudah dibentuk baik melalui proses pembentukan maupun permesinan, dan sifat-sifat yang baik lainnya sebagai sifat logam. Di alam, aluminium berupa oksida yang stabil sehingga tidak dapat direduksi dengan cara seperti mereduksi logam lainnya.

Pereduksian aluminium hanya dapat dilakukan dengan cara elektrolisis. Paduan aluminium dapat dibagi menjadi dua kelompok, yaitu aluminium *wronght alloy* (lembaran) dan aluminium *costing alloy* (batang cor). Aluminium (99,99%) memiliki berat jenis sebesar 2,7 g/cm<sup>3</sup>, densitas 2,685 kg/m<sup>3</sup>, dan titik leburnya pada suhu 660°C, aluminium memiliki *strength to weight ratio* yang lebih tinggi dari baja. Sifat tahan korosi aluminium diperoleh dari terbentuknya lapisan oksida

aluminium dari permukaan aluminium. Lapisan oksida ini melekat kuat dan rapat pada permukaan, serta stabil (tidak bereaksi dengan lingkungan sekitarnya) sehingga melindungi bagian dalam.

Aluminium merupakan logam dengan karakteristik massa jenis yang *relative* rendah ( $2,7 \text{ g/cm}^3$ ), terletak pada golongan IIIA, dan memiliki nomor atom 13, memiliki konduktivitas listrik dan panas yang tinggi dan tahan terhadap serangan korosi di berbagai lingkungan, termasuk di temperature ruang, memiliki struktur FCC (*face centered cubic*), tetapi memiliki keuletan di kondisi temperature rendah serta memiliki temperature lebur  $660^\circ\text{C}$ . Aluminium adalah suatu logam yang secara termodinamika adalah logam yang reaktif.

Aluminium sangat berperan penting dalam berbagai bidang aplikasi karena memiliki sifat-sifat menarik yang beraneka ragam. Sifat-sifat tersebut membuat aluminium menjadi logam yang sangat sesuai dan ekonomis untuk banyak aplikasi dan telah menjadikan aluminium sebagai logam yang paling banyak di gunakan kedua setelah baja. Berikut adalah aplikasi aluminium secara umum:

Tabel 2.1 Aplikasi aluminium di berbagai bidang

<b>Aplikasi Penggunaan</b>	<b>Persentasi</b>
Industri Konstruksi	15%
Aplikasi Listrik	15%
Industri Otomotif/Transportasi	25%
Industri Manufaktur & Pengemasan	25%
Lainnya	20%

Aluminium memperlihatkan ketahanannya terhadap korosi dengan sangat baik dan penggunaannya sebagai salah satu logam komersial utama untuk membentuk lapisan oksida penghalang yang terikat kuat terhadap permukaannya, dan apabila lapisan tersebut rusak, maka akan dapat terbentuk kembali secara langsung di lingkungan manapun. Pada permukaan aluminium yang terabrasi dan terekspos oleh udara, ketebalan lapisan oksida penghalang hanya sekitar 1 nm, namun demikian lapisan tersebut masih sangat efektif untuk melindungi aluminium dari korosi.

### **2.1.2 Aluminium Dan Paduannya**

Aluminium merupakan logam non-*ferrous* yang paling banyak digunakan di dunia, dengan pemakaian tahunan sekitar 24 juta ton. Aluminium dengan densitas 2.7 g/cm<sup>3</sup> sekitar sepertiga dari densitas baja (8.83 g/cm<sup>3</sup>), tembaga (8.93 g/cm<sup>3</sup>), atau kuningan (8.53 g/cm<sup>3</sup>), mempunyai sifat yang unik, yaitu: ringan, kuat, dan tahan terhadap korosi pada lingkungan luas termasuk udara, air (termasuk air garam), petrokimia, dan beberapa sistem kimia.

Pemakaian aluminium dalam dunia industri yang semakin tinggi, menyebabkan pengembangan sifat dan karakteristik aluminium terus menerus ditingkatkan. Aluminium dalam bentuk murni memiliki kekuatan yang rendah dan tidak cukup baik digunakan untuk aplikasi yang membutuhkan ketahanan deformasi dan patahan, maka dari itu perlu ditambahkan unsur lain untuk meningkatkan kekuatannya. Aluminium dalam bentuk paduan yang sering dikenal

dengan istilah *aluminium alloy* merupakan jenis aluminium yang digunakan cukup besar saat ini. Unsur- unsur paduan dalam aluminium antara lain:

1. Copper (Cu), menaikkan kekuatan dan kekerasan, namun menurunkan elongasi (pertambahan panjang pangsangan saat ditarik). Kandungan Cu dalam aluminium yang paling optimal adalah antara 4-6%.
2. Zink atau Seng (Zn), menaikkan nilai tensile.
3. Mangan (Mn), menaikkan kekuatan dalam temperature tinggi.
4. Magnesium (Mg), menaikkan kekuatan aluminium dan menurunkan nilai *ductility*-nya. Ketahanan korosi dan *weldability* juga baik.
5. Silikon (Si), menyebabkan paduan aluminium tersebut bisa diperlakukan panas untuk menaikkan kekerasannya.
6. Lithium (Li), ditambahkan untuk memperbaiki sifat tahan oksidasinya.

Berdasarkan metode peleburannya, paduan aluminium dikelompokkan menjadi dua kelompok utama yaitu paduan tempa (*wrought*) dan paduan tuang (*casting*). Jenis paduan aluminium saat ini sangat banyak dan tidak menutup kemungkinan ditemukannya lagi jenis paduan aluminium baru, oleh karena itu dibuatlah sistem penamaan sesuai dengan komposisi dan karakteristik paduan aluminium tersebut untuk memudahkan pengklasifikasiannya. Salah satu penamaan paduan aluminium adalah dengan standar AA.

Pada aluminium tempa, seri 1xxx digunakan untuk aluminium murni. Digit kedua dari seri tersebut menunjukkan komposisi aluminium dengan limit pengotor alamiahnya, sedangkan dua digit terakhir menunjukkan persentase

minimum dari aluminium tsb. Digit pertama pada seri 2xxx sampai 7xxx menunjukkan kelompok paduannya berdasarkan unsur yang memiliki persentase komposisi terbesar dalam paduan.

Tabel 2.2 Daftar seri paduan aluminium tempa

No. Seri	Komposisi Paduan
1xxx	Aluminium Murni
2xxx	Paduan Aluminium-Tembaga
3xxx	Paduan Aluminium-Mangan
4xxx	Paduan Aluminium-Silicon
5xxx	Paduan Aluminium-Magnesium
6xxx	Paduan Aluminium-Magnesium-Silicon
7xxx	Paduan Aluminium-Seng
8xxx	Paduan Aluminium-Timah-Litium
9xxx	Disiapkan Dipenggunaan Dimasa Depan

Digit kedua menunjukkan modifikasi dari unsur paduannya, jika digit kedua bernilai 0 maka paduan tersebut murni terdiri dari aluminium dan unsur paduan. Jika nilainya 1-9, maka paduan tersebut memiliki modifikasi dengan unsur lainnya. Dua angka terakhir untuk seri 2xxx - 8xxx tidak memiliki arti khusus, hanya untuk membedakan paduan aluminium tersebut dalam kelompoknya. Paduan aluminium tuang penamaannya memakai sistem tiga digit diikuti dengan satu bilangan desimal. Tabel 2.3. menunjukkan seri paduan aluminium tuang berdasarkan unsur paduannya.

Tabel 2.3 Daftar seri paduan aluminium tuang

No. Seri	Komposisi Paduan
1xx.x	Aluminium murni
2xx.x	Paduan aluminium – tembaga
3xx.x	Paduan aluminium - silikon – tembaga
4xx.x	Paduan aluminium – silikon
5xx.x	Paduan aluminium – magnesium
6xx.x	Tidak digunakan
7xx.x	Paduan aluminium – seng
8xx.x	Paduan aluminium – timah
9xx.x	Belum digunakan

Dalam standar AA, angka pertama menunjukkan kelompok paduan. Jadi, untuk paduan Al-Si-Cu dinyatakan dengan angka 3xx.x, angka kedua dan ketiga menunjukkan kemurnian minimum untuk aluminium tanpa paduan dan sebagai nomor identifikasi untuk paduan tersebut, angka keempat menandakan bentuk produk (.0 = spesifikasi coran, .1 = spesifikasi ingot, .2 = spesifikasi ingot yang lebih spesifik). ADC12 merupakan paduan aluminium tuang yang mengikuti tata nama JIS (*Japan Industrial Standard*). Paduan aluminium ADC12 ini memiliki kesetaraan dengan paduan aluminium 384.0-F, paduan aluminium ini digunakan sebagai bahan untuk pembuatan piston pada kendaraan bermotor. (ASM *Handbook vol.15,1992*).

### 2.1.3 Ti-B (Titanium-Baron)

Titanium adalah sebuah unsur kimia dalam tabel periodik yang memiliki simbol Ti dan nomor atom 22. Unsur ini merupakan logam transisi yang ringan, kuat, berkilau, tahan korosi (termasuk tahan terhadap air laut, aqua regia, dan klorin) dengan warna putih-metalik- keperakan. Ti-B ini berfungsi sebagai penghalus butir (*grain refiner*). TiB sangat penting sekali dalam memperbaiki sifat dari aluminium paduan seperti sifat mekanis, mengurangi porositas, lebih tahan terhadap retak panas (*hot cracking*), merubah struktur dan memperbaiki hasil akhir pada permukaannya (Brown, 1999). Umumnya pada paduan Al-Si ditambahkan penghalus butir Ti-B sebagai inokulan, ada beberapa jenis penghalus butir baru yang diperkenalkan seperti Ti-B ataupun Ti-C yang setiap penghalus butir tersebut mempunyai ciri dan manfaat yang spesifik (ASM *Speciality Handbook Aluminium, 1993*).

Titanium ditemukan di Cornwall, Kerajaan Britania Raya pada tahun 1791 oleh William Gregor dan dinamai oleh Martin Heinrich Klaproth dari mitologi Yunani Titan. Elemen ini ada di antara deposit-deposit berbagai mineral, diantaranya rutil dan ilmenit, yang banyak terdapat pada kerak bumi dan litosfer, serta pada hampir semua makhluk hidup, batuan, air, dan tanah. Logam ini diekstrak dari bijih mineralnya melalui proses Kroll atau proses Hunter. Senyawanya yang paling umum, titanium dioksida, adalah fotokatalisator umum dan digunakan dalam pembuatan pigmen putih. Senyawa lainnya adalah titanium tetraklorida ( $\text{TiCl}_4$ ), komponen layar asap dan katalis; dan titanium triklorida ( $\text{TiCl}_3$ ), digunakan sebagai katalis dalam produksi polipropilena.

Titanium dapat digunakan sebagai campuran dengan besi, aluminium, vanadium, dan molybdenum, untuk memproduksi campuran yang kuat namun ringan untuk penerbangan (mesin jet, misil, dan wahana antariksa), militer, proses industri (kimia dan petrokimia, pabrik desalinasi, *pulp*, dan kertas), otomotif, agro industri, alat kedokteran, implan ortopedi, peralatan dan instrumen dokter gigi, implan gigi, alat olahraga, perhiasan, telepon genggam, dan masih banyak aplikasi lainnya.

Dua sifat yang paling berguna pada titanium adalah ketahanan korosi dan rasio kekuatan terhadap densitasnya yang paling tinggi di antara semua logam lain. Pada kondisi murni, titanium sama kuat dengan beberapa baja, namun lebih ringan. Ada dua bentuk alotropi dan lima isotop alami dari unsur ini,  $^{46}\text{Ti}$  sampai  $^{50}\text{Ti}$ , dengan  $^{48}\text{Ti}$  adalah yang paling banyak terdapat di alam (73,8%). Meski memiliki jumlah elektron valensi dan berada pada golongan tabel periodik yang sama dengan *zirkonium*, keduanya memiliki banyak perbedaan pada sifat kimia dan fisika.

Boron adalah suatu unsur kimia dalam tabel periodik yang memiliki lambang B dan nomor atom 5. Elemen *metalloid trivalen*, boron banyak terdapat di batu borax. Ada dua alotrop boron; boron amorfus adalah serbuk coklat, tetapi boron metalik berwarna hitam. Bentuk metaliknya keras (9,3 dalam skala Moh) dan konduktor yang buruk dalam suhu ruang. Tidak pernah ditemukan bebas dalam alam. Penambahan penghalus butir Ti-B pada paduan Al-(Al-Si) dapat mempengaruhi bentuk pori, dimana pori tumbuh pada batas butir dan

menghasilkan pori berbentuk bulat, sehingga bentuk permukaan jadi lebih halus karena ada penambahan Ti-B pada proses pengecoran.

#### **2.1.4 Sejarah Pengecoran Aluminium**

Sejarah pengecoran dimulai ketika orang mengetahui bagaimana mencairkan logam dan bagaimana membuat cetakan. Hal itu terjadi kira-kira 4.000 tahun sebelum Masehi, sedangkan tahun yang lebih tepat tidak diketahui. Coran dibuat dari logam yang dicairkan, dituang ke dalam cetakan, kemudian dibiarkan mendingin dan membeku.

Awal penggunaan logam oleh orang ialah ketika orang membuat perhiasan dari emas atau perak tempaan, dan kemudian membuat senjata atau mata bajak dengan menempa tembaga, hal itu dimungkinkan karena logam-logam ini terdapat di alam dalam keadaan murni, sehingga dengan mudah orang menempanya. Kemudian secara kebetulan orang menemukan tembaga mencair, selanjutnya mengetahui cara untuk menuang logam cair kedalam cetakan, dengan demikian untuk pertama kalinya orang dapat membuat coran yang berbentuk rumit. Coran tersebut dibuat dari perunggu yaitu suatu paduan tembaga, timah dan timbal yang titik cairnya lebih rendah dari titik cair tembaga.

Pengecoran perunggu di lakukan pertama di Mesopotamia, kira-kira 3000 tahun sebelum Masehi. Teknik ini diteruskan ke Asia Tengah, India dan Cina. Kemudian teknik pengecoran Mesopotomia diteruskan juga ke Eropa pada tahun 1500 - 1400 sebelum Masehi. Baru pada abad ke 14 saja pengecoran besi kasar dilakukan secara besar-besaran. Cara pengecoran pada zaman itu ialah

menuangkan secara langsung logam cair yang di dapat dari biji besi, ke dalam cetakan, jadi tidak dengan jalan mencairkan kembali besi kasar seperti cara sekarang. Coran paduan Aluminium dibuat pada akhir abad 19 setelah cara pemurnian elektrolisis ditemukan.

#### **2.1.4.1 Teori Pengecoran**

Pengecoran logam merupakan salah satu ilmu pengetahuan tertua yang dipelajari oleh umat manusia. Ilmu pengecoran logam terus berkembang dengan pesat. Berbagai macam metode pengecoran logam telah ditemukan dan terus disempurnakan, diantaranya adalah *centrifugal casting*, *investment casting*, dan *sand casting* serta masih banyak lagi metode-metode lainnya. Pengecoran adalah membuat komponen dengan cara menuangkan bahan yang dicairkan ke dalam cetakan. Bahan di sini dapat berupa *metal* maupun *non-metal*. Untuk mencairkan bahan diperlukan *furnace* (dapur kupola). *Furnace* adalah sebuah dapur atau tempat yang dilengkapi dengan *heater* (pemanas). Bahan padat dicairkan sampai suhu titik cair dan dapat ditambahkan campuran bahan seperti *chrome*, silikon, titanium, aluminium dan lain-lain agar bahan menjadi lebih baik.

Aplikasi dari proses pengecoran sangat banyak salah satunya dapat ditemukan dalam pembuatan komponen permesinan. Proses pengecoran dilakukan melalui beberapa tahap mulai dari pembuatan cetakan, persiapan dan peleburan logam, penuangan logam cair ke dalam cetakan, pembersihan coran dan proses daur ulang pasir cetakan. Hasil pengecoran disebut dengan coran atau benda cor. Proses pengecoran bisa dibedakan atas 2 yaitu proses pengecoran dan proses

pencetakan. Proses pengecoran tidak menggunakan tekanan sewaktu mengisi rongga cetakan sedangkan proses pencetakan adalah logam cair ditekan agar mengisi rongga cetakan. Cetakan untuk kedua proses ini berbeda dimana proses pengecoran cetakan biasanya dibuat dari pasir sedangkan proses pencetakan, cetakkannya dibuat dari logam.

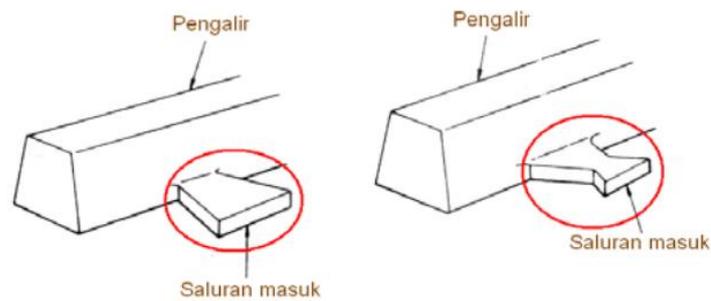
#### **2.1.4.2 Proses Pengecoran**

Dengan melalui proses pengecoran akan dihasilkan aluminium dengan sifat-sifat yang diinginkan. Aluminium murni memiliki sifat mampu cor dan sifat mekanis yang tidak baik, maka dipergunakanlah aluminium *alloy* untuk memperbaiki sifat tersebut. Beberapa elemen alloy yang sering ditambahkan diantaranya Tembaga, Magnesium, Mangan, Nikel, Silikon dan sebagainya.

Pada desain coran perlu dipertimbangkan beberapa hal sehingga diperoleh hasil coran yang baik, yaitu bentuk dari pola harus mudah dibuat, cetakan dari coran hendaknya mudah, cetakan tidak menyebabkan cacat pada coran. Untuk membuat cetakan, dibutuhkan saluran turun yang mengalirkan cairan logam kedalam rongga cetakan. Besar dan bentuknya ditentukan oleh ukuran tebal irisan dan macam logam dari coran. Selanjutnya diperlukan penentuan keadaan-keadaan penuangan seperti temperatur penuangan dan laju penuangan. Karena kualitas coran tergantung pada saluran turun, keadaan penuangan, maka penentuannya memerlukan pertimbangan yang teliti.

Sistem saluran adalah jalan masuk bagi cairan logam yang dituangkan ke dalam rongga cetakan. Tiap bagian diberi nama, dari mulai cawan tuang dimana

logam cair dituangkan dari ladell, sampai saluran masuk ke dalam rongga cetakan. Bagian-bagian tersebut terdiri dari cawan tuang, saluran turun, pengalir, dan saluran masuk.



Gambar 2.1 Saluran masuk

Pada gambar 2.1 diatas terlihat posisi saluran masuk diletakkan disamping saluran pengalir, tujuannya sebagai penghubung aliran cairan ke dalam coran yang akan dibentuk. Saluran masuk tidak bagus terlalu panjang, dapat mengakibatkan penurunan temperatur ke dalam coran yang akan dibentuk.

#### 2.1.4.3 Pembuatan Cetakan

Ada 2 jenis cetakan yang sering digunakan pada proses pengecoran, yaitu:

##### a. Cetakan Logam

Cetakan yang biasa digunakan pada pengecoran logam adalah cetakan logam. Cetakan logam umumnya sering digunakan karena porositas yang terjadi lebih sedikit bila dibandingkan dengan cetakan pasir. Pada penuangan, logam cair mengalir melalui pintu cetakan, maka bentuk pintu cetakan harus dibuat sedemikian rupa sehingga tidak mengganggu aliran logam cair. Pada umumnya logam cair dituangkan dengan pengaruh gaya berat, walaupun dapat juga dipergunakan tekanan pada logam cair selama atau setelah penuangan.

Pengecoran cetak adalah suatu cara pengecoran dimana logam cair ditekan ke dalam cetakan logam dengan tekanan tinggi.

#### b. Cetakan Pasir

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 frekwensi rendah) dipergunakan untuk besi cor, dapur busur listrik (dapur induksi frekwensi tinggi) digunakan untuk baja tuang dan dapur krus untuk paduan tembaga atau coran paduan ringan, karena dapur ini dapat mengolah logam cair yang baik dan sangat ekonomis untuk logam-logam tersebut. Cetakan pasir jarang digunakan karena kemungkinan terjadinya porositas lebih besar.

## 2.2 Sifat-Sifat Aluminium

Aluminium adalah logam yang ringan dan cukup penting dalam kehidupan manusia. Aluminium merupakan unsur kimia golongan IIIA dalam sistim periodik unsur, dengan nomor atom 13 dan berat atom 26,98 gram per mol (sma) . Struktur kristal aluminium adalah struktur kristal FCC, sehingga aluminium tetap ulet meskipun pada temperatur yang sangat rendah. Keuletan yang tinggi dari

aluminium menyebabkan logam tersebut mudah dibentuk atau mempunyai sifat mampu bentuk yang baik.

Aluminium mempunyai sifat-sifat yang tidak bisa ditemui pada logam lain. Adapun sifat-sifat dari aluminium antara lain: ringan, tahan korosi, penghantar panas dan listrik yang baik. Sifat tahan korosi pada aluminium diperoleh karena terbentuknya lapisan oksida aluminium pada permukaan aluminium. Perlu diketahui aluminium merupakan logam yang paling banyak terkandung di kerak bumi. Aluminium terdapat di kerak bumi sebanyak kira-kira 8,07% hingga 8,23% dari seluruh massa padat dari kerak bumi, dengan produksi tahunan dunia sekitar 30 juta ton per tahun dalam bentuk bauksit dan bebatuan lain. Saat ini aluminium berkembang luas dalam banyak aplikasi industri seperti industri otomotif, rumah tangga, maupun elektrik, karena beberapa sifat dari aluminium itu sendiri, yaitu:

a. Ringan (*light in weight*)

Aluminium memiliki sifat ringan, bahkan lebih ringan dari magnesium dengan densitas sekitar 1/3 dari densitas besi. Kekuatan dari paduan aluminium dapat mendekati dari kekuatan baja karbon dengan kekuatan tarik 700 Mpa (100 Ksi). Kombinasi ringan dengan kekuatan yang cukup baik membuat aluminium sering diaplikasikan pada kendaraan bermotor, pesawat terbang, alat-alat konstruksi seperti tangga, *scaffolding*, maupun pada roket.

b. Mudah dalam pembentukannya (*easy fabrication*)

Aluminium merupakan salah satu logam yang mudah untuk dibentuk dan mudah dalam fabrikasi seperti ekstrusi, *forging*, *bending*, *rolling*, *casting*,

*drawing*, dan *machining*. Struktur kristal yang dimiliki aluminium adalah struktur kristal FCC (*Face Centered Cubic*), sehingga aluminium tetap ulet meskipun pada temperatur yang sangat rendah. Bahan aluminium mudah dibentuk menjadi bentuk yang kompleks dan tipis. sekalipun, seperti bingkai jendela, lembaran aluminium foil, rel, gording, dan lain sebagainya.

c. Tahan terhadap korosi (*corrosion resistance*)

Aluminium tahan terhadap korosi karena fenomena pasivasi. Pasivasi adalah pembentukan lapisan pelindung akibat reaksi logam terhadap komponen udara sehingga lapisan tersebut melindungi lapisan dalam logam dari korosi. Hal tersebut dapat terjadi karena permukaan aluminium mampu membentuk lapisan alumina ( $Al_2O_3$ ) bila bereaksi dengan oksigen.

d. Konduktifitas panas tinggi (*high thermal conductivity*)

Konduktifitas panas aluminium tiga kali lebih besar dari besi, maupun dalam pendinginan dan pemanasan. Sehingga aplikasi banyak digunakan pada radiator mobil, koil pada evaporator, alat penukar kalor, alat-alat masak, maupun komponen mesin.

e. Konduktifitas listrik tinggi (*high electrical conductivity*)

Konduktifitas listrik dari aluminium dua kali lebih besar dari pada tembaga dengan perbandingan berat yang sama. Sehingga sangat cocok digunakan dalam kabel transmisi listrik.

f. Tangguh pada temperatur rendah (*high toughness at cryogenic temperature*)

Aluminium tidak menjadi getas pada temperatur rendah hingga suhu *minus*  $100^{\circ}C$ , bahkan menjadi lebih keras dan ketangguhan meningkat. Sehingga

aluminium dapat digunakan pada material bejana yang beroperasi pada temperatur rendah (*cryogenic vessel*)

g. Tidak beracun (*non toxic*)

Aluminium tidak memiliki sifat racun pada tubuh manusia, sehingga sering digunakan dalam industri makanan seperti kaleng makanan dan minuman, serta pipa-pipa penyalur pada industri makanan dan minuman.

h. Mudah didaur ulang (*recyclability*)

Aluminium mudah untuk didaur ulang, bahkan 30% produksi aluminium di Amerika berasal dari aluminium yang didaur ulang. Pembentukan kembali aluminium dari material bekas hanya membutuhkan 5% energy dari pemisahan aluminium dari bauksit.

Dengan berbagai keunggulan dari aluminium tersebut, saat ini penggunaan aluminium sangat berkembang pesat terutama pada industri pesawat terbang dan otomotif. Masih banyak pengembangan yang dilakukan sehingga dapat menciptakan paduan aluminium baru yang memiliki sifat dan karakteristik yang berbeda.

### **2.3 Aluminium Alloy**

Alumunium merupakan salah satu logam non *ferrous*. Aluminium dalam bentuk paduan yang sering dikenal dengan istilah aluminium *alloy* merupakan jenis aluminium yang digunakan cukup besar saat ini. Dalam sektor perindustrian, alumunium dikembangkan dengan begitu pesat. Dan dapat diolah menjadi berbagai macam produk dengan lebih ekonomis. Alumunium merupakan logam ringan dengan berat jenis 2.643 g/cm<sup>3</sup> dan titik cairnya 660°C.

Bauksit adalah salah satu sumber alumunium, dan banyak terdapat didaerah Bintan dan Kalimantan. Bauksit dapat diolah dengan proses bayer untuk mendapatkan alumina yang selanjutnya diolah kembali untuk mendapatkan alumunium. Untuk menghasilkan 500 Kg alumunium diperlukan 550 Kg bauksit, 450kg NaOH, 31.5 ton H<sub>2</sub>O dan 7.5 ton uap. Bauksit dapat juga diolah menggunakan proses elektrolisa. Untuk 1 kg alumunium diperlukan 4 kg bauksit, 0.6kg karbon, dan criolit. Beberapa jenis alumunium *alloy*:

### 1. *Wrough Alloy*

Alumunium *wrought alloy* terdiri dari 2 macam yaitu alumunium *wrought alloy* yang bisa diheatreatment dan alumunium *wrought alloy* yang tidak bisa ditempa.

### 2. *Casting Alloy*

Alumunium casting alloy terdiri dari aluminium *die casting* dan alumunium *permanent casting*. Beberapa macam aluminium *alloy* ditinjau dari bahan campurannya, antara lain:

- a. Magnal (terdiri dari campuran alumunium dan magnesium)
- b. Manal (terdiri dari campuran alumunium dan mangan)
- c. Siluminal (terdiri dari campuran alumunium, tembaga dan silicon)
- d. Duraluminium (terdiri dari campuran alumunium, tembaga, mangan dan magnesium)

Menurut HES (*Honda Engineering Standart*) terdapat alumunium alloy dengan type HD2 G2. HD2 G2 adalah aluminium *alloy* yang dipergunakan dalam

proses *die casting*. HD2 G2 adalah material aluminium *alloy* yang kuat, dan tahan benturan. Standar komposisinya adalah:

- |                                    |                                  |
|------------------------------------|----------------------------------|
| a. Silikon (Si) maksimal 8.5 – 11% | e. Besi (Fe) maksimal 0.85 %     |
| b. Mangan (Mn) maksimal 0.3%       | f. Magnesium (Mg) maksimal 0.25% |
| c. Nikel (Ni) maksimal 0.3%        | g. Seng (Zn) maksimal 1%         |
| d. Tembaga (Cu) 1 – 2.5%           |                                  |

Pengaruh–pengaruh elemen/campuran dalam aluminium *alloy*:

#### 1. Silikon (Si)

Keuntungan:

- Memudahkan proses *flow* dan *casting*.
- Memudahkan proses *welding*.
- Memperkecil daya lentur.
- Mencegah perubahan suhu yang terlalu cepat.

Kerugian:

- Sulit untuk proses pemotongan.
- Daya rekat jelek.

#### 2. Tembaga (Cu)

Keuntungan:

- Menambah kekuatan.
- Memudahkan proses pemotongan.

Kerugian:

- Mudah patah.

### 3. Magnesium (Mg)

Keuntungan:

- a. Menambahkan kekuatan dan daya lentur.
- b. Memudahkan proses pemotongan.
- c. Efektif untuk proses rekristalisasi.

Kerugian:

- a. Menurunkan daya rekat.
- b. Mudah patah.
- c. Menimbulkan pin hole.
- d. Menimbulkan hard spot.

### 4. Besi (Fe)

Keuntungan:

- a. Mencegah part menempel pada *dies*.

Kerugian:

- a. Menurunkan kualitas mekanis.
- b. Menimbulkan *hard spot*.

### 5. Seng (Zn)

Keuntungan:

- a. Memudahkan proses casting.
- b. Menaikkan kemampuan mekanis.

Kerugian:

- a. Menurunkan daya gigitan.
- b. Menurunkan daya rekat.

c. Mudah retak.

#### 6. Mangan (Mn)

Keuntungan:

- a. Tahan temperature tinggi.
- b. Memperkecil kerusakan akibat Fe.

Kerugian:

- a. Daya serap panas berkurang.
- b. Menimbulkan hard spot.

#### 7. Nikel (Ni)

Keuntungan:

- a. Tahan temperature tinggi.
- b. Menurunkan jumlah kerusakan Fe.

Kerugian:

- a. Melemahkan daya gigitan.

#### 8. Timah Putih (Sn)

Keuntungan:

- a. Mudah dipotong.
- b. Mudah dingin.

Kerugian:

- a. Tidak tahan panas.