

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Aluminium

Aluminium merupakan logam non ferro dengan mempunyai sifat ketahanan korosi yang baik dari disebagian besar lingkungan termasuk udara, air (air garam), dan lingkungan kimia lainnya, selain itu aluminium juga mempunyai sifat penghantar listrik dan panas yang baik [11]. Aluminium berbahan dasar yang berasal dari kreolit dan bauksit. Umumnya aluminium relatif lebih ringan dari baja, tembaga atau kuningan. Aluminium menjadi logam yang banyak digunakan setelah baja. Aluminium (Al) adalah unsur kimia dengan nomor atom 13, aluminium memiliki warna putih keperakan, titik leleh 660,32°C dan titik didih 2519°C [12]. Aluminium adalah logam yang bisa dibentuk dengan berbagai bentuk variasi sebagai pengolahan selanjutnya yaitu: pelat, pipa-pipa, kawat, dan profil-profil [4].

Penggunaan paduan aluminium dari proses pengecoran memiliki keuntungan yang signifikan, seperti memiliki bobot yang ringan, konduktivitas termal dan listrik yang tinggi, ketahanan terhadap korosi dari berbagai macam bahan kimia, tidak beracun, memiliki berat jenis yang ringan, mudah didaur ulang, dan memiliki laju penyusutannya rendah [9]. Karena keuntungan-keuntungan yang dimiliki dari aluminium sehingga membuat aluminium banyak digunakan dalam berbagai bidang, mulai dari peralatan rumah tangga, dan terdapat pada komponen otomotif. Aluminium tidak mempunyai sifat beracun dalam tubuh manusia, sehingga sering digunakan juga pada industri makanan dan minuman.

Aluminium adalah logam yang sangat mudah dibentuk dan dibuat. Seperti pengecoran, penempaan, ekstruksi, dan pengelasan [13]. Aluminium berbahan yang mudah dibentuk menjadi bentuk yang tipis dan rumit, bahkan seperti rel, kusen jendela, gorden, dan lainnya. Aluminium merupakan logam yang memiliki sifat lebih ringan dari magnesium dengan kepadatan 1/3 dari besi. Perpaduan bobot yang ringan dan kekuatan yang baik membuat aluminium banyak digunakan mulai dari kendaraan bermotor hingga pesawat terbang.

Ketahanan korosi dari sifat aluminium dikarenakan adanya fenomena pasivasi. Pasivasi merupakan pembentuk lapisan pelindung dampak reaksi logam terhadap komponen udara sebagai akibatnya lapisan tadi melindungi lapisan pada logam berdasarkan korosi hal tadi bisa terjadi karena bagian atas aluminium sanggup menciptakan lapisan (Al) apabila bereaksi [14][15]. Mengatakan sifat ketahanan korosi pada aluminium diraih karena adanya lapisan oksida aluminium dari permukaan aluminium. Lapisan oksida yang melekat kuat dan rapat pada permukaan, serta konstan (tidak bereaksi pada lingkungan sekitarnya) sehingga dapat menjaga pada bagian dalam permukaan. Konduktifitas panas aluminium 3 kali lebih besar dari pada besi, juga pada pendinginan dan pemanasan. Sehingga banyak digunakan dalam radiator mobil, koil dalam evaporator, juga pada komponen mesin. Konduktivitas listrik berdasarkan aluminium 2 kali lebih besar atau sekitar 60% berdasarkan dalam tembaga menggunakan perbandingan yang sama. Sehingga sangat cocok dipakai untuk peralatan listrik [16]. Meskipun aluminium adalah elemen logam yang tersedia secara luas pada bumi, tetapi aluminium adalah logam yang terbilang cukup baru, karena teknologi untuk memurnikannya dari oksidasi baru saja ditemukan oleh para ahli [17]. Akan tetapi, saat ini penggunaan aluminium sangat bervariasi mulai dari pengelasan, penempaan, dan pengecoran.

Dalam perkembangan industri Pengecoran aluminium memegang peranan yang sangat penting, karena aluminium menjadi salah satu jenis logam yang paling banyak digunakan diberbagai bidang industri. Dengan seluruh sifat-sifat yang luar biasa, tidak mengherankan bahwa paduan aluminium sudah tiba dan sebagai bagian krusial untuk memenuhi kebutuhan spesifikasi teknik dan industri. Pesatnya industri aluminium (Al) dikaitkan menggunakan paduan unik berdasarkan sifat yang membuatnya sebagai bahan serbaguna dan bahan konstruksi. Aluminium murni memiliki sifat mekanik yang buruk, maka perlu adanya penggabungan dengan unsur Si, Cu, Mn, Zn, Ni, Mg, dll supaya meningkatkan sifat mekanik dari aluminium.

2.2.1 Jenis-Jenis Paduan Aluminium

Aluminium dalam murni mempunyai sifat cor yang baik dan ketahanan terhadap korosi, akan tetapi tidak bisa dipakai secara berlebihan dikarenakan adanya sifat mekanis yang kurang baik. Untuk memperbaiki sifat mekanis dari aluminium perlu adanya penambahan unsur paduan lain guna mempertinggi sifat mekanisnya. Berdasarkan klasifikasinya aluminium paduan dibagi dalam tujuh jenis yaitu:

a. Paduan seri (1xxx)

Paduan seri (1xxx) merupakan jenis paduan Al-murni dengan tingkat kemurniannya sekitar 99% hingga 99,9%. Aluminium paduan Al-murni memiliki sifatnya yang baik dan memiliki ketahanan korosi, serta konduksi listrik yang membuat sifatnya mampu terhadap las, akan tetapi ada yang masih kurang cukup baik yaitu dilihat dari segi kekuatannya yang terbilang masih cukup rendah [5].

b. Paduan seri (2xxx)

Paduan seri (2xxx) merupakan jenis dari paduan Al-Cu yang cukup mampu diperlakukan panas, melalui pengelasan *deposisi* atau *elektroplating* untuk sifat mekaniknya. Paduan Al-Cu merupakan jenis paduan yang mempunyai daya hantar korosinya rendah jika dibandingkan dengan jenis paduan lainnya. Paduan ini dapat menyamai sifat dari baja lunak, dengan melalui tahap pengerasan endapan atau penyepuhan [4]. Paduan ini banyak digunakan dalam konstruksi pesawat terbang dan juga digunakan dalam pembuatan paku keling.

c. Paduan seri (3xxx)

Paduan seri (3xxx) merupakan jenis paduan Al-Mn yang tidak bisa diperlakukan panas sebagai akibatnya menaikkan kekuatannya hanya bisa diusahakan melalui pengerjaan dingin. Paduan ini mempunyai sifat yang seragam dengan jenis aluminium murni dalam hal ketahanannya terhadap korosi, sedangkan mengenai kekuatannya, jenis paduan Al-Mn jauh lebih unggul.

d. Paduan seri (4xxx)

Paduan seri (4xxx) merupakan jenis paduan Al-Si yang tidak bisa diperlakukan panas, paduan Al-Si pada keadaan cair memiliki sifat sanggup mengalir yang cukup baik dan pada mekanisme pembekuannya nyaris tidak ada terjadinya keretakan. Dikarenakan sifat-sifatnya, maka paduan Al-Si cukup besar dipakai menjadi bahan logam las pada pengelasan paduan aluminium baik cor maupun paduan tempa [5].

e. Paduan seri (5xxx)

Paduan seri (5xxx) ialah jenis paduan Al-Mg yang tidak bisa diperlakukan panas, namun memiliki karakter yang cukup baik pada daya tahan korosi, terpenting korosi terhadap air laut, dan pada sifat mampu lasnya. Paduan Al-Mg cukup besar dipakai tidak hanya pada konstruksi umum, namun serta dipakai dalam tangki-tangki penyimpanan gas alam cair dan oksigen cair. Paduan Al-Mg memiliki ketahanan korosi dan ringan, dengan seperti itu paduan Al-Mg bisa dipakai dalam pekerjaan konstruksi terpenting untuk wilayah yang berkorosif.

f. Paduan seri (6xxx)

Paduan seri (6xxx) merupakan jenis paduan Al-Mg-Si yang bisa diperlakukan panas serta memiliki sifat sanggup dalam pemotongan. Penambahan unsur Mg yang lebih sedikit pada aluminium membuat penguatan sedikit terjadi, melainkan apabila secara simultan mengandung (Si) lalu dapat dikeraskan dengan dilakukannya penguatan panas sehabis perlakuan pelarutan. Hal itu terjadi karena adanya paduan (Mg, Si) yang berfungsi sebagai zat murni yang membuat kesinambungan dalam komposisi biner semu dengan aluminium [18]. Adapun kelemahan dari paduan Al-Mg-Si adalah kekuatannya kurang apabila digunakan untuk bahan tempaan dibandingkan dengan paduan-paduan lainnya. Paduan Al-Mg-Si diperlukan untuk rangka konstruksi [18].

g. Paduan seri (7xxx)

Paduan seri (7xxx) merupakan jenis paduan Al-Zn yang bisa diperlakukan panas, sifat sanggup las dan memiliki kemampuan ketahanannya terhadap korosi kurang cukup baik. Kekuatan tarik yang dapat dicapai lebih berdasarkan 504 Mpa, sebagai akibatnya paduan Al-Zn dinamakan juga *ultra duralumin* yang tak jarang dipakai buat kerangka pesawat. Berbeda menggunakan kekuatan tariknya, sifat sanggup las dan kemampuan terhadap korosi kurang cukup baik. Jenis paduan Al-Zn-Mg saat ini sudah banyak dipakai pada rancangan las, dikarenakan jenis paduan ini akan lebih baik berdasarkan dalam paduan Al-Zn [5].

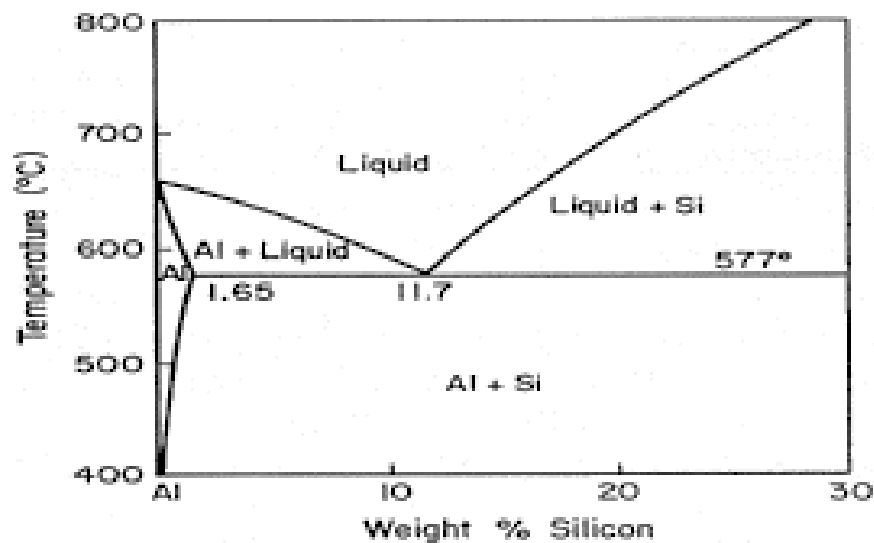
2.2 Diagram Fasa Al-Si

Paduan aluminium dapat digolongkan melalui beberapa campuran utama yang dikandungnya. Paduan aluminium seri (4xxx) merupakan paduan yang dicampur dengan silikon untuk memudahkan proses pengecoran, dan untuk mengurangi koefisien *ekspansi* termal paduan pada aluminium. Terbentuk dari 3 macam kandungan silikon pada diagram fasa Al-Si yaitu:

- a. *Hipoeutectik* adalah ketika adanya kandungan silikon sekitar $< 11,7\%$ dimana pada struktur akhir ini memiliki struktur *ferrite* (alfa), dengan struktur *eutectic* menjadi tambahannya.
- b. *Eutectik* terjadi ketika adanya kandungan silikon yang mengandung antara $11,7\%$ hingga $12,2\%$. Dalam campuran ini, adanya perubahan fasa dari cair ke padat paduan Al-Si dapat langsung membeku.
- c. *Hypereutectik* terjadi ketika adanya kandungan silikon lebih besar dari $12,2\%$ menjadi berlimpah akan silikon bersama fasa *eutectic* sebagai fasa pelengkap.

Pada diagram fasa paduan Al-Si merupakan tipe *eutectic* sederhana dengan titik *eutectic* pada 577°C , $11,7\%$ Silikon. Larutan padat yang kepadatan di sisi aluminium akibat adanya batas kelarutan padatan yang lemah, karena itu hampir tidak dapat mengharapkan pengerasan yang diharapkan. Dalam *hypereutectic* seperti $11,7$ sampai 14% , Si mengkristal dalam bentuk kristal

primer, akan tetapi karena adanya perlakuan diatas aluminium menjadi mengkristal dalam bentuk primer dan struktur *eutectic* menjadi lebih halus. Paduan Al-12%Si banyak digunakan pada pengecoran akan tetapi tidak diperlukan modifikasi. Sifat-sifat aluminium lebih ditingkatkan oleh elemen paduan [19]. Pada gambar dibawah ini menunjukkan diagram fasa Al-Si yang diperlukan sebagai paduan umumnya sebagai menganalisis transformasi fasa selama proses pengecoran paduan Al-Si.



Gambar 2.1 Diagram Fasa Al-Si

(Sumber: Danhardjo, 2020) [19]

2.3 Sifat Mekanik Paduan Aluminium Seri (4xxx)

Sifat mekanik pada paduan aluminium dipengaruhi akibat adanya konsentrasi pada bahan dan perlakuan yang dibagikan berdasarkan bahan tersebut. Paduan Al-Si ialah paduan dengan fluiditas yang terbilang amat sangat baik, memiliki luas permukaan cukup baik, tidak adanya *deformasi termal*, *castability* dan mempunyai kekuatan terhadap korosi terbilang amat sangat baik. konduktivitas listrik dan termal akan baik dalam pengelasan aluminium, paduan pengecoran maupun penempaan. Adapun paduan Al-Si yang dikombinasikan terhadap elemen lain sering digunakan untuk coran dalam dunia industri otomotif seperti piston, kepala silinder, pelek, dll [4].

Paduan jenis Al-Si (seri 4xxx) termasuk jenis paduan akan tidak bisa diperlakukan panas. Jenis campuran ini pada masa cair memiliki sifat sangat mengalir yang amat sangat baik serta pada proses pembekuannya mendekati tidak adanya terjadi keretakan. Dengan segala sifat-sifatnya, maka paduan jenis Al-Si sebagian besar dipakai menjadi bahan atau logam las pada pengelasan paduan aluminium baik paduan cor atau tempa [12]. Sifat yang paling krusial menurut aluminium merupakan keringannya dan kerapatan rendah yang hanya kurang lebih 3 kali lipat dari air, dimana berat jenisnya 1/3 dari baja atau besi. Aluminium termasuk logam yang bisa mendapat banyak perlakuan misalnya dilas, ditempa dan ditekan.

Paduan Al-Si mengantongi aplikasi yang luas dalam bidang teknik, karena mempunyai peranan penting membuat pemilihan Al-Si sebagai paduan pengecoran. Sifat dari paduan Al-Si amat sangat baik dalam pengecoran paduan. Selama masa cair dengan memiliki fluiditas yang baik, selama pengerasan hampir tidak ada keretakan, permukaan baik dan tidak ada rapuh, kekuatan terhadap korosi, memiliki berat jenis ringan, koefisien kecil, dan memiliki pengantar listrik serta panas yang amat sangat baik [4].

2.4 Pengecoran Logam

Pengecoran logam merupakan suatu proses manufaktur yang dibentuk berdasarkan logam yang dicairkan, kemudian dituang kedalam cetakan, lalu ditunggu sampai mendingin dan membeku untuk membentuk suatu geometri akhir produk [20]. Proses pengecoran logam adalah proses pembentukan produk didahului dengan mencairkan logam menuju tungku peleburan lalu dituang menuju cetakan yang sebelumnya dibentuk pola sampai logam cair tadi membeku dan selanjutnya dipindahkan dari cetakan [4]. Kebanyakan pengecoran perusahaan kecil tidak semuanya mempergunakan aluminium murni tetapi menggunakan *scrap* atau hasil dari peleburan yang sebelumnya dan pengecoran menggunakan aluminium mentah yang telah mengalami proses pengecoran yang disebut dengan *remelting* [21]. Pengecoran dipakai untuk menciptakan logam pada syarat panas sinkron menggunakan bentuk cetakan yang sudah dibuat. Metode pengecoran ini merupakan metode yang

menaruh kelentukan dan kemampuan yang tinggi sebagai akibatnya adalah proses dasar yang krusial pada pengembangan suatu industri [4]. Pengecoran dapat mengurangi bahan baku supaya tidak adanya material yang terbuang sia-sia, maka dari itu dapat menghemat biaya dalam produksi [22].

Pengecoran (casting) adalah suatu proses pembuatan bahan standar atau bahan benda kerja terbilang cukup mahal dimana pengendalian kualitas benda kerja dimulai semenjak bahan masih pada kondisi mentah. Proses pengecoran merupakan suatu teknik pembentukan produk dimana logam dilebur didalam tungku peleburan selanjutnya dituangkan ke dalam cetakan agar menyerupai bentuk asli dari suatu produk pengecoran yang akan diproduksi. Pengecoran dapat menghasilkan produk yang sangat tahan lama dan tahan terhadap gesekan karena mengalami perubahan fasa disaat logam meleleh dan saat logam mendingin. Adapun keuntungan dari proses pengecoran yaitu dapat membuat bentuk yang amat sangat rumit, dapat menggunakan berbagai macam logam, dan metodenya dapat dipabrikasi secara masal [20]. Proses pengecoran terdapat bahan cetakan yang berbeda-beda, antaranya yaitu terbuat dari pasir, logam, dan keramik. Tiap-tiap dari semua bahan cetakan ini dapat mempengaruhi kualitas logam cair. Keunggulan ini terutama terkait dengan karakteristik mekanik dan cacatnya yang terbentuk selama proses pengecoran hingga pembekuan [21].

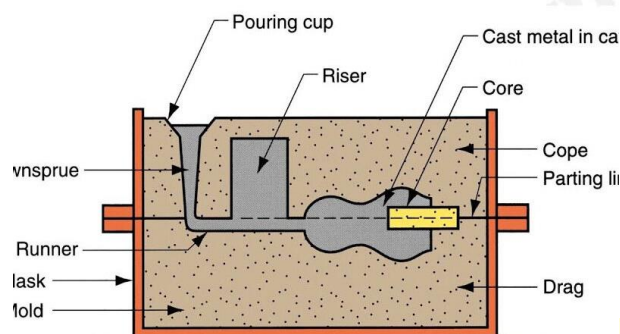
2.4.1 Jenis Jenis Pengecoran

Saat ini, terdapat metode pengecoran yang berbeda-beda, termasuk pengecoran umum dan pengecoran khusus. Cetakan adalah alat yang dipakai sebagai lokasi lelehan logam cair yang terbentuk menggunakan pola. Pembuatan cetakan selama proses pengecoran amat sangat penting untuk setiap pola. Cetakan logam dan cetakan pasir ialah cetakan yang dipakai selama proses pengecoran.

1. Pengecoran dengan cetakan pasir

Pengecoran dengan cetakan pasir (*sand casting*) merupakan suatu proses pengecoran logam dengan menggunakan pasir sebagai bahan

cetakannya. Proses pengecoran pasir modern yang khas mencakup beberapa tahapan yang berbeda, mulai dari peleburan, paduan, pengecoran, pemadatan, dan *finishing*. Selama proses pengecoran, pasir pengecoran didaur ulang dan digunakan kembali pada industri metalurgi. Ketika pasir pengecoran kehilangan kualitasnya dan tidak lagi cocok untuk digunakan lebih lanjut untuk tujuan pengecoran, pasir tersebut dikeluarkan dari industri pengecoran dan dibuang sebagai limbah [23]. Pada proses pengecoran menggunakan cetakan pasir terdapat bagian-bagian utama yaitu rongga cetakan (*cavity*), inti (*core*), sistem saluran masuk (*gating sistem*), saluran turun (*sprue*), *pouring basin*, *riser*. Dapat dilihat pada gambar 2.2 ialah skema melalui proses pengecoran dengan cetakan pasir.



Gambar 2.2 Skema Sand Casting

(Sumber: <https://www.coadengineering.com/>)

Perusahaan pengecoran pasir semi-otomatis dan semi-manual yang khas, mulai dari bahan baku dan input energi hingga produk keluaran dan emisi dalam pemrosesan produksi harus melalui beberapa proses seperti pencampuran pasir, dan pembuatan prototipe, perakitan cetakan, dan peleburan. Pengecoran memakai metode pasir biasanya menggunakan pasir alam dan pasir buatan yang didalamnya terkandung tanah liat. Konsumsi bahan pengecoran pasir berbeda dari produsen mesin lain di industri. Dalam proses pengecoran, beberapa bahan dapat didaur ulang kembali.

Pembuatan cetakan membutuhkan pola untuk membuat cetakan untuk pengecoran, pola ini dibuat agar terlihat seperti produk yang diinginkan, pola terbuat dari kayu karena dari kayu mudah untuk pembuatan pola dan murah dalam pembuatannya [4]. Pola kayu merupakan pola yang cukup mudah dibuat untuk membuat cetakan dalam proses pengecoran, karena cepat dan murah untuk dilakukan. Oleh karena itu, pola kayu sering digunakan untuk pengecoran pasir. Kayu yang digunakan untuk pola adalah kayu serui, kayu aras, kayu pinus, kayu mahoni, kayu jati dan lain-lain. Pemilihan kayu sesuai dengan jenis dan ukuran pada pola, jumlah yang dihasilkan dan jangka waktu pemakaian [4]. Adapun keunggulan dari pengecoran dengan cetakan pasir yaitu mencetak logam dengan titik lebur yang tinggi seperti baja, dan titanium, dapat memproduksi benda cor dengan berbagai ukuran, dapat memproduksi dengan jumlah yang banyak.

2. Pengecoran dengan cetakan logam

Pengecoran dengan cetakan logam (*Die casting*) adalah jenis casting dimana cetakannya terbuat dari logam, sehingga cetakan dapat digunakan kembali berkali-kali. Biasanya logam yang di cor adalah logam non-ferrous. Saat menggunakan cetakan logam yang digunakan harus memiliki titik leleh yang lebih tinggi dari logam cair atau cor [12]. Pengecoran logam dilakukan dengan cara menuangkan logam cair ke dalam cetakan, sehingga pengecoran yang dilakukan mengikuti cetakan karena adanya gaya gravitasi. Dalam hal ini, metode ini cocok untuk pengecoran sederhana, karena prosesnya mudah. Untuk mendapatkan kualitas cetakan yang baik, perlu ditentukan cetakan dan proses penuangannya.

Selama proses pengecoran, logam cair mengalir melalui kedalaman pintu cetakan, tidak menggunakan tekanan terkecuali tekanan itu berasal dari ketinggian logam cair dalam cetakan. Secara umum, logam cair dituangkan dengan kekuatan besar meskipun sering kali diperlukan tekanan pada logam cair atau setelah penuangan. Metode

ini dapat menghasilkan coran yang berkualitas tinggi dan lebih presisi. Namun, biaya pembuatan cetakannya tinggi, sehingga jika umur cetakannya lama, hanya dapat diproduksi secara ekonomis [4].

Cetakan logam adalah cetakan yang dapat memberikan coran dengan tingkat akurasi dimensi coran cukup terbilang sangat baik bila dibandingkan dengan cetakan pasir dan mempunyai permukaan coran terbilang cukup halus, memberikan tekstur dan sifat mekanik yang rapat dan daya ketahanan yang sangat baik dibawah tekanan. Disisi lain logam, efek pendinginan dari cetakan logam akan menghasilkan coran logam berbutir halus, sehingga membuat kekuatan maksimum karena semakin cepat laju pembekuannya akan menjadi semakin besar kekerasan dan kekuatan tarik yang sangat kuat. Selain itu, ada juga kelemahan dari suatu cetakan logam yaitu tidak cocok untuk jumlah produksi kecil dikarenakan biaya produksi yang tinggi. Kompleks pengecoran yang terbilang cukup sulit membuat cetakan logam sulit dan mahal untuk diproduksi dan memiliki ukuran detailnya yang terbatas [4].

2.5 Cacat Coran

Pada produk cetakan kemungkinan juga terjadi kecacatan, kecacatan kualitas dapat disebabkan oleh kesalahan dalam proses pengecoran. Cacat dapat didefinisikan juga dengan dimana pada saat kondisi dalam *casting* yang harus diperbaiki atau dihilangkan [24]. Cacat pada pengecoran dipengaruhi oleh beberapa hal, yaitu desain sistem saluran yang kurang sempurna, parameter proses, bahan baku, dan peralatan. Kesalahan pada pengecoran yang paling umum yaitu cacat penyusutan (*shrinkage*). Penyebab kegagalan adalah karena pembekuan atau pemadatan yang tidak merata dari sebuah produk [25].

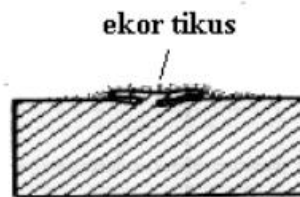
Cacat pengecoran dapat dihindari karena sangat mempengaruhi kualitas hasil yang mengubah dimensi dan sifat mekanik pada pengecoran. Cacat porositas yang terjadi karena pada saat pengecoran pasir (*sand casting*) disebabkan oleh: suhu casting terlalu tinggi, tidak cukup kontrol ketahanan yang cukup baik

terhadap penyerapan gas oleh campuran yang mengeluarkan gas dari logam karena interaksi gas dengan logam dalam suatu proses peleburan dan penuangan. Jumlah gas yang diserap atau dilarutkan dengan logam cair tergantung pada jenis bahan yang akan dilebur [26].

2.5.1 Macam-Macam Cacat Pengecoran

Berikut ini merupakan jenis cacat yang akan terjadi pada saat melakukan pengecoran logam yaitu:

- a. Cacat ekor tikus adalah cacat yang terjadi akibat hasil pemuaian pasir dari permukaan cetakan ketika adanya logam cair yang masuk ke permukaan. Untuk mencegah cacat seperti ini, hal ini dapat diperoleh dengan memikirkan mulai dari pembuatan cetakan, peleburan, hingga penuangan yang baik. Karena bentuknya yang menyerupai seperti ekor tikus, maka cacat ini disebut ekor tikus. Pada gambar 2.3 merupakan cacat ekor tikus.



Gambar 2.3 Cacat ekor tikus

(Sumber: Beeley, 2001)

- b. Cacat lubang datang dalam berbagai bentuk dan konsekuensi. Menurut bentuknya, cacat lubang berhasil dibagi membentuk rongga udara, lubang jarum, penyempitan bagian dalam, penyempitan bagian luar, dan rongga penyempitan. Lubang udara adalah cacat paling umum dari berbagai jenis. Rongga udara dapat muncul sebagai rongga pengecoran, terutama tepat dibawah permukaan bidang, yang merupakan rongga berbentuk bola. Mereka memiliki warna yang berbeda tergantung perihal pemicu cacatnya, yaitu warna karena

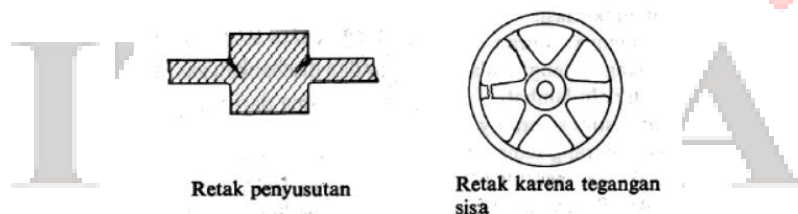
oksidasi atau warna non-oksidasi. Pada gambar 2.4 memperlihatkan cacat rongga udara.



Gambar 2.4 Cacat rongga udara

(Sumber: Beeley, 2001)

- c. Cacat retak dapat terjadi karena adanya terjadi susut atau tegangan sisa. Perencanaan pada bagian cetakan tiada mempertimbangkan prosedur pembekuan, seperti mana perbedaan tebal dinding coran yang tidak seragam. Retak penyusutan terjadi pada *fillet* coran yang tajam, salah satu retakan yang ditimbulkan oleh tegangan sisa adalah retak panas akan terjadi di temperatur tinggi dan retakan lainnya adalah retak temperatur rendah. Bagian yang menyusut tentu akan menarik logam yang belum cukup mengalami pemadatan, maka dari itu menyebabkan retak penyusutan. Retak penyusutan lebih mungkin terjadi di persimpangan pada dinding tebal dan sudut yang tajam. Cacat retak bisa dilihat pada gambar 2.5.

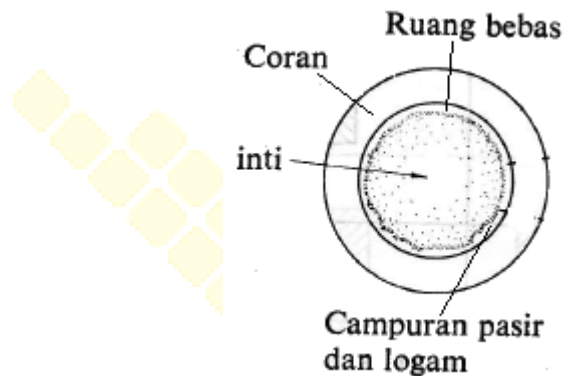


Gambar 2.5 Cacat retakan

(Sumber: Beeley, 2001)

- d. Cacat permukaan kasar akan mengakibatkan coran yang kasar pada area permukaan. Cacat permukaan kasar ini disebabkan karena ada beberapa faktor diantaranya yaitu: *mold drop*, cop terdorong ke atas,

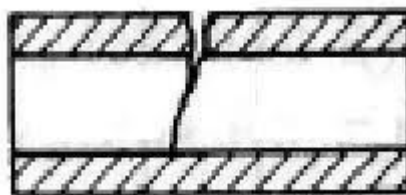
binder, *sintering*, dan intrusi logam. intrusi logam ialah cacat logam yang akan menembus permukaan coran, terutama menggunakan pasir. Kecacatan ini mudah muncul pada bagian suhu penyesuaian utamanya ialah logam cair akan memasuki ruang antara butiran pasir di permukaan cetakan dan bercampur dengan pasir. Cacat permukaan kasar bisa dilihat pada gambar 2.6.



Gambar 2.6 Cacat permukaan kasar

(Sumber: Beeley, 2001)

- e. Cacat alir disebabkan karena adanya logam cair yang hampir tidak mencukupi untuk mengisi rongga cetakan. Penyumbatan terjadi karena logam cair keluar dan membeku sebelum mengisi seluruh rongga cetakan. Pada gambar 2.7 bisa terlihat merupakan hasil cacat alir.



Gambar 2.7 Cacat alir

(Sumber: Beeley, 2001)

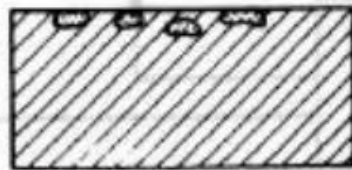
- f. Cacat kesalahan ukuran

Cacat kesalahan ukuran terbentuk karena salah langkah pada pembuatan pola. Ketidaksesuaian pola yang dibikin dengan ukuran coran yang diharapkan membuat cacat pada ukuran coran. kesalahan ukuran terjadi karena perluasan cetakan atau adanya laju penyusutan

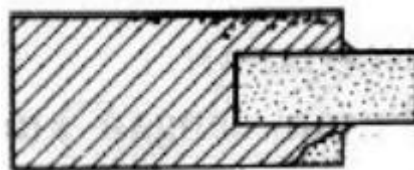
logam yang tinggi pada saat pembekuan. Memperhatikan pola dengan teliti dan cermat merupakan suatu pencegahan pada kesalahan ukuran.

g. Cacat inklusi dan struktur tak seragam

Cacat inklusi terbentuk pada saat proses peleburan, penuangan dan pembekuan karena adanya suatu bahan selain logam yang masuk kedalam cairan logam akibat adanya reaksi kimia selama proses tersebut berlangsung. Cacat inklusi bisa dilihat pada gambar 2.8.



Gambar 2.8 Inklusi terak
(Sumber: Beeley, 2001)



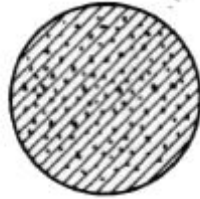
Gambar 2.9 Inklusi pasir
(Sumber: Beeley, 2001)

h. Cacat deformasi ialah cacat yang terjadi transformasi bentuk pada coran dikarenakan adanya gaya yang muncul pada saat penuangan hingga pembekuan. Cacat deformasi bisa dilihat pada gambar 2.10.



Gambar 2.10 Pergeseran
(Sumber: Beeley, 2001)

- i. Cacat-cacat tak tampak adalah cacat akan tidak terlihat oleh mata, dikarenakan cacat ini terdapat didalam coran maka dari itu tidak terlihat dari permukaan coran. Tekstur yang terjadi pada cacat ini adalah cacat struktur butir terbuka. Cacat ini akan membentuk semacam pori-pori barulah akan terlihat setelah dilakukan dengan mesin, seperti bisa dilihat pada gambar 2.11.



Gambar 2.11 Cacat struktur butir terbuka
(Sumber: Beeley, 2001)

2.6 Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan merupakan suatu sifat mekanik dari suatu material. Kekerasan suatu material perlu diketahui, terutama dalam material yang dalam pemakaiannya mendapatkan gesekan dalam proses pemakainnya (gesekan), ilmu teknik material memegang peranan yang penting dalam kajiannya. Pengujian kekerasan yang dilakukan melalui tekanan identer ke bagian atas logam yang diperkirakan kekerasannya. Identer umumnya berbentuk pyramid, bola, atau kerucut. Pengujian kekerasan umumnya dilangsungkan menggunakan identer dengan penuh hati-hati ke bagian atas benda uji secara tegak lurus (90°) [17].

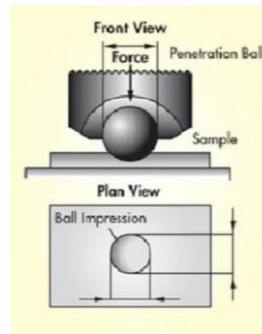
Pengujian kekerasan merupakan parameter yang signifikan dengan melihat kemampuannya pada suatu material dengan merubah bentuk ataupun merusakkan bentuk suatu material yang lebih lunak, maka hal ini dapat diprediksi yang sudah terkoneksi pada komputer. Teknik kekerasan kuantitatif bisa dilakukan melalui pemberian tekanan terhadap suatu material. Waktu dan nilai penekanan telah ditetapkan kebutuhan pada material yang akan dilakukan pengujian. Salah satu penunjang untuk mengidentifikasi kedalaman penekanan yaitu permukaannya yang halus. Pada pengujian kekerasan dapat

dilaksanakan hingga berulang-ulang sesuai jumlah titik penekanan yang akan dibutuhkan. Pengujian kekerasan umumnya disesuaikan dengan bahan, ukuran, dan kekerasan yang terbagi menjadi 3 cara pengujian yakni: pengujian kekerasan *brinell*, pengujian kekerasan *vickers*, dan pengujian kekerasan *rockwell*.

2.6.1 Pengujian Kekerasan Brinell

Pengujian kekerasan *brinell* merupakan pengujian kekerasan pada suatu material dengan cara menekan bola baja atau logam dengan amat sangat keras berdiameter terhadap bidang halus terhadap benda yang akan dilakukan pengujian pada suatu pengujian dengan mesin dengan kecepatan yang lambat. Dengan adanya suatu penekanan F dan N [4]. Pengujian kekerasan *brinell* dengan pengujian *rockwell* terdapat kemiripan. Indentor bola yang digunakan akan ditunjukkan pada material yang akan dilakukan pengujian. Jika material yang diuji keras maka pembebanan yang diberikanpun semakin besar juga.

Pengujian kekerasan *brinell* mempergunakan indentor yang terbuat dari bola baja. Teknik ini dilakukan dengan cara membuat lekukan material melalui lekukan pada permukaan benda yang akan dilakukan pengujian menggunakan beban tertentu kemudian diukur tanda tekanan yang dihasilkan oleh pembentukan [17]. Pengujian kekerasan ini berwujud lekukan terhadap permukaan logam dengan menggunakan bola baja yang dikeraskan kemudian ditekan pada beban tertentu. Bidang di mana lekukan akan dibuat secara halus dan rentan dari debu atau kerak. Nilai kekerasan dapat diketahui pada sela-sela beban indentasi yang diberikan (dalam satuan kg) kemudian dibagi luas (mm^2), seperti yang bisa dilihat pada gambar 2.12.



Gambar 2.12 Karakteristik Pengujian *Brinell*

(Sumber: <https://www.alatuji.com/>)

Metode yang digunakan pada pengujian *brinell* mengacu pada standar ISO 6506 dan ASTM E10, dengan menggunakan rumus perhitungan *brinell* adalah sebagai berikut:

$$HB = \frac{2p}{\pi D [D - \sqrt{D^2 - d^2}]} \quad (1)$$

Keterangan:

HB = Harga kekerasan brinell (daN/mm²)

P = Beban yang di tetapkan (kgf)

D = Diameter indenter (mm)

d = Diameter lekukan (mm)

2.6.2 Pengujian Kekerasan Vickers

Pengujian *vickers* adalah suatu pengujian yang mengaplikasikan indenter dengan bentuk seperti piramida dengan sudut bidang 136° sebagai penekan, yang asal mula berbentuk dari indenter seperti lekukan persegi. Pada pengujian ini menetapkan klasifikasi pembebanan dibawah pengujian *brinell* dan *rockwell*. Pengujian *vickers* memiliki klasifikasi pembebanan yang dipunyai sekitar 1 gram sampai 120 kg, dengan batas pembebanan dapat setimpal dengan kebutuhan spesimen.

Semakin tipis benda yang dilakukan pengujian, maka akan semakin kecil pula pembebanan beban yang akan dipilih. Pada pengujian kekerasan *brinell* sudut 136° ditetapkan karena pada nilai tersebut mengarah

separuh dari besar nilai perbandingan yang diinginkan antara diameter lekukan dengan diameter bola penekanan. Pengujian ini sesekali dinamakan pengujian kekerasan piramid intan lantaran penekanannya berbentuk piramid. Beban dibagi luas permukaan dampak penekanan merupakan definisi dari Angka penekanan kekerasan piramid. Dampak penekanan diukur dengan mikroskop ukur pada panjang diagonalnya. akibat tekanan yang berbentuk bujur sangkar tersebut didalam mesin uji akan dikemukakan di dalam monitor [4].

Pada pengujian *vickers* mempunyai beberapa keistimewaan seperti pengukuran yang teliti, dan range ukurannya yang besar, serta penekanan indentasi kecil. Disatu sisi, pengujian ini mempunyai kelemahan yaitu ada kalanya terjadinya kesalahan dalam pengukuran, tidak digunakan pada pengujian yang berkali-kali dikarenakan pengujiannya yang sangat terbelakang dan pengujian ini juga perlu persiapan dari material yang terbilang cukup rumit. Ada alat pengujian kekerasan *vickers* spesifik yakni untuk mengatur segresi yang terjadi pada struktur logam dengan bantuan berupa mikroskop [17]. Metode yang digunakan pada pengujian kekerasan *vickers* berpedoman pada standar ISO 6507 dan ASTM E384. Bahan yang dibagi luas bidang lekukan merupakan definisi dari angka kekerasan *vickers*, luas ini dihitung semenjak pengukuran mikroskop panjang diagonal jejak. VHN bisa ditentukan dari persamaan berikut:

$$HV = \frac{2 p \sin(\frac{\emptyset}{2})}{d^2} = \frac{(1,854)P}{d^2} \quad (2)$$

Keterangan:

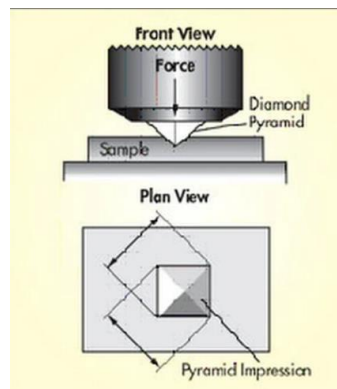
P = Beban yang diterapkan (kgf)

$\emptyset$ = Sudut antara permukaan intan yang berhadapan = 136°

d = Panjang diagonal rata-rata (μm)

Karena bekas yang dibuat melalui penekanan, maka menurut geometris dan tidak adanya permasalahan yang berhubungan dengan ukurannya,

hingga VHN tidak bergantung pada beban. Berdasarkan gambar 2.13 merupakan pembebanan pada pengujian kekerasan *vickers*.



Gambar 2.13 Pengujian Vickers

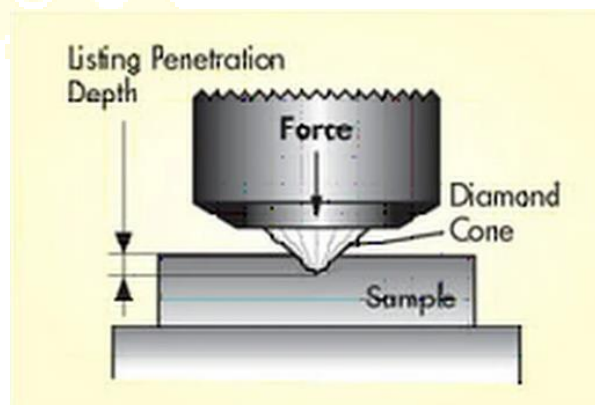
(Sumber: <https://www.alatuji.com/>)

2.6.3 Pengujian kekerasan Rockwell

Pengujian kekerasan *rockwell* menjadi salah satu pengujian yang banyak diaplikasikan untuk mengukur nilai kekerasan pada suatu material. Dikarenakan penerapan yang terbilang cukup konvensional dan tidak mesti mempunyai keterampilan yang khusus. Pengujian kekerasan *rockwell* didasarkan berdasarkan pada kedalaman pada suatu benda yang akan dilakukan pengujian. Jika suatu material semakin keras yang akan dilakukan pengujian, maka dari itu akan semakin sedikit tekanan yang akan diberikan. Di sisi lain, semakin besar tegangan pada bahan benda uji, maka akan semakin lembut bahan benda uji. Pengujian kekerasan *rockwell* memiliki tujuan yaitu untuk mengetahui kekerasan suatu bahan yang akan ditinjau dari ketahanan bahan uji yang berupa bola baja atau kerucut berlian. Benda yang akan dilakukan pengujian akan dilakukan penekanan ke permukaan bahan yang diuji. Pengujian kekerasan *rockwell* sangat cocok dalam semua bahan keras dan lunak, sehingga mudah digunakan dan mudah dilakukan penekanan [4].

Pengujian kekerasan ini dapat diukur mempergunakan alat penguji kekerasan *rockwell*. Kerucut diamon atau bola baja yang ditindis sampai ke permukaan dan elemen dalam alat tekan yang akan diukur. Kekerasan

rockwell diperoleh dengan mengukur kedalaman kompresi yang ditunjukkan dengan jarum indikator yang dipasang pada pahat. Untuk mengetahui suatu kekerasan dari aluminium perlu memakai alat uji *rockwell* dengan indikator nilai kekerasan yang dipakai adalah angka *HRB* (*Rockwell Ball Hardness*) [17]. Setelah menjalankan pengujian dengan memperhatikan lekukan pada penekanan indentor yang diberikan barulah bisa terlihat nilai kekerasan *rockwell*. Metode yang dipakai pada pengujian kekerasan *rockwell* mengacu pada ISO 6508 dan ASTM E18. Berdasarkan pada gambar 2.14 merupakan pengujian kekerasan *rockwell*.



Gambar 2.14 Pengujian Kekerasan Rockwell

(Sumber: <https://www.alatuji.com/>)

2.7 Pengujian Struktur Mikro

Struktur mikro ialah sebuah perkumpulan dari beberapa fasa yang cuma dapat dipelajari melalui uji metalografi. Uji metalografi merupakan ilmu logam yang mempelajari spesifikasi dan struktur suatu logam pada skala mikro menggunakan mikroskop optik. Pengujian struktur mikro dikerjakan guna mengetahui adanya sifat fase yang terdapat didalam spesimen aluminium yang akan diuji. Dengan menggunakan spesimen uji yang telah dihaluskan supaya dapat terlihat kandungan di dalam benda uji tersebut.

Pengujian struktur mikro mengimpilkasikan beberapa teknik yang akan dilakukan sebelum melakukan pengujian. Hal ini bisa dilakukan melalui metode pengamplasan memakai kertas amplas atau juga bisa memakai mesin

untuk menghasilkan bidang yang halus. Mesin yang dipakai yaitu polishing grinding. Maksud dan tujuan memakai mesin ini untuk mempermudah selama proses persiapan material pada penghalusan sampel. Maka dari itu, material yang sudah halus nantinya bisa langsung dilakukan pengujian struktur mikro memakai mikroskop optik.

2.8 Tinjauan Pustaka

Pada tinjauan pustaka merupakan penelitian sebelumnya yang diperlukan untuk dijadikan perbandingan sebagai inspirasi baru pada penelitian selanjutnya. Peneliti mencantumkan berbagai macam hasil penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan penelitian yang ingin dikerjakan, penelitian yang dicantumkan berupa skripsi, journal, dan sebagainya. Adapun penelitian sebelumnya yang digunakan dengan penulis adalah sebagai berikut:

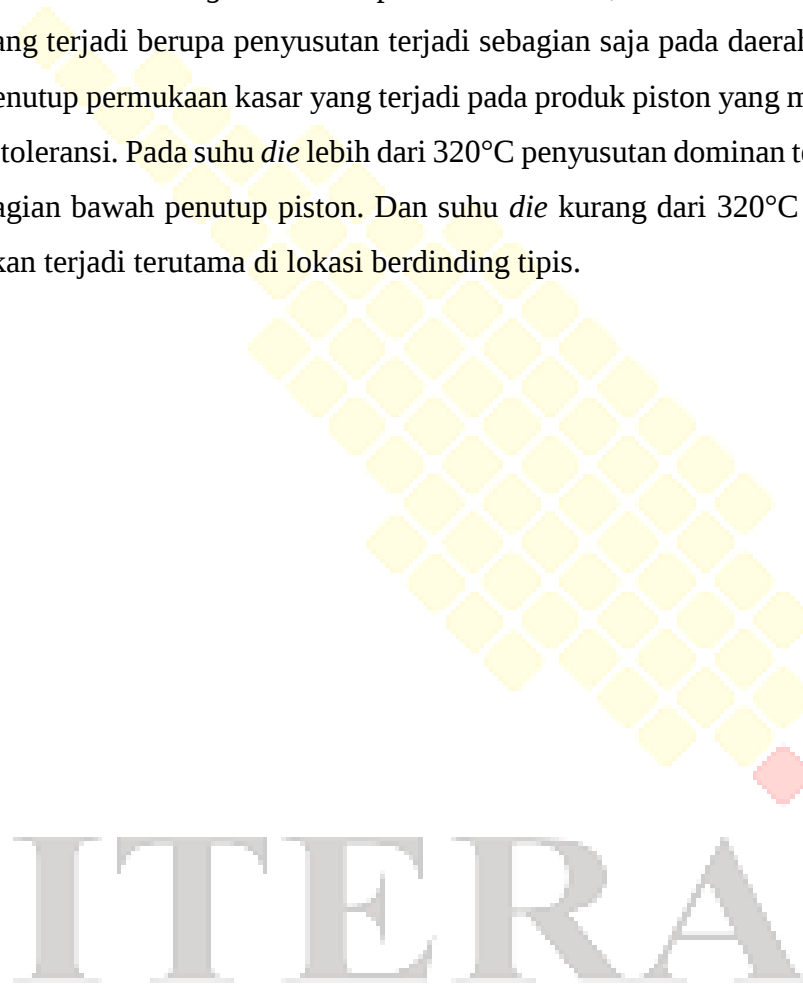
- a. Klemens, A, dkk, 2019 [27] berjudul *Study on effect of temperature melting and pouring to mechanical properties* Aluminum 7075. Dengan melakukan penelitian tentang perbandingan peleburan aluminium dan pengecoran aluminium paduan seri 7075 pada cetakan pasir. Temperatur peleburan yang digunakan adalah 770°C dengan temperatur tuang 715°C, 730°C, 740°C, 750°C, dan 770°C. dari penelitian ini didapatkan hasil peningkatan temperatur pengecoran pada pengecoran paduan aluminium 7075. Pada penelitian ini terjadi peningkatan kekerasan pada pengecoran pada temperatur pengecoran 750°C pada sampel 1 sebesar 78,4 HB, pada sampel 2 sebesar 79 HB dan sampel 3 sebesar 76 HB maka kekerasan menurun pada temperatur pengecoran 770°C dimana pada sampel 1 sebesar 55,6 HB, sampel 2 sebesar 62 HB dan sampel 3 sebesar 60,6 HB.
- b. Wahyu Fajar, 2018 [11] berjudul pengaruh variasi temperatur tuang terhadap hasil coran aluminium (Al) dengan cetakan pasir. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh perubahan temperatur pengecoran terhadap sifat mekanik dan cacat coran. Material yang dipakai ialah aluminium yang dilebur kembali dalam tungku peleburan kemudian aluminium cair tersebut dicor dalam cetakan pasir, dengan variasi temperatur pengecoran yaitu 670°C, 690°C, dan 710°C. Pada penelitian ini

mendapatkan hasil cacat porositas produk cetakan pada suhu cetakan 670°C, cacat porositas lebih rendah dibandingkan produk cetakan pada suhu cetakan 690°C dan suhu cetakan 710°C. Temperatur tuang yang memiliki nilai kekerasan terbaik adalah pada temperatur tuang 710°C. Temperatur tuang 710°C memperoleh rata-rata kekasaran sebesar 99,375 HVN, pada temperatur tuang 690°C memperoleh sebesar 92,308 HVN, dan temperatur tuang 670°C memperoleh sebesar 80,924 HVN. Dari penelitian ini menunjukkan temperatur tuang 710°C terlihat butiran Si yang berbentuk sangat panjang seperti jarum yang berwarna gelap tersebar merata pada permukaan aluminium, yang menandakan memiliki nilai kekerasan yang tinggi.

- c. Rudi Siswanto, 2018 [28] berjudul analisis pengaruh temperatur dan waktu peleburan terhadap komposisi Al dan Mg menggunakan metode pengecoran tuang. Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh suhu dan waktu peleburan terhadap komposisi Al dan Mg pada paduan. Metode pengecoran yang digunakan adalah tuang, dimana logam cair dituangkan ke dalam cetakan tanpa tekanan apapun dan kemudian dibiarkan memadat dalam cetakan ketika didinginkan sampai suhu ruang. Paduan Al-Mg dilebur dalam tungku pada suhu temperatur 650°C, 700°C, dan 750°C dengan waktu lebur 5,10,15 menit, kemudian dituangkan ke dalam cetakan logam (suhu 200°C), kemudian dibekukan dan didinginkan dalam cetakan. Hasil percobaan mendapatkan bahwa semakin tinggi suhu lebur, maka semakin tinggi komposisi Al pada paduan cenderung meningkat, sedangkan kandungan Mg semakin menurun. Semakin lama waktu lebur maka akan semakin banyak kandungan Al pada paduan. Suhu waktu lebur optimum adalah 650°C, selama 510 menit, 700°C selama 5 menit.
- d. Aang Kurniawan, 2013 [29] dengan judul pengaruh temperatur cetakan pada cacat visual produk piston dengan metode die casting. Penelitian ini bertujuan untuk untuk memperoleh kualitas produk piston yang baik. Metode pengecoran yang digunakan yaitu die casting. Material yang digunakan adalah aluminium bekas dan paduan aluminium tambahan ADC12 yang komposisi silikonnya < 12%. Variabel yang dipilih dalam

penelitian ini adalah temperatur die (250°C, 320°C, 350°C dan 400°C) dan temperatur cor 800°C. Persiapan pengecoran dengan cara melebur aluminium bekas dan ADC12 yang nantinya akan diproses pengecoran. Hasil menunjukkan cacat pengecoran yang terjadi antara lain *cold close*, *shrinkage*, permukaan kasar dan porositas.

Temperatur *die* yang optimal pada proses pengecoran produk piston dengan metode *die casting* adalah temperatur *die* 320°C, karena cacat temperatur yang terjadi berupa penyusutan terjadi sebagian saja pada daerah di bawah penutup permukaan kasar yang terjadi pada produk piston yang masih dapat ditoleransi. Pada suhu *die* lebih dari 320°C penyusutan dominan terjadi pada bagian bawah penutup piston. Dan suhu *die* kurang dari 320°C *cold close* akan terjadi terutama di lokasi berdinding tipis.



ITERA