

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Hasil Penelitian Sebelumnya

Berbagai penelitian tentang kekerasan dan struktur mikro ini sudah banyak dilakukan oleh beberapa peneliti. Ada banyak tinjauan pustaka yang melandasi munculnya gagasan untuk meneliti judul yang ditulis karena adanya dorongan untuk mencari metode baru pengujian kekerasan dan struktur mikro dalam pemanfaatan aluminium bekas sehingga dapat membantu dalam menyusun proposal penelitian ini. Ada banyak jurnal penelitian yang dilakukan tentang materi yang disajikan.

Penelitian yang dilakukan (Fadly A Kurniawan dan Ikhwansyah Isranuri, 2016) Meneliti tentang Pembuatan paduan Al-Mg dilakukan dengan menggunakan metode pengecoran. Komposisi paduan yang akan diteliti adalah 98% - 2%, 96% - 4%, dan 94% - 6% (perbandingan Aluminium - Magnesium). Dari hasil pengujian tarik didapatkan modulus elastisitas paduan Al-Mg dengan komposisi 98%-2% sebesar 4.44 GPa. Untuk paduan 96%-4% sebesar 4.46 GPa, dan untuk paduan 94%-6% sebesar 3.56 GPa. Hasil terbaik didapatkan dari komposisi 96%-4% yaitu sebesar 4,46 GPa.

Penelitian yang dilakukan oleh (Siproni dkk, 2018) Pengaruh Proses Pengecoran Terhadap Sifat-Sifat Mekanis Pada Baling-Baling Perahu Motor. Pada material aluminium untuk pembuatan baling-baling motor ketek proses pembentukan menggunakan cetakan pasir dan cetakan logam tidak terlalu berpengaruh secara signifikan terhadap kekuatan mekanisnya, tetapi untuk proses pencetakan dengan cetakan pasir mempunyai sifat mekanis yang lebih baik dari cetakan logam yaitu . 76,187 MPa untuk *Tensile Strength* dan 53,836 HB untuk kekerasan. Untuk Material Kuningan untuk pembuatan baling-baling motor ketek proses pembentukan dengan menggunakan cetakan yang berbeda mempunyai pengaruh yang cukup signifikan, dimana proses dengan menggunakan cetakan

pasir mempunyai sifat mekanis yang lebih baik dari cetakan logam yaitu 343,495 MPa untuk *tensile strength* dan 84,365 HB untuk kekerasan.

(Hidayat dan Slamet, 2010) meneliti tentang pengaruh model saluran tuang pada cetakan pasir terhadap hasil cetakan dengan menggunakan variasi cawan tuang (basin) yaitu offset basin dan stepped offset basin. Dari pemeriksaan mikrofografi menunjukkan penggunaan cawan tuang offset basin maupun offset stepped basin didapat nilai cacat porositas lebih kecil dibandingkan tanpa cawan tuang.

(Rudi Siswanto, 2014) meneliti tentang pengaruh temperatur dan waktu peleburan terhadap komposisi Al dan Mg dalam paduan. Metode pengecoran yang digunakan adalah pengecoran tuang dimana suatu logam cair dituang ke dalam cetakan tanpa adanya tekanan, selanjutnya dibiarkan membeku dalam cetakan dengan pendinginan temperatur ruang. Tungku untuk peleburan menggunakan tungku jenis krusibel dan cetakan dari logam Material untuk pengecoran digunakan paduan aluminium magnesium (Al-17%Mg) sekrap. Paduan Al-Mg dilebur dalam tungku pada variasi temperatur 650 °C, 700 °C dan 750 °C dengan waktu peleburan 5, 10 dan 15 menit, kemudian dituang dalam cetakan logam (temperatur 200 °C), dan selanjutnya dibiarkan membeku dan dingin dalam cetakan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa semakin tinggi temperatur peleburan komposisi Al dalam paduan cenderung semakin meningkat, sedangkan komposisi Mg semakin menurun. Semakin lama waktu peleburan komposisi Al dalam paduan cenderung semakin meningkat, sedangkan komposisi Mg semakin menurun. Temperatur dan waktu peleburan optimum adalah 650 °C waktu 5-10 menit, 700 °C waktu 5 menit.

(Hary Subianto dkk, 2019) meneliti tentang penguatan logam diantaranya dapat dilakukan dengan cara; logam paduan, mengatur ukuran butiran, pengerjaan dingin dan perlakuan panas. Dalam penelitian ini dilakukan penambahan paduan Magnesium (Mg) pada aluminium paduan Al 7% Si (A356.0) sebesar (0.2, 0.25, 0.30, 0.35 % Mg) dan dilanjutkan perlakuan panas T6. Pengujian yang dilakukan adalah; uji tarik, uji kekerasan dan metalographi. Pengujian kekerasan juga

diberlakukan langsung pada velg mobil guna konfirmasi data dari hasil uji specimen.

Penambahan Magnesium sebesar 0.2, 0.25, 0.30, 0.35 % Mg berpengaruh terhadap kenaikan kekuatan tarik, dan penurunan keuletan serta kenaikan nilai kekerasan, baik untuk benda cor sebelum dan sesudah perlakuan panas T6. Perlakuan panas T6 berpengaruh terhadap kenaikan kekuatan tarik, dan penurunan keuletan, serta kenaikan nilai kekerasan, dari benda cor sebelum dan sesudah perlakuan panas T6.

2.2 Pengertian Pengecoran

Casting (pengecoran) adalah proses pembuatan benda kerja dari logam cair tanpa disertai tekanan pada saat logam cair mengisi rongga cetakan dan kemudian dibiarkan hingga membeku. Pengecoran merupakan suatu proses manufaktur untuk membuat produk yang memiliki bentuk geometri mendekati bentuk asli dari produk cor yang akan di buat. Penggunaan jenis cetakan yang tepat dapat meningkatkan hasil produksi baik dari segi kualitas maupun kuantitas. Menurut (Suhardi, 1987) untuk jenis cetakan ditinjau dari bahan cetakan yang dipakai dibagi menjadi dua yaitu cetakan pasir dan cetakan logam.

Proses pengecoran meliputi: pembuatan cetakan, persiapan dan peleburan logam, penuangan logam cair ke dalam cetakan, pembersihan coran dan proses daur ulang pasir cetakan. Produk pengecoran disebut coran atau benda cor. Berat coran itu sendiri berbeda, mulai dari beberapa ratus gram sampai beberapa ton dengan komposisi yang berbeda, mulai dari beberapa ratus gram sampai beberapa ton dengan komposisi yang berbeda dan hampir semua logam atau paduan dapat dilebur dan dicor.

Proses pengecoran secara garis besar dapat dibedakan dalam proses pengecoran dan proses pencetakan. Pada proses pengecoran tidak digunakan tekanan sewaktu mengisi rongga cetakan, sedang pada proses pencetakan logam cair ditekan agar mengisi rongga cetakan. Karena pengisian logam berbeda, cetakan pun berbeda, sehingga pada proses pencetakan cetakan umumnya dibuat

dari logam. Pada proses pengecoran cetakan biasanya dibuat dari pasir meskipun ada kalanya digunakan pula plaster, lempung, keramik atau bahan tahan api lainnya.

2.3 Proses Peleburan Logam

Peleburan logam merupakan aspek terpenting dalam operasi-operasi pengecoran karena berpengaruh langsung pada kualitas produk cor. Pada proses peleburan, mula-mula muatan yang terdiri dari logam dimasukkan ke dalam tanur. Dalam prosesnya peleburan bahan logam ini tidak terlalu sulit hanya memerlukan pemanasan hingga mencapai temperatur cair hingga bahan mencair secara menyeluruh, hal ini akan berbeda tergantung kepada jenis klasifikasi dari bahan tuangan tersebut. Sifat cair dari suatu bahan dapat dibandingkan dengan sifat cair dari air namun sifat cair dari bahan padat seperti logam akan terjadi apabila terjadi perubahan temperatur terhadap bahan padat itu sendiri, dimana terbentuknya bahan padat ini disebabkan oleh adanya gaya-gaya elektro magnetik dari partikel atom yang saling mengikat satu sama lainnya jika bahan tadi berada pada temperatur ruangan. Pada temperatur tertentu, seperti logam *Ferro hypo-eutectoid* maupun *hyper-eutectoid* akan berubah strukturnya apabila dipanaskan pada temperatur di atas 723°C . Temperatur ini hanya akan mengubah struktur bahan ini artinya secara visual dapat dilihat baja masih dalam keadaan padat, namun demikian struktur atomnya sudah mulai terbuka dan dengan peningkatan temperatur bahan akan mendekati titik awal pencairan. Pada titik awal dimana proses pencairan itu terjadi, sebagian besar dari komposisi bahan masih dalam keadaan padat, bahkan pada temperatur dimana proses pencairan terjadi secara menyeluruh, laju aliran akan berbeda dengan sifat cair dari air tersebut disamping pengaruh gravitasi yang dipengaruhi oleh berat jenis dari bahan itu sendiri.

Tabel 2.1 Koefisien kekentalan dan tegangan permukaan logam cair

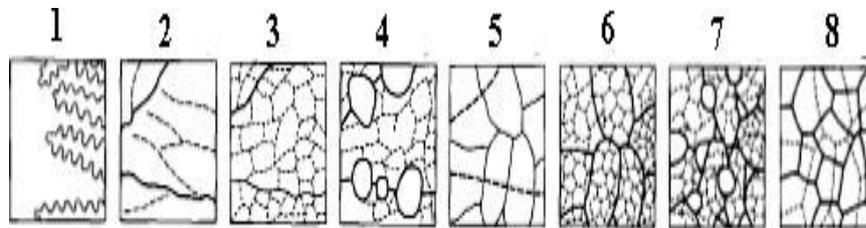
Bahan	Titik Cair (°C)	Berat Jenis (G/Cm ³)	Koefisien Kekentalan (G/Cm.Detik)	Koefisien Kekentalan Kinetik (Cm ² /Detik)	Tegangan Permukaan (Dine/Cm)	Tegangan Permukaan Berat Jenis
Air	0	0,9982	0.010046	0.010064	72	72
Air Raksa	-38.0	13.56	0.01547	0.00114	465	34.5
Tin	232	5.52	0.01100	0.00199	540	97.8
Timbal	327	10.55	0.01650	0.00156	450	42.6
Seng	420	6.21	0.03160	0.00508	750	120
Aluminium	660	2.35	0.0055	0.00234	520	220
Tembaga	1033	7.84	0.0310	0.00395	581	74
Besi	1537	7.13	0.000	0.00560	970	136
Titanium	1663	4,5	0.0075	0.00422	626	240

(Sumber: Hardi Sudjana, 2008)

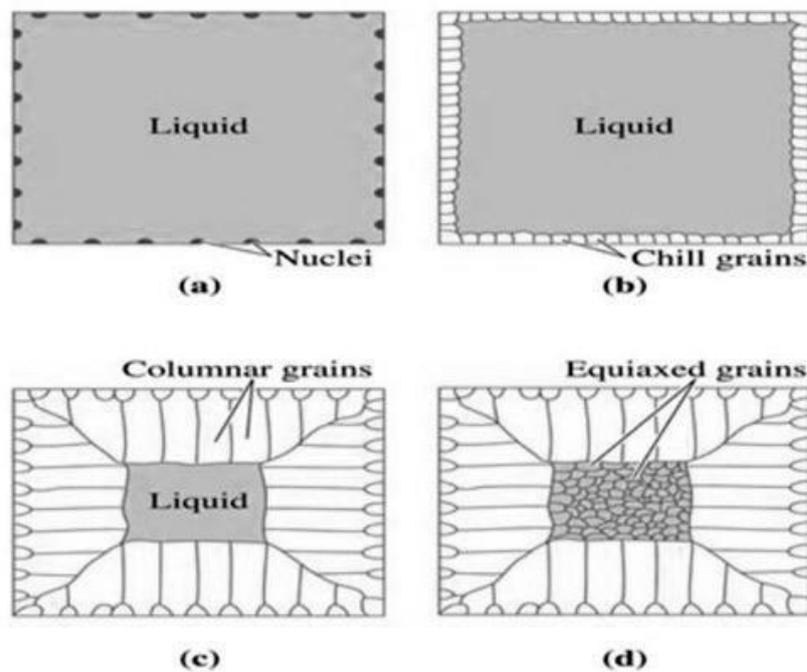
2.4 Proses Pembekuan Logam

Proses pembekuan logam cair dimulai dari bagian logam cair yang bersentuhan dengan dinding cetakan, yaitu ketika panas dari logam cair diambil oleh cetakan sehingga bagian logam yang bersentuhan dengan cetakan itu mendingin sampai titik beku. Selama proses pembekuan berlangsung, inti-inti kristal tumbuh. Bagian dalam coran mendingin lebih lambat daripada bagian luarnya sehingga kristal-kristal tumbuh dari inti asal mengarah ke bagian dalam coran dan butir-butir kristal tersebut berbentuk panjang-panjang seperti kolom. Struktur ini muncul dengan jelas apabila gradien temperatur yang besar terjadi pada permukaan coran besar. Akibat adanya perbedaan kecepatan pembekuan, terbentuklah arah pembekuan yang disebut dendritik. Permukaan logam hasil coran yang halus merupakan efek dari logam yang mempunyai daerah beku yang sempit, sedangkan permukaan logam hasil cor yang kasar merupakan efek dari logam yang mempunyai daerah beku yang lebar. Cetakan logam akan

menghasilkan hasil coran dengan permukaan yang lebih halus dibandingkan dengan cetakan pasir.

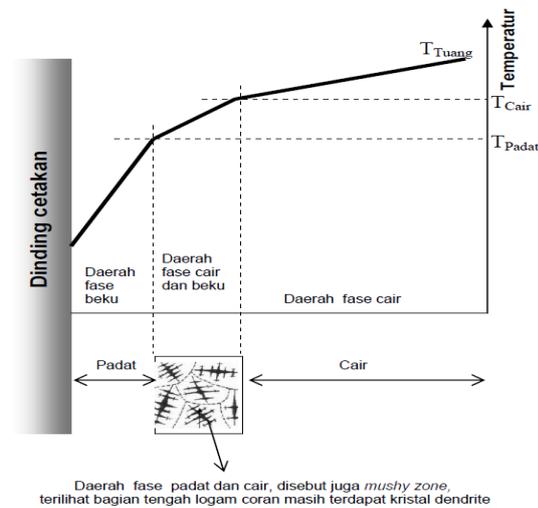


Gambar 2.1 Proses Pembekuan Logam Cair
(Sumber : Andrianto, 2016)



Gambar 2.2 Pembekuan logam coran dalam cetakan
(Sumber : Andrianto, 2016)

Logam yang dicairkan akan mengalami pembekuan atau mengeras di dalam cetakan atau terjadi *solidifikasi*. Cepat atau lambatnya terjadinya *solidifikasi* dipengaruhi oleh sifat-sifat termal logam tersebut dan bahan cetakan, volume dan luas permukaan bidang kontak logam-dinding cetakan serta bentuk pola. Selain itu, ukuran, bentuk dan komposisi kimia logam yang di cor berpengaruh juga pada proses *solidifikasi*. Proses *solidifikasi* logam cair di dalam cetakan ditunjukkan pada Gambar 2.9



Gambar 2.3 Skema Solidifikasi Logam Cair Di Dalam Cetakan
(Sumber : Andrianto, 2016)

Daerah *mushy* atau daerah yang mengalami dua fase sekaligus yakni padat dan cair memiliki lebar rentang perbedaan temperatur atau disebut rentang beku (*freezing range*) sebagai berikut.

$$Freezing\ range = T_{Cair} - T_{padat} \dots\dots\dots (2.1)$$

Untuk logam murni memiliki nilai freezing range mendekati harga nol sedangkan untuk logam paduan berkisar antara 50 °C-110 °C. Semakin besar perbedaan temperatur freezing range maka semakin lebar daerah mushy yang berdampak pada laju proses solidifikasi akhir lebih lama. Selama proses solidifikasi logam coran akan mengalami penyusutan (*shrinkage*) yang harus bisa dicegah dengan mengontrol aliran logam cair dan desain cetakan yang baik. Sedangkan waktu solidifikasi coran dihitung menggunakan aturan Chvorinov sebagai berikut :

$$Waktu\ solidifikasi = C \frac{V}{A^2} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana: C = Konstanta yang merefleksikan bahan logam coran dan temperatur.

v = Kecepatan Aliran Cairan Logam (m/s)

A¹=LuasDaerahPenampang (m)

A²=LuasDaerahPenampang (m)

Persamaan diatas menjelaskan bahwa ukuran coran yang besar akan lebih lambat terjadi *solidifikasi* dibandingkan dengan benda coran ukuran kecil.

2.5 Penambahan Ukuran Untuk Penyusutan

Karena perubahan logam cair menjadi beku, maka ukuran-ukuran akan menyusut menjadi lebih kecil. Penyusutan ini tergantung dari bahan benda tuang, ukuran, bentuk benda tuang, dan bahan cetakan serta kekuatan inti. Untuk mendapatkanketepatan ukuran benda tuang, pembuatan model harus menambah ukuran penyusutan.

Penambahan ukuran penyusutan bagian luar benda tuang lebih besar dari pada ukuran bagian dalam benda tuang, maksudnya untuk keamanan ukuran sehingga setelah diadakan pengukuran hasil benda tuang akan mudah memperbaiki bagian dalam model atau kotak inti sehingga mencapai ukuran yang dikehendaki.

Tabel 2.2 Penyusutan untuk beberapa macam logam

Macam Logam	Penambahan Ukuran	Rata-rata dalam Pemakaian
Besi Tuang Kelabu	0,5 - 1,2	1
Besi Tuang Maleable	0,85 - 1,05	1
Besi Tuang Putih	2,1	2
Besi Tuang Nodular	1,2 - 1,8	1,5
Aluminium	1,1 - 1,5	1,25
Magnesium	1,3	1,25
Kuningan	1,3 - 1,6	1,5
Perunggu	1,05 - 1,6	1,25
Perunggu Fosfor	1,05 - 1,6	1,25
Titanium	3,1	5,5

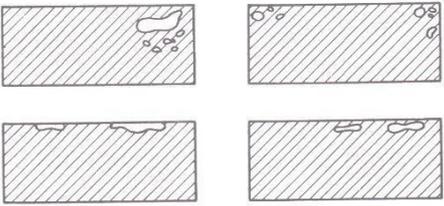
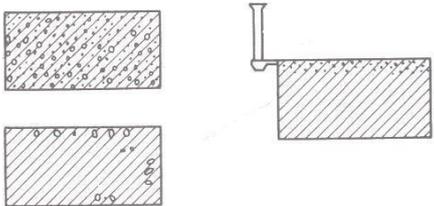
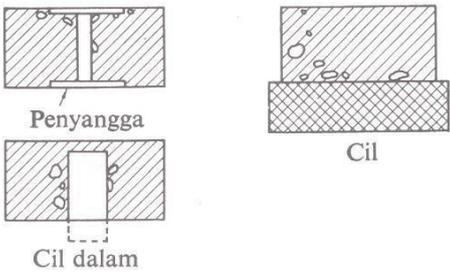
(Sumber : Fathur, 2019)

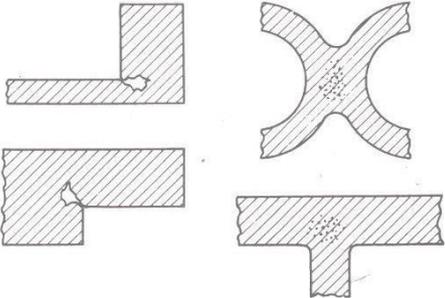
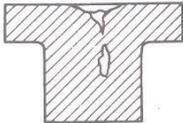
2.6 Cacat Hasil Pengecoran

Komisi pengecoran internasional telah membuat penggolongan dari cacat cacat coran. Menurut komisi tersebut penggolongan dalam rupa dibagi menjadi sembilan kelas, yaitu ekortikustakmenentu atau kekasaran yang meluas, lubang-lubang, retakan, permukaan kasar, salahalir, kesalahan ukuran, inklusi dan struktur yang tidak seragam, deformasi dan melintir, cacat yang tak tampak.

Cacat-cacat tersebut umumnya disebabkan oleh perencanaan, bahan yang dipakai (bahan yang dicairkan, pasir dan sebagainya), proses (mencairkan, pengolahan pasir, membuat cetakan, penuangan, penyelesaian dan sebagainya) atau perencanaan coran. Walaupun terdapat cacat yang sama belum tentu disebabkan oleh sebab yang sama juga. Gambar-gambar dibawah ini menunjukkan cacat coran yang sering terjadi.

Tabel 2.3 Cacat–Cacat Pada Coran

Nama Cacat	Gambar Skema
1. Rongga udara	
2. Lubang jarum	
3. Rongga gas oleh cil	

4. Penyusutan dalam	
5. Penyusutan luar	

(Sumber : Agustiawan, 2016)

2.7 Tanur Peleburan

Dalam Pengecoran logam diperlukan suatu tanur atau ladle dimana tanur tersebut memuat cairan logam yang akan di tuangkan ke cetakan suatu produk atau benda kerja. Dan Jenis-jenis tanur/ladle dalam pengecoran logam sebagai berikut :

a. Tanur Besalen

Tanur baselen merupakan tanur yang digunakan ratusan tahun lalu pada awal mula industri pengecoran logam. Tanur ini berbentuk pipa yang terbuat dari batu bata dan dilapisi tanah agar tahan api. Tanah yang digunakan untuk membuat tanur ini berasal dari bayat. Bahan bakar tanur baselen adalah kayu yang baranya dihembuskan dengan blower.



Gambar 2.4 Tanur Besalen

b. Tanur Induksi

Cara kerjatanur ini yaitu memanaskan logam sampai ketitik maksimal leburnya dari suatu logam dan biasanya cocok digunakan untuk mencairkan baja serta material lainnya yang tahan terhadap temperatur tinggi. Keunggulan daritanur ini adalah dapat mengatur kandungan kimia dan bahan dalam skala peleburan yang kecil dan jenis ini sering juga digunakan untuk meleburan logam ferro maupun non-ferro.



Gambar 2.5 Tanur Induksi

c. Tanur Krusibel

Tanur ini sepanjang sejarah dalam mencairkan logam,tanur ini telah sering digunakan selaintanur jenis ini bersifat fleksibel,jenis ini juga mampu untuk mencairkan logam ferro maupun logam non-ferro. Dalam proses pemanasantanur ini menggunakan berbagai jenis bahan bakar dan biasanya

terdapat blower sebagai penyuplai udaranya. Dibawah ini merupakan salah satu contoh tanur krusibel.



Gambar 2.6 Tanur Krusibel

d. Tanur Kupola

Tanur jenis ini sangat cocok untuk mencairkan besi cor, mampu bekerja secara kontinu, mampu mencairkan logam dengan skala yang banyak serta memiliki tingkat peleburan yang tinggi. Muatan daritanur ini terdapat lapisan logam, kokas (batubara), dan fluks. Gambar dibawah ini merupakan salah satu gambartanur kupola.



Gambar 2.7 Tanur Kupola

e. Tanur listrik

Adalah tanur yang paling banyak dipakai. Tanur ini mempergunakan arus bolak-balik tiga fasa. Energi panas diberikan loncatan busur listrik antara elektroda karbon dan cairan baja. Terak menutupi cairan dan mencegah

absorpsi gas dari udara luar selama pemurnian berjalan. Dalam peleburan baja, disamping pengaturan komposisi kimia dan temperature, perlu juga mengatur absorpsi gas, jumlah dan macam induksi bukan logam. Untuk menghilangkan gas, ditambahkan bijih besi atau tepung kerak besi selama proses reduksi. Disamping proses tersebut sekarang banyak dipergunakan proses pembuatan baja dengan oksigen.



Gambar 2.8 Tanur Listrik

f. Tanur Putar (*Rotary Furnace*)

Tanur putar (*rotary furnance*) digunakan sebagai tanur peleburan dalam memproduksi besi tuang dengan kualitas khusus, pemanasannya diperoleh dari semburan bahan bakar cair, oli atau gas ke dalam tabung peleburan yang selalu berputar atau bergerak dengan penggerak rantai atau penggerak gesek, gerakan memutar ini memungkinkan proses peleburan menjadi lebih merata.



Gambar 2.9 Tanur Putar

2.8 Cetakan

Ada beberapa jenis bahan yang biasanya digunakan untuk bahan pembuatan cetakan, hal ini tergantung atas benda produksi yang akan dicetak. Jenis dari bahan-bahan cetakan yang dimaksud adalah :

a. Pasir

Kebanyakan pasir yang digunakan dalam pengecoran adalah pasir silika (SiO_2). Pasir merupakan produk dari hancurnya batu-batuan dalam jangka waktu lama. Alasan pemakaian pasir sebagai bahan cetakan adalah karena murah dan ketahanannya terhadap temperature tinggi. Ada dua jenis pasir yang umum digunakan yaitu naturally bonded (banks sands) dan synthetic (lake sands). Karena komposisinya mudah diatur, pasir sinetik lebih disukai oleh banyak industri pengecoran.

Pemilihan jenis pasir untuk cetakan melibatkan beberapa faktor penting seperti bentuk dan ukuran pasir. Sebagai contoh , pasir halus dan bulat akan menghasilkan permukaan produk yang mulus/halus. Untuk membuat pasir cetak selain dibutuhkan pasir juga pengikat (bentonit atau clay/lempung) dan air. Ketiga Bahan tersebut diaduk dengan komposisi tertentu dan siap dipakai sebagi bahan pembuat cetakan.



Gambar 2.10 Cetakan Pasir
(Sumber : Rangga Andika, 2017)

b. Logam

Sebuah cetakan permanen biasanya terbuat dari baja atau besi dan digunakan dengan gravitasi atau pengecoran vakum. Cetakan jenis kedua ini

dapat digunakan berulang-ulang. Karakteristik cetakan jenis ini adalah terbuat dari dua atau lebih bagian yang dapat dibuka untuk mengeluarkan komponen cor.



Gambar 2.11 Cetakan Logam
(Sumber : Suyitno, 2017)

2.9 *Sand Casting*

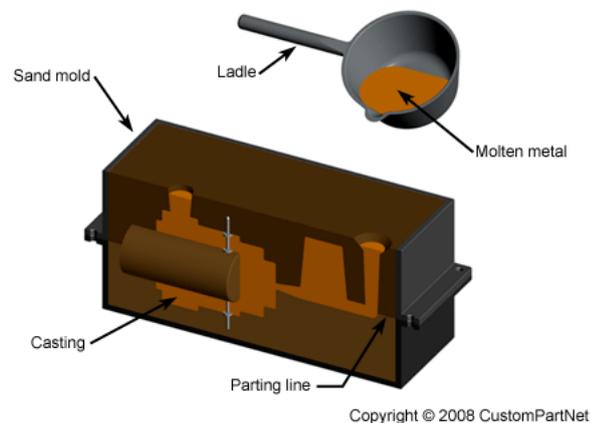
Pengecoran dengan cetakan pasir adalah proses pengecoran dengan menggunakan pasir sebagai bahan yang digunakan untuk membuat cetakan. Proses pengecoran ini merupakan suatu proses yang paling dikenal dan dipakai. Proses ini sendiri tidak lain adalah menuangkan logam cair ke rongga dari cetakan pasir, sehingga diperlukan bahan cetakan yang mampu menahan temperatur yang lebih tinggi dari temperatur logam yang dituangkan. Cetakan ini dibuat dengan jalan memadatkan pasir yang berupa pasir alam atau pasir buatan yang mengandung tanah lempung. Klasifikasi cetakan pasir yaitu:

a. Cetakan pasir basah

Proses pembuatan cetakan pasir basah adalah dengan mencampur pasir dengan tanah liat dalam presentase yang diperlukan, namun kualitas yang superior biasanya dicapai ketika tanah liat berkualitas ditambahkan pada pasir kuarsa murni. Dengan 2% sampai dengan 3% air dan melalui pencampuran didapatkan campuran pasir yang sudah siap diubah dan dicetak. Kata “basah” dalam cetakan pasir basah berarti pasir cetak itu masih cukup mengandung air atau lembab ketika logam cair dituangkan ke cetakan itu.

b. Cetakan pasir kering

Cetakan pasir kering, dibuat dengan menggunakan bahan pengikat tanah liat, kemudian cetakan dikeringkan dalam sebuah oven atau dengan bantuan panas lain sehingga cetakan benar-benar kering. Pengeringan cetakan dalam oven dapat memperkuat cetakan dan mengeraskan permukaan rongga cetakan. Cetakan pasir kering menghasilkan benda-benda coran yang sangat bersih dan sedikit gas yang dihasilkan. Hal ini merupakan suatu metode yang lebih aman, terutama pada pengecoran dengan suhu yang lebih tinggi.



Gambar 2.12 *Sand Casting*

2.10 Aluminium

Aluminium adalah logam unsur kimia berlimpah yang secara luas digunakan di seluruh dunia untuk berbagai produk. Unsur ini memiliki nomor atom 13, dan diidentifikasi dengan simbol Al pada tabel periodik unsur. Aluminium juga memiliki ketahanan terhadap lingkungan yang korosit.

(Daryanto, 2009) menjelaskan bahwa Aluminium adalah sejenis logam yang begitu keras dan tidak begitu kuat tetapi sangat kenyal, Aluminium mempunyai berat jenis yang rendah, yakni 2,6 dan warnanya putih kebiru-biruan.

(Sumantri, 1999) menjelaskan bahwa Aluminium adalah logam ringan yang mempunyai ketahanan korosi atmosferis, serta mempunyai konduktivitas listrik dan panas yang baik.

Aluminium memiliki keunggulan mudah dibentuk, dapat di daur ulang, dan tahan korosi. Selain kelebihan, Aluminium juga memiliki kekurangan yaitu lunak dan tidak kuat, tidak tahan terhadap beban berat, serta bukan konduktor listrik yang baik. Aluminium ini sering digunakan pada peralatan yang sering kita jumpai sehari-hari seperti : komponen mesin motor, velg, peralatan furniture, alat-alat rumah tangga, dan beberapa aksesoris/perhiasan.



Gambar 2.13 Aluminium

2.11 Propeller Perahu Motor

Propeller atau baling-baling adalah salah satu bagian perahu ketek yang digerakkan oleh mesin, yang mempunyai fungsi untuk mendapatkan gaya dorong bagi laju perahu. Dengan gaya dorong yang dihasilkan baling-baling ini, perahu dapat bergerak maju ataupun mundur. Jika baling-baling diputar, dibantu dengan komponen-komponen yang lain, akan menghasilkan gaya dorong bagi perahu ketek.

Pada kebanyakan perahu, baling-baling diputar oleh sebuah mesin yang ditempatkan di belakang perahu. Melalui poros-poros yang ujungnya keluar dari badan perahu dimana kemudian baling-baling ini terpasang. Mesin tersebut kemudian menggerakkan baling-baling.

Prinsip kerja dari baling-baling adalah seperti sekrup atau mur yang berputar di air. Jika kita memutar mur, maka mur akan berputar maju atau mundur sepanjang lintasan bautnya. Demikian juga yang terjadi dengan baling-baling yang berputar. Tetapi karena baling-baling terikat pada ujung poros yang berputar, posisi baling-baling menjadi tetap. Gaya dorong yang dihasilkan dari putaran mesin perahu disalurkan ke massa air yang mengelilingi baling-baling tersebut. Seperti diketahui, baling-baling berada di luar perahu dan di bawah permukaan air. Karena air tetap diam, maka gaya dorong yang dihasilkan baling-baling tersebut dikembalikan ke baling-baling tersebut atau terjadi gaya reaksi. Gaya reaksi ini disalurkan sepanjang poros baling-baling dan menghasilkan gaya dorong bagi perahu sehingga, tergantung arah putaran baling-baling, perahu dapat bergerak maju ataupun mundur. Gaya reaksi yang mendorong poros baling-baling tidak bisa langsung menggerakkan perahu, karena gaya yang bersifat aksial ini hanya mendorong poros dan akan diterima oleh mesin perahu yang memutar baling-baling.



Gambar 2.14 *Propeller* Perahu Motor berbahan Aluminium
(sumber : Tosana Karya, 2013)

2.12 Magnesium

Magnesium adalah suatu unsur kimia dalam tabel periodik yang memiliki lambang Mg dan nomor atom 12. Ia berupa padatan abu-abu mengkilap yang memiliki kemiripan fisik dengan lima unsur lainnya pada kolom kedua (golongan 2, atau logam alkali tanah) tabel periodik: semua unsur golongan 2 memiliki

konfigurasi elektron yang sama pada kelopak elektron terluar dan struktur kristal yang serupa.

Magnesium adalah unsur kesembilan paling melimpah di alam semesta, biasanya banyak terakumulasi pada batuan beku. Magnesium diproduksi dalam penuaan bintang besar dari penambahan sekuensial tiga inti helium ke inti karbon. Ketika bintang semacam itu meledak sebagai supernova, sebagian besar magnesium dimuntahkan ke medium antarbintang yang dapat didaur ulang ke dalam sistem bintang baru. Magnesium adalah unsur kedelapan yang paling melimpah dalam kerak bumi dan unsur keempat yang paling umum di Bumi (setelah besi, oksigen dan silikon), membentuk 13% massa planet dan sebagian besar mantel planet ini. Magnesium adalah unsur paling melimpah ketiga yang terlarut dalam air laut, setelah natrium dan klor.

Magnesium terjadi secara alami hanya dalam kombinasi dengan unsur lain, dan ia selalu memiliki tingkat oksidasi +2. Unsur bebasnya (logam) dapat diproduksi secara artifisial, dan sangat reaktif. Logam bebasnya terbakar dengan cahaya putih cemerlang yang khas. Logamnya sekarang terutama diperoleh melalui elektrolisis garam magnesium yang diperoleh dari air garam, dan terutama digunakan sebagai komponen paduan aluminium magnesium, kadang-kadang disebut *magnalium* atau *magnelium*. Magnesium kurang padat dibanding aluminium, dan paduannya sangat berharga karena kombinasi antara bobot ringan dan kekuatan.



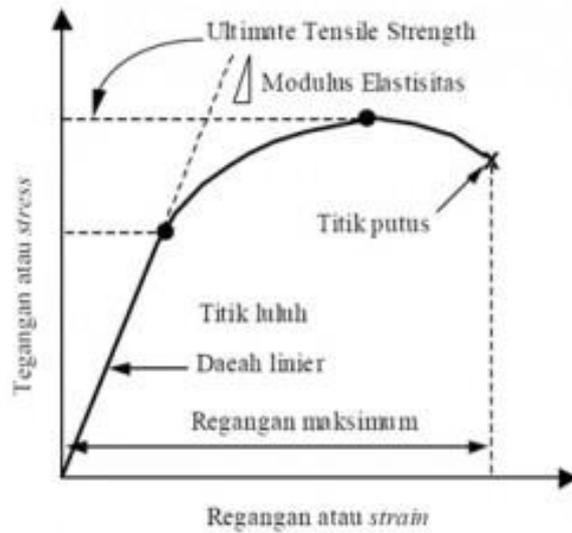
Gambar 2.15 Magnesium

2.13 Uji Tarik

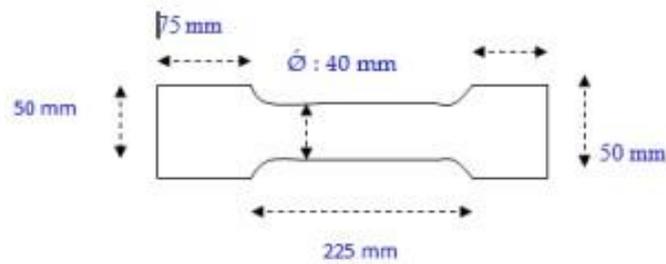
Uji Tarik merupakan salah satu pengujian untuk mengetahui sifat-sifat suatu bahan. Dengan menarik suatu bahan kita akan segera mengetahui bagaimana bahan tersebut bereaksi terhadap tenaga tarikan dan mengetahui sejauh mana material itu bertambah panjang. Alat eksperimen untuk uji tarik ini harus memiliki cengkraman (*grip*) yang kuat dan kekakuan yang tinggi (*highly stiff*).

Pengujian tarik dilakukan dengan penambahan beban secara perlahan-lahan, kemudian akan terjadi pertambahan panjang yang sebanding dengan gaya yang bekerja. Kesebandingan ini terus berlanjut sampai bahan sampai titik *proportionality limit*. Setelah itu pertambahan panjang yang terjadi sebagai akibat penambahan beban tidak lagi berbanding lurus, pertambahan beban yang sama akan menghasilkan penambahan panjang yang lebih besar dan suatu saat terjadi penambahan panjang tanpa ada penambahan beban, batang uji bertambah panjang dengan sendirinya. Hal ini dikatakan batang uji mengalami *yield* (luluh). Keadaan ini hanya berlangsung sesaat dan setelah itu akan naik lagi.

Kenaikan beban ini akan berlangsung sampai mencapai maksimum, untuk batang yang ulet beban mesin tarik akan turun lagi sampai akhirnya putus. Pada saat beban mencapai maksimum, batang uji mengalami pengecilan penampang setempat (*local necking*) dan penambahan panjang terjadi hanya disekitar *necking* tersebut. Pada batang getas tidak terjadi *necking* dan batang akan putus pada saat beban maksimum.



Gambar 2.16 Kurva Uji Tarik (Sumber : Rudy, 2010)



Gambar 2.17 Dimensi Dan Ukuran Uji Tarik ASTM E8 (Sumber : Ahmadi, 2011)

Perumusan uji tarik:

- Tegangan : $\sigma = \frac{F}{A}$ (2.3)

- Regangan : $\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0} = \frac{L - L_0}{L_0}$ (2.4)

- Penambahan panjang : $\Delta L = L - L_0$ (2.5)

Keterangan :

- σ = Tegangan (MPa)
- ϵ = Regangan (mm)
- ΔL = Penambahan panjang (mm)
- F = Gaya (N)
- A = Luas Penampang (mm²)
- L₀ = Panjang mula-mula (mm)
- L = panjang akhir (mm)



Gambar 2.18 Mesin Uji Tarik
(Sumber : Dokumentasi)

2.14 Uji Kekerasan

Kekerasan (Hardness) adalah salah satu sifat mekanik (*Mechanical properties*) dari suatu material. Kekerasan suatu material harus diketahui khususnya untuk material yang dalam penggunaannya akan mengalami gesekan (*frictional force*) dan deformasi plastis. Deformasi plastis sendiri suatu keadaan dari suatu material ketika material tersebut diberikan gaya maka struktur mikro dari material tersebut sudah tidak bisa kembali ke bentuk asal artinya material tersebut tidak dapat kembali ke bentuknya semula. Lebih ringkasnya kekerasan didefinisikan sebagai kemampuan suatu material untuk menahan beban indentasi atau penetrasi (penekanan).

Uji kekerasan adalah pengujian yang paling efektif untuk menguji kekerasan dari suatu material, karena dengan pengujian ini kita dapat dengan mudah mengetahui gambaran sifat mekanis suatu material. Meskipun pengukuran hanya dilakukan pada suatu titik, atau daerah tertentu saja, nilai kekerasan cukup valid untuk menyatakan kekuatan suatu material. Dengan melakukan uji keras, material dapat dengan mudah di golongkan sebagai material ulet atau getas.

Didunia teknik, umumnya pengujian kekerasan menggunakan 4 macam metode pengujian kekerasan, yakni :

1. Brinell (HB / BHN)

Pengujian kekerasan dengan metode Brinell bertujuan untuk menentukan kekerasan suatu material dalam bentuk daya tahan material terhadap bola baja (indentor) yang ditekan pada permukaan material uji tersebut (spesimen). Idealnya, pengujian Brinell diperuntukan untuk material yang memiliki permukaan yang kasar dengan uji kekuatan berkisar 500-3000 kgf. Indentor (Bola baja) biasanya telah dikeraskan dan diplating ataupun terbuat dari bahan Karbida Tungsten.

Angka kekerasan Brinell (BHN = Brinell Hardness Number atau lebih umum HB saja) dapat diperoleh dengan menggunakan rumus berikut :

$$\text{BHN} = \frac{2P}{\pi D [(D - \sqrt{D^2 - d^2})]}$$

Dimana,

P = gaya atau beban uji dalam kilogram gaya (kgf).

D = diameter indentor bola dalam mm.

d = diameter jejak dalam mm.

2. Rockwell (HR / RHN)

Pengujian kekerasan dengan metode Rockwell bertujuan menentukan kekerasan suatu material dalam bentuk daya tahan material terhadap indentor berupa bola baja ataupun kerucut intan yang ditekan pada permukaan material uji tersebut.

Dibawah ini merupakan rumus yang digunakan untuk mencari besarnya kekerasan dengan metode Rockwell.

$$\text{HR} = E - e$$

Dimana :

F_0 = Beban Minor(*Minor Load*) (kgf)

F_1 = Beban Mayor(*Major Load*) (kgf)

F = Total beban (kgf)

e = Jarak antara kondisi 1 dan kondisi 3 yang dibagi dengan 0.002mm.

E = Jarak antara indenter saat diberi minor load dan zero reference line yang untuk tiap jenis indenter berbeda-beda yang bias dilihat pada table 1

HR = Besarnya nilai kekerasan dengan metode hardness

Tabel dibawah ini merupakan skala yang dipakai dalam pengujian Rockwell skala dan range uji dalam skala Rockwell.

3. Vickers (HV / VHN)

Pengujian kekerasan dengan metode Vickers bertujuan menentukan kekerasan suatu material dalam yaitu daya tahan material terhadap indenter intan yang cukup kecil dan mempunyai bentuk geometri berbentuk piramid seperti ditunjukkan pada gambar 3. Beban yang dikenakan juga jauh lebih kecil dibanding dengan pengujian rockwell dan brinell yaitu antara 1 sampai 1000 gram.

Angka kekerasan Vickers (HV) didefinisikan sebagai hasil bagi (koefisien) dari beban uji (F) dengan luas permukaan bekas luka tekan (injakan) dari indenter(diagonalnya) (A) yang dikalikan dengan $\sin(136^\circ/2)$. Rumus untuk menentukan besarnya nilai kekerasan dengan metode vickers yaitu :

$$H_v = \frac{2F \sin^{\theta} 2}{D^2} = \frac{1,8554 F}{D^2}$$

Dimana,

HV = Angka kekerasan Vickers

F = Beban (kgf)

D = diagonal (mm)

4. Micro Hardness (*knoop hardness*)

Mikrohardness test tahu sering disebut dengan *knoop hardness* testing merupakan pengujian yang cocok untuk pengujian material yang nilai kekerasannya rendah. Knoop biasanya digunakan untuk mengukur material yang getas seperti keramik.

$$HK = 14,2 \frac{F}{I^2}$$

Dimana,

HK = Angka kekerasan Knoop

F = Beban (kgf)

I = Panjang dari indentor (mm)