

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

2.1.1 Aluminium

Aluminium ditemukan oleh Hans Cristian Oested pada tahun 1825, dan diklaim secara pasti oleh F. Wohler pada tahun 1872. Aluminium biasanya dimanfaatkan untuk kebutuhan komponen mesin, paduan logam pada kapal, kerangka pesawat, automobile, dan beberapa kebutuhan alat rumah tangga. Bijih utama aluminium adalah bauksit, yang sumber ini jarang terdapat bebas. Senyawa pada aluminium juga dimanfaatkan sebagai senyawa penjernih air, campuran bahan pewarna, campuran cat serta fotografi, permata sintetis dan bahan material amplas.

Aluminium murni yaitu logam lunak, ringan, dapat bertahan lama dan mudah dibentuk dengan hasil tampilan luarnya bermacam-macam antara penekanan sampai abu-abu, berdasarkan kekerasan dasarnya. Aluminium memiliki uji ketangguhan tarik bernilai 90 Mpa dan berat aluminium kira-kira satu pertiga baja, pengerjaannya mudah dibentuk dengan mesin, mudah ditekuk, dicor, diekstrusi dan di uji tarik (*drawing*). Hasil bentuk lapisan aluminium oksida ketika aluminium terpapar dengan udara bebas terjadi resistensi terhadap korosi yang terjadi akibat fenomena pasivasi. Lapisan aluminium oksida ini bertujuan untuk pencegahan terjadinya oksidasi berkelanjutan. Aluminium bereaksi galvanik jika ditambahkan dengan paduan tembaga yang menghasilkan tahan terhadap korosi (Surdia dan Chijiwa, 2000).

Aluminium terlalu lunak jika dalam keadaan murni, yaitu kekuatan yang sangat rendah jika dimanfaatkan sebagai komponen teknik. Maka demikian dilakukan pemaduan aluminium dengan unsur sebagai penguat yang bertujuan untuk memperbaiki keadaan tersebut, namun tidak mesti baik dalam ketahanan korosi yang berkurang juga dengan keuletannya.

Menurut (Surdia dan Chijiwa, 2000) pengaruh unsur-unsur paduan yang dapat memperbaiki sifat aluminium adalah:

1. Tembaga (Cu)

Penambahan unsur tembaga menghasilkan peningkatan nilai kekerasan dan kekuatan terhadap aluminium, karena tembaga dapat memperhalus butiran strukturnya dan memiliki kualitas pembentukan mesin yang mudah dan baik, mudah ditempa, memperbaiki keuletannya dan mudah dibentuk.

2. Seng (Zn)

Penambahan unsur Seng Zn berpengaruh pada peningkatan sifat dari mekanik pada perlakuan panas dan kemampuan mesin. Penambahan unsur Seng pada umumnya bersamaan dengan unsur tembaga, tetapi dalam persentase yang kecil atau sedikit.

3. Silikon (Si)

Penambahan unsur silikon ini mempunyai ketahanan terhadap *necking*, sehingga unsur silikon berpengaruh terhadap peningkatan daya kelenturan/ *ductility* meskipun tidak ditambahkan dengan unsur lainnya terhadap paduan aluminium. Jika selama aluminium ditambahkan unsur silikon maka akan mempunyai kelenturan yang tinggi setelah diperlakukan pengujian, namun silikon memiliki kualitas pengerjaan mesin yang kurang baik, selain itu juga memiliki ketangguhan koefisien panas yang rendah.

4. Nikel (Ni)

Dengan penambahan unsur nikel aluminium mampu bekerja pada temperatur yang tinggi, seperti contoh silinder *head* dan piston pada motor.

5. Magnesium (Mg)

Penambahan unsur magnesium ini berpengaruh terhadap peningkatan nilai kekerasan dan dapat menghambat terjadinya deformasi yang berpengaruh pada bahan yang diaplikasikan dengan suatu gaya, serta hasil kualitas pengerjaan mesin yang baik, memiliki kekuatan yang cukup terhadap paduan aluminium.

6. Mangan (Mn)

Penambahan unsur mangan terhadap aluminium dapat menghasilkan mudah dibentuk, tahan terhadap korosi serta memiliki sifat dan mampu lasnya yang baik. Penambahan unsur mangan (Mn) mempengaruhi bentuk struktur seperti jarum tersebut tidaklah runcing, salah satu penyebab yang dapat disampaikan disini adalah

paduan tersebut dapat mengandung unsur mangan (Mn) yang bertujuan untuk meningkatkan ketahanan paduan terhadap suhu tinggi yang berarti aluminium masih dapat berfungsi dengan baik pada saat keadaan panas.

7. Ferro (Fe)

Penambahan ferro bermaksud guna mengurangi penyusutan, namun penambahan unsur yang banyak juga akan mengakibatkan struktur hasil perubahan butirnya yang kasar, hal ini dapat diperbaiki dengan menambahkan unsur magnesium dan tembaga.

8. Titanium (Ti)

Dapat berpengaruh pada butirnya yang halus terhadap paduan aluminium. Umumnya penambahan dilakukan bersama dengan Cu dalam persentase 0.01%, titanium juga berpengaruh pada peningkatan mampu mesin yang baik.

Aluminium yang digunakan merupakan aluminium murni dengan komposisi kimia yang telah diketahui sebelumnya. Tabel 2.2 merupakan tabel komposisi kimia dari aluminium yang digunakan.

Tabel 2.1 Komposisi Kimia Aluminium
(Cholis, *et al.*, 2013)

Unsur	Persentase kandungan (%)
Al	97.93
Si	0.805
Fe	0.858
Cu	<0.0500
Mn	0.0363
Mg	<0.0500
Cr	<0.0150
Ni	0.0629
Zn	<0.0100

Aluminium biasa dikenal dengan komponen bahan teknik yang tahan terhadap korosi. Aluminium juga mempunyai sifat teknik bahan aluminium murni

dan aluminium kombinasi dapat berpengaruh pada konsentrasi bahan dan perlakuan terhadap bahan paduan tersebut. Dengan sifat yang tahan terhadap korosi ini disebabkan adanya fenomena pasivasi, yakni pengaruh terbentuknya lapisan di permukaan aluminium setelah terpapar dengan udara luar disebut lapisan oksida yang sering digunakan untuk menangkai oksidasi lebih jauh. Tetapi pasivasi dapat menjalar jika dikombinasi dengan bahan yang mempunyai sifat lebih katodik, karena dapat menangkai oksidasi aluminium. Sifat aluminium memiliki sifat antara lain sifat fisik dan mekanik.

Tabel 2.2 Sifat fisik aluminium
(Majanasatra, n.d. , 2016)

Nama, Simbol dan Nomor	Aluminium, Al, 13
Wujud	Padat
Massa jenis	2,70 gram/cm ³
Massa jenis pada wujud cair	2,375 gram/cm ³
Titik lebur	933,47 K, 660,32°C, 1220,58°F
Titik didih	2792 K, 2519°C, 4566°F
Kalor jenis (25°C)	24,2 J/mol K
Resistansi listrik (20°C)	28.2 nΩ m
Konduktivitas termal (300 K)	237 W/m K
Pemuaian termal (25°C)	23.1 μm/m K
Modulus Young	70 Gpa
Modulus geser	26 Gpa
Poisson ratio	0,35
Kekerasan skala Mohs	2,75
Kekerasan skala <i>Vickers</i>	67 Mpa
Kekerasan skala Brinell	245 Mpa

Beberapa sifat mekanik yang terdapat pada aluminium adalah sebagai berikut:

1. Kekuatan tarik

Besarnya nilai tegangan yang diperoleh saat melakukan pengujian tarik yaitu kekuatan tarik. *Necking* dapat terjadi ketika kekuatan tarik ditunjukkan dengan hasil tegangan regangan kurva dari hasil pengujian. Kekuatan tarik dari aluminium sendiri dalam keadaan murni yaitu 90 Mpa, hal ini kurang memenuhi sehingga dalam pemanfaatan memerlukan kekuatan tarik yang tinggi maka aluminium perlu dipadukan. Paduan aluminium *alloy* memiliki kekuatan Tarik hingga 600 Mpa, dengan memadukan unsur paduan lain yang ditambahkan sebagai termal aluminium.

2. Kekerasan

Kekerasan memiliki sifat yang dapat menghambat terjadinya deformasi yang berpengaruh pada bahan yang dapat diaplikasikan dengan suatu gaya. Kekerasan dari paduan juga mempengaruhi kelenturan, *viscoelasticas*, deformasi plastis, kekuatan tarik, kegetasan dan lain sebagainya. Metode pengujian kekerasan seperti *Brinell*, *Vickers*, *Mohs*, dan *Rockel* ini metode yang pada umumnya digunakan, kekerasan suatu bahan aluminium dengan keadaan murni ini bernilai kecil, yaitu 20 skala *brinell*, jadi pengaruh gaya yang dapat dipengaruhi sangatlah besar. Perlakuan termal serta fisik dapat dipadukan dengan aluminium guna untuk kebutuhan elemen mesin yang dapat dimanfaatkan dan diuji dengan kekerasannya sesuai dengan kebutuhan yang diinginkan. Paduan aluminium dengan 4,4% Cu dan diperlukan *quenching*, lalu dapat disimpan dengan temperatur tinggi dapat memiliki kekerasan *brinell* sebesar 160.

3. *Ductility* (kelenturan)

Pengujian tarik diperlukan guna mengetahui material yang diuji akan mengalami *necking*. *Ductility* diperlukan sebagai bahan mekanis dari suatu paduan untuk menerapkan seberapa jauh paduan dapat diubah bentuknya secara plastis tanpa terjadi retakan atau *crack*. Paduan yang memiliki *ductility* tinggi akan berpengaruh pada *necking* yang sempit, sedangkan bahan paduan yang memiliki *necking* yang rendah maka dihasilkan hamper tidak mengalami *necking*. Pengujian tarik *ductility* diukur dengan skala elongasi, yaitu berapa besar pertambahan

panjang suatu spesimen ketika diuji tarik dengan hasil persentase penambahan panjang dari awal hingga setelah diuji.

4. *Recyclability* (daya untuk didaur ulang)

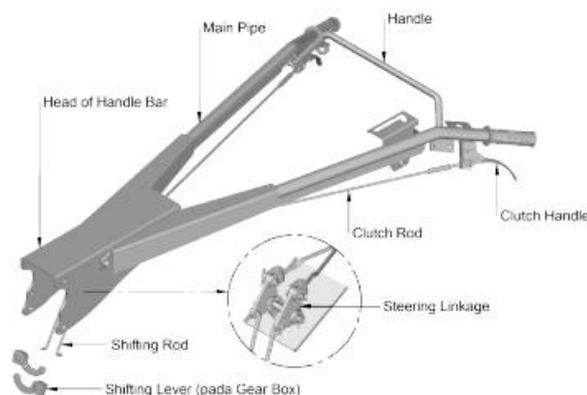
Logam aluminium termasuk logam yang mudah didaur ulang dengan cara peleburan tanpa mempengaruhi kualitas awalnya. Peleburan aluminium merupakan logam yang memiliki kriteria yang memerlukan sedikit energi, 5% dari energi yang dibutuhkan untuk proses produksi logam yang awalnya diperlukan dalam proses pengecoran ulang.

5. *Reflectivity* (daya pemantulan)

Aluminium yaitu reflektor yang baik dari cahaya dan panas dan dengan bobot yang ringan, membuatnya ideal untuk bahan reflektor misalnya atap (Majanasastra, n.d. , 2016).

2.1.2 *Shifting lever*

Shifting lever merupakan bagian dari sistem kemudi yang menghubungkan *shifting rod* dengan *shifting lever* tuas ini berfungsi sebagai pengendali pengemudi agar bisa melakukan pemindahan gigi transmisi sesuai dengan kondisi mengemudi yang diinginkan, penghubung pada bagian-bagian *shifting lever* yang memungkinkan untuk *shifting lever* menerima gerakan naik turun saat kendaraan sedang dijalankan.



Gambar 2.1 *Shifting Lever*
(Glenna, 2011)

2.1.3 Kerusakan yang terjadi pada *shifting lever*

Pada kasus ini terjadi pada bagian tuas transmisi atau *shifting lever* yang aus diakibatkan oleh gesekan dengan *shifting rod* dan yang menyebabkan lubang pengait pada *shifting lever* menjadi aus dan mengalami patah. pada kenyataannya di lapangan para petani enggan mengganti dengan yang baru sehingga hanya memodifikasinya dengan melilitkan kawat seperti pada gambar agar dapat digunakan kembali.



Gambar 2.2 *Shifting Lever*

2.2 Silikon (Si)

a. Silikon (Si)

Silikon (Si) adalah unsur dengan nomor atom 14. Silikon adalah unsur berlimpah kedelapan di alam semesta berdasarkan massa, tetapi jarang ditemukan dalam bentuk unsur murni di kerak bumi. Unsur silikon biasanya ditemukan dalam bentuk debu, pasir dan berbagai bentuk silikon dioksida (silica) atau silikat. Kandungan silika pada kerak bumi mencapai 90% yang menjadikannya sebagai unsur yang terbanyak kedua di kerak bumi setelah oksigen.

Unsur silikon berbentuk padatan kristal keras namun rapuh berwarna biru keabu-abuan yang berkilau. Silikon tidak terlalu reaktif dengan oksigen meskipun memiliki afinitas kimia yang sangat tinggi terhadap oksigen. Ditemukan dalam bentuk murni pada tahun 1823 oleh Jöns Jakob Berzelius dengan titik leleh dan titik didihnya 1414°C dan 3265°C , adalah yang tertinggi kedua di antara semua logam dan non logam setelah Boron. Silikon menjadi unsur paduan yang paling umum digunakan dalam pengecoran karena memiliki *castability* yang baik (fluiditas tinggi

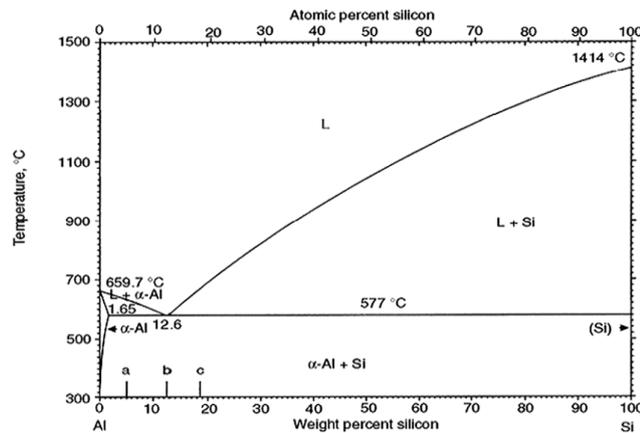
dan penyusutan rendah), kepadatan rendah ($2,34 \text{ g/cm}^3$) dan memiliki kelarutan yang rendah (Rana et al., 2012:1). Silikon menjadi bahan pengotor yang sering dijumpai pada aluminium murni komersial maupun aluminium paduan yang berpengaruh pada ketahanan aus yang menjadi lebih baik pada paduan *eutectic* daripada *hypoeutectic* dan *hypereutectic* (Kumar et al., 2015).

b. Paduan Al-Si

Paduan adalah bahan yang memiliki sifat logam dan dibentuk oleh kombinasi dua atau lebih unsur kimia yang setidaknya satu adalah logam. Paduan aluminium dengan silikon sebagai elemen paduan utama adalah kelas paduan, yang merupakan dasar dari banyak coran yang diproduksi. Hal ini terutama disebabkan oleh efek silikon yang luar biasa dalam peningkatan karakteristik pengecoran, dikombinasikan dengan sifat fisik lainnya, seperti sifat mekanik dan ketahanan korosi. Silikon bukan hanya pengotor yang paling sering dalam aluminium murni komersial, tetapi juga elemen paduan yang paling umum. Pengaruh kandungan Si dari paduan aluminium pada ketahanan ausnya telah didokumentasikan dengan baik dan paduan eutektik dilaporkan memiliki ketahanan aus yang lebih baik daripada komposisi *hypoeutektik* dan *hipereutektik* (Kumar et al., 2015).

c. Diagram Fasa Aluminium Silikon

Diagram fasa aluminium silikon ditunjukkan pada gambar 1. Diagram ini digunakan sebagai pedoman untuk menganalisis perubahan fasa pada proses pengecoran paduan Al-Si. Kandungan pada diagram fasa aluminium silikon ini terdiri dari 3 macam yaitu: *hypoeutectic*, *eutectic*, dan *hypereutectic* (Edriyanto et al., 2017).



Gambar 2.3 Diagram Fasa Al-Si

1. *Hipoeutectic* yaitu apabila terdapat kandungan silikon <11.7 % dimana struktur akhir yang terbentuk pada fasa ini adalah struktur *ferrite (alpha)* kaya aluminium dengan struktur *eutectic* sebagai tambahan.
2. *Eutectic* yaitu apabila kandungan silikon yang terkandung didalamnya sekitar 11.7% - 12.2 %. Pada komposisi ini paduan Al-Si dapat membeku secara langsung (dari cair ke padat).
3. *Hypereutectic* yaitu apabila komposisi silikon di atas 12.2 % sehingga kaya akan silikon dengan fasa eutektik sebagai fasa tambahan dimana keberadaan struktur kristal silikon primer pada daerah ini mengakibatkan karakteristik yaitu:
 - a. Ketahanan aus paduan meningkat.
 - b. Ekspansi termal yang rendah, memiliki ketahanan retak panas yang baik (Edriyanto et al., 2017).

2.3 Pengecoran Logam

Pengecoran logam merupakan proses manufaktur dengan memanaskan logam hingga mencapai titik cair dan menuangkan cairan logam tersebut ke dalam cetakan sehingga berbentuk seperti rongga cetakan. Tujuan dari pengecoran adalah untuk menghasilkan produk yang berkualitas dan ekonomis yang bebas cacat serta sesuai dengan yang dibutuhkan seperti: kekuatan, keuletan, kekerasan, dan ketelitian dimensi. Berdasarkan bentuknya, produk pengecoran terdiri dari 2 jenis, yaitu *ingot casting* dan *shape casting*. *Ingot casting* merupakan pengecoran dengan bentuk

sederhana, dimana hasilnya digunakan sebagai bahan baku untuk proses pengerjaan seperti *rolling* atau *forging*. Sedangkan *shape casting* sendiri merupakan pengecoran dengan bentuk geometri yang lebih kompleks dan mendekati bentuk akhir produk yang diharapkan sedang menurut jenis cetakan yang digunakan proses pengecoran dapat diklasifikasikan menjadi 2 kategori yaitu:

1. Pengecoran dengan cetakan sekali pakai.

Bahan cetakan untuk pengecoran dengan cetakan sekali pakai (*expendable mold*) terbuat dari gips, pasir, keramik dan bahan semacam itu umumnya dicampur dengan berbagai bahan pengikat (*bonding agents*) untuk peningkatan peralatan. Contoh sebuah cetakan pasir khas terdiri dari 90% pasir, 7% tanah liat, dan 3% air.

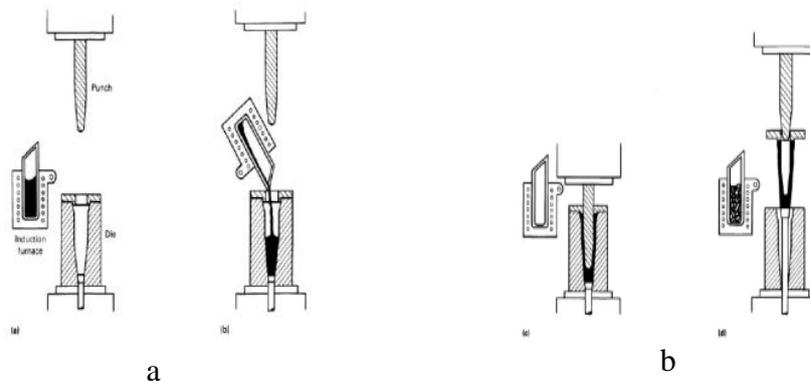
2. Pengecoran dengan cetakan permanen.

Pengecoran dengan cetakan permanen (*permanent mold*) adalah cetakan yang terbuat dari logam yang tahan pada temperatur tinggi. Cetakan logam dapat digunakan kembali karena bersifat konduktor dan lebih baik daripada cetakan non logam yang sifatnya terbuang setelah digunakan. Disisi lain cetakan logam juga mampu menyerap panas logam cair sehingga waktu pembekuan menjadi lebih cepat sehingga dapat mempengaruhi struktur mikro dan ukuran butir produk coran. Jenis cetakan ini sebagian besar digunakan untuk mencetak piston dan bagian-bagian mesin kendaraan, mesin diesel dan mesin kapal. Untuk membuat hasil coran yang berkualitas, harus dilakukan beberapa proses seperti penyiapan bahan, penyiapan cetakan, peleburan, penuangan, pembongkaran, dan pembersihan coran (Edriyanto et al., 2017).

2.4 *Squeeze Casting*

Metode *squeeze casting* adalah suatu proses dimana logam cair didinginkan dengan diberikan tekanan, umumnya proses ini mengkombinasikan keuntungan proses penempaan dan pengecoran. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Souissi et al metode *squeeze casting* dapat mengurangi porositas akibat pemberian tekanan selama proses pembekuan, selain itu metode *squeeze casting* juga dapat menambah kekerasan paduan aluminium. Selain untuk manufaktur paduan aluminium, proses

ini juga telah dikembangkan untuk membuat komposit berbasis matriks aluminium dengan hasil yang memuaskan.



Gambar 2.4 a. Proses Penuangan, b. Proses Penekanan
(Sukma et al., 2015)

Pada Gambar tersebut dapat dilihat ilustrasi mekanisme proses *squeeze casting*. Lelehan logam dimasukkan ke cetakan lalu dari atas dilakukan penutupan cetakan dengan menggunakan tekanan. Parameter utama yang berpengaruh pada struktur mikro hasil *squeeze casting* adalah kelebihan panas lelehan, temperatur pemanasan cetakan, level tekanan yang diberikan, dan waktu jeda antara penuangan lelehan ke cetakan dan pemberian tekanan. Tekanan yang diberikan dapat mencegah terjadinya porositas penyusutan dan porositas gas. Pemberian tekanan tinggi cukup untuk menekan terjadinya porositas gas kecuali untuk kasus yang ekstrim, dimana dibutuhkan perlakuan degassing standar. Tekanan yang biasa diaplikasikan dari 50-140 MPa, namun paling sering digunakan adalah pada 70MPa (Sukma et al., 2015).

2.5 Uji Kekerasan

Istilah kekerasan sering dipakai di dunia permesinan. Kekerasan dapat dikatakan sebagai hasil yang mengklaim intensitas tahanan suatu bahan terhadap deformasi yang dipengaruhi oleh objek lain. Pengujian kekerasan suatu material dapat dilakukan dengan ditekan pada permukaan logam uji sampai mencapai kedalaman serta luasan tertentu dari gaya serta ukuran indentor tertentu untuk mengetahui secara tepat berapa kekerasan dari logam uji (Suharto, 1995).

a. Uji Kekerasan *Brinell*

Pengujian kekerasan *Brinell* adalah dengan memberikan beban konstan, umumnya antara 500 dan 3.000 kgf, dengan indenter baja yang dikeraskan berdiameter 5 atau 10mm, pada permukaan spesimen yang rata. Jejak diukur menggunakan mikroskop dan dikonversi ke dalam persamaan (Sofyan, 2011).

$$BHN = \frac{P}{\left(\frac{\pi \cdot D}{2}\right)(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

atau

$$BHN = \frac{2P}{(\pi \cdot D)(D - \sqrt{D^2 - d^2})} \quad (\text{Persamaan 2.1})$$

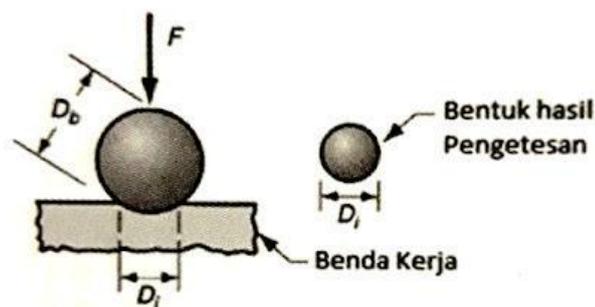
Dimana

P = beban (kgf),

D = diameter bola indenter (mm),

dan d = diameter jejak (mm).

Diameter identitas diukur dengan mikroskop berskala 0,05 mm (0,002 inci). Mikroskop harus memiliki skala dan penerangan yang cukup agar mudah dalam pembacaan (Sofyan, 2011).

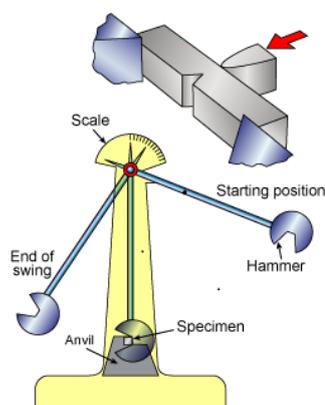


Gambar 2.5 Proses Uji Kekerasan *Brinell*
(Sofyan, 2011)

2.6 Uji Impak

Uji impak merupakan pengujian suatu bahan untuk mengetahui apakah suatu material apakah rapuh atau ulet dari segi ketangguhannya. Pengujian impak ini akan mendeteksi perbedaan yang tidak bisa dibaca melalui tegangan regangan dan juga

hasil yang didapatkan tidak bisa dibaca secara langsung dengan kondisi perpatahan batang uji, hal ini disebabkan karena pengujian impact tidak dapat mengukur gaya tiga dimensi. Metode uji impact ada 2, seperti ditunjukkan pada Gambar 1, yaitu uji impact metode *Charpy* dan metode *Izod*. Metode *Charpy* banyak digunakan di Amerika Serikat, sedangkan metode *Izod* banyak digunakan di Eropa. Batang uji metode *Charpy* memiliki spesifikasi, luas penampang 10 mm x 10 mm dan takikan berbentuk V. Proses pembebanan uji impact pada metode *charpy* dan metode *izod* dengan sudut 45°, kedalaman takik 2 mm dengan radius pusat 0.25 mm. Batang uji *charpy* kemudian diletakkan horizontal pada batang penumpu dan diberi beban secara tiba-tiba dibelakang sisi takik oleh pendulum berat berayun (kecepatan pembebanan $\pm 5\text{m/s}$). Batang uji diberi energi untuk melengkung sampai kemudian patah pada laju regangan yang tinggi hingga orde 10^3s^{-1} . Batang uji *izod*, lebih banyak dipergunakan saat ini, memiliki luas penampang berbeda dan takik berbentuk v yang lebih dekat pada ujung batang. Dua metode ini juga memiliki perbedaan pada proses pembebanan (Nuhgra et al., 2020).



Gambar 2.6 Alat Uji Impact
(Putra dan Mulyanto, 2017)

$$WS = W/A$$

(Persamaan 2.2)

Dengan:

- WS = Besaran yang mengontrol karakteristik bahan kerja
- W = kerja Tumbukan
- A = Penampang Patah (Putra dan Mulyanto, 2017)

2.7 Uji Kekuatan Tarik

Uji tarik merupakan suatu metode yang digunakan untuk menguji kekuatan suatu material dengan cara memberikan beban gaya yang sesumbu. Pengujian tarik sangat penting untuk rekayasa teknik dan desain produk karena menghasilkan data kekuatan material. Selain itu, untuk mengukur ketahanan terhadap gaya statis yang diberikan secara perlahan. Proses temperatur tuang pada saat pengecoran sangat penting untuk diperhatikan karena faktor ini akan mempengaruhi kualitas hasil cor yang meliputi sifat mekanis. Maka dari itu, pada penelitian ini dilakukan proses pengecoran dengan memvariasikan temperatur tuang dan selanjutnya dilakukan pengujian untuk mengetahui pengaruh perubahan temperatur tuang dengan melakukan pengujian kekuatan Tarik (Setyani dan IRFAI, 2018).

$$e = \frac{\Delta L}{L} = \frac{L_1 - L_0}{L_0} \times 100\% \quad (\text{Persamaan 2.3})$$

Dimana:

ϵ = regangan (%)

L_1 = panjang akhir (mm)

L_0 = Panjang awal (mm)

Tegangan *ultimate* atau kekuatan tarik dapat dihitung ke dalam persamaan sebagai berikut:

$$\sigma = \frac{F_{maks}}{A_0} \quad (\text{Persamaan 2.4})$$

Dimana:

σ = kekuatan tarik (kN/mm²)

F_{maks} = beban luluh yang bekerja (kN)

A_0 = luas penampang semula (mm²)

2.8 Kajian Pustaka

Penelitian tentang pengaruh variasi penambahan unsur dengan metode pengecoran terhadap logam telah dilakukan oleh peneliti-peneliti lain dengan variabel-variabel terikat yang berbeda.

Menurut (Firdaus, 2002) dalam penelitian yang berjudul Analisis Parameter Proses Pengecoran *Squeeze* Terhadap Cacat Porositas Produk Flens Motor Sungai menyimpulkan bahwa Proses Pengecoran *Squeeze*, khususnya *direct squeeze casting* terbukti mampu mereduksi secara kuantitatif jumlah porositas yang terjadi pada produk cor flens (dari 6.53% menjadi 0.79%).

Menurut (Zain & Nasution, 2022), dalam penelitian yang berjudul Pengaruh Penambahan Unsur Silikon (Si) Pada Aluminium (Al) Terhadap Kekuatan Impak Material Campuran Al-Si, menyimpulkan bahwa Hasil Uji Impak menunjukkan perbandingan grafik yang tidak terlalu signifikan, unsur pepadu Aluminium dan Silikon kurang baik jika di jadikan sebagai unsur penguat nilai Ketangguhan dari material Aluminium karena nilai penyerapan energinya yang rendah, campuran Paduan Aluminium silikon (Al- Si) 90%-10% menunjukkan harga Impak yang paling rendah dari paduan Aluminium silikon (Al-Si) 94%-6, dan 92%-8%.

Menurut (Setyani & IRFAI, 2018), dalam penelitian Studi Temperatur Tuang Terhadap Kekuatan Tarik Paduan Al-Si Dengan Menggunakan Cetakan Pasir menyimpulkan bahwa hasil penelitian studi temperatur tuang terhadap kekuatan tarik dan kekerasan paduan Al-Si dengan menggunakan cetakan pasir dapat disimpulkan bahwa: nilai pengujian tarik hasil pengecoran yang menggunakan cetakan pasir tertinggi pada temperatur 705°C sebesar 169,58 MPa dan terendah pada temperatur 680°C sebesar 140,00 MPa.

Menurut (Purwanto et al., 2021) dalam penelitian yang berjudul Pengaruh Variasi Temperatur Tuang pada Pengecoran Daur Ulang Al-Si terhadap Struktur Mikro dan Kekerasan dengan Pola Styrofoam menyimpulkan bahwa Pengaruh variasi temperatur tuang pengecoran daur ulang Al-Si pola Styrofoam pada penelitian ini adalah foto makro hasil coran terbaik yang terjadi pada temperatur tuang 760° C. Hal tersebut terjadi karena logam cair bisa mengisi keseluruhan pola handle rem dengan waktu beku cukup lama. Morfologi struktur mikro menunjukkan

semakin tinggi temperatur mengakibatkan SDAS semakin kasar. Hal tersebut terjadi pada temperatur tuang 760°C. Nilai kekerasan tertinggi terjadi pada temperatur tuang 760°C bagian tengah dengan nilai 82.28 BHN sehingga nilai kekerasan meningkat 2.59%.

Menurut (Edriyanto et al., 2017) dalam penelitian yang berjudul Pengaruh *Artificial Aging Dan Natural Aging* Terhadap Kekerasan Dan Struktur Mikro Pengecoran Logam Piston Al-Si menyimpulkan bahwa Berdasarkan hasil analisa dan pembahasan yang dilakukan dalam penelitian ini maka dapat ditarik kesimpulan bahwasanya sampel produk pengecoran aluminium silikon yang diberikan penuaan buatan (*artificial aging*) dan penuaan alami dapat memberikan peningkatan nilai kekerasan seiring dengan bertambahnya waktu penahanan (*holding time*). dimana untuk perlakuan *artificial aging* kekerasan terendah diperoleh pada *holding time* 1 jam, yaitu 110,31 Kg/mm². Sedangkan untuk nilai kekerasan vickers tertinggi diperoleh pada *holding time* 3 jam, yaitu 132,16 Kg/mm². Begitu juga halnya pada perlakuan natural aging diperoleh nilai kekerasan terendah pada holding time 1 jam, 81,72 Kg/mm². Dan untuk nilai kekerasan tertinggi diperoleh melalui *holding time* 3 jam, yaitu 102. Kg/mm².

Menurut (Handono, 2017) dalam penelitian yang berjudul Pengaruh Temperatur Peleburan Pada Pengecoran Logam Paduan Al-Si Terhadap Kekerasan Dan Struktur Mikro. Universitas Muhammadiyah Metro menyimpulkan bahwa Kekerasan tertinggi didapatkan pada temperatur peleburan 750°C dengan yaitu 79,94 BHN dan. Struktur mikro mempunyai hubungan terhadap nilai kekerasan yaitu *fasa eutektik* silikon yang terbentuk akan semakin rapat dan mengecil jika nilai kekerasannya tinggi.

Menurut (Kumar et al., 2015) dalam penelitian yang berjudul Effect of Silicon content on the Mechanical Properties of Aluminum Alloy Friction Stir Welding View project Effect of Silicon content on the Mechanical Properties of Aluminum Alloy. Bahwa kekuatan tarik tertinggi akan meningkat ketika kita meningkatkan kandungan silikon. Kekuatan tarik maksimum adalah 148,99 MPa dalam 6 % kandungan silikon dalam paduan aluminium dan kekuatan tarik tertinggi minimum adalah 120,87 MPa dalam 1,5 % kandungan silikon dalam paduan aluminium.

Menurut (Yanis, 2013) dalam penelitian *Effect of The Pressure of the Squeeze Process on the Hardness and Micro Structure of Recycled Aluminum Materials* menyimpulkan bahwa Pengecoran *squeeze casting* meningkatkan kekerasan sebesar 22 % proses ini juga dapat memiliki tegangan tinggi dan mampu mengurangi cacat porositas, suhu pengecoran *squeeze casting* waktu tekan dan gaya mempengaruhi kekerasan permukaan suatu benda komposisi aluminium daur ulang 84,75 % Al dan 8,985 % Si permukaan pada tekanan 130 MPa menghasilkan 89,74 BHN.

Menurut (Suminta & Bandriyana, 2008) dalam penelitian yang berjudul *Karakterisasi Bahan Paduan Al-Si Hasil Proses Squeeze Casting* menyimpulkan bahwa Berdasarkan analisis hasil karakterisasi dari sampel diperoleh hasil yang menunjukkan bahwa cor perah pada paduan Al-Si mampu meningkatkan kualitas hasil pengecoran. Peningkatan kualitas ditunjukkan dengan peningkatan kekerasan dari 40 HRA menjadi 46 HRA pada tekanan 300 kgf/cm². Peningkatan kekerasan juga diikuti dengan penurunan porositas dari 5 % menjadi 0,3 % dengan butir strukturmikro yang semakin halus dan tidak terjadi perubahan fasa.