

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

#### 2.1 Tinjauan Pustaka

Sahid (2017) membahas tentang analisis sifat fisi dan sifat mekanik hasil coran blok silinder sepeda motor berbahan piston bekas dengan penambahan 0,05% Ti-B. Hasil pengujian komposisi bahan dan struktur mikro menunjukkan bahwa terkandung Al-Si dan Mg sebagai unsur yang dominan. Sedangkan di kekerasan vikers mendapat 101,33 HVN.

Harley (2016) membahas tentang perbandingan ketahanan aus piston *genuine part* dan piston imitasi terhadap piston daur ulang. Analisis dari hasil pengujian keausan ini bahwa piston *genuine part* rata-rata dengan 2,284 mm<sup>2</sup>/kg memiliki daya tahan aus lebih kuat dari piston imitasi 3,417 mm<sup>2</sup>/kg dan piston daur ulang 6,881 mm<sup>2</sup>/kg. Hasil pengujian komposisi pada piston daur ulang memiliki kandungan Al 93,93% dibawah rata-rata dari piston *genuine part* 82,84% dan Piston imitasi 84,63%. Pada pengujian mikro struktur piston *genuine part* dan imitasi memiliki struktur mikro yang lebih baik dari piston daur ulang.

Setiawan (2013) membahas tentang pengujian kekuatan tarik, kekerasan dan struktur mikro produk cor propeler kuningan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa material merupakan kuningan atau paduan Cu-Zn tipe  $\alpha+\beta$  dengan kandungan Zn sebesar 46,95% dan titik cair (*melting point*) sekitar 900° C. Kekerasan material adalah 35,4 HRB dengan tegangan tarik maksimum  $\sigma_{\max} = 342$  MPa dan regangan  $\epsilon = 4,8\%$ . Bentuk dari struktur mikro belum menunjukkan struktur *columnar dendrite*.

Penelitian yang dilakukan oleh Firmansyah (2012) tentang studi perbandingan beberapa produk *connecting rod* yang ada dipasaran ditinjau dari aspek material. Dari hasil pengujian komposisi kimia diketahui bahwa jenis material yang digunakan di setiap *connecting rod* adalah sama. Namun dari hasil pengujian kekerasan dan pengamatan struktur mikro ditemukan bahwa jika dibanding dengan produk A, maka produk B, C, D, dan E memiliki nilai kekerasan dan struktur mikro yang berbeda. Perbedaan inilah yang mungkin akan mempengaruhi kualitas dan harga beberapa *connecting rod* tersebut.

Penelitian yang dilakukan oleh Bondan (2010) tentang pengaruh tekanan dan temperatur cetakan terhadap struktur mikro dan kekerasan hasil pengecoran pada material alumunium daur ulang. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh tekanan dan temperatur cetakan terhadap sifat fisis dan mekanis pada pengecoran squeeze (direct squeeze casting) pada paduan aluminum daur ulang dengan variasi temperatur 300°C dan 400°C. Tekanan diberikan pada saat pembekuan sebesar 0 MPa, 10 MPa, 20 MPa dan 30 MPa selama 100 detik. Perubahan struktur mikro diamati dengan menggunakan mikroskop optik, perubahan sifat mekanis dilakukan dengan pengujian kekerasan Brinell. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pengecoran *squeeze* mampu mengurangi cacat penyusutan, struktur silikon semakin halus, meningkatkan dan meratakan distribusi kekerasan Brinell. Penurunan temperatur cetakan menyebabkan struktur silikon semakin halus dan kekerasan naik.

Agus (2010), meneliti tentang pengaruh temperatur tuang dan waktu tuang terhadap penyusutan silinder coran alumunium dengan cetakan logam. Pada

penelitian ini digunakan material aluminium skrap dan cetakan logam sederhana metode gravitasi tanpa riser. Sebagai variabel berubah digunakan waktu tuang 1, 5 dan 10 detik sedangkan temperaturnya adalah 800°C, 900°C dan 1000°C. Pengujian yang dilakukan adalah pengukuran penyusutan specimen. Dari data penelitian didapatkan hasil terbaik pada perlakuan waktu tuang 10 detik dan temperatur 1000°C. Penyusutan yang dihasilkan pada waktu tersebut adalah 1,61 gram sedangkan pada temperatur tuang 1000°C penyusutannya sebesar 1,85 gram Berdasarkan analisa dari hasil penelitian maka dapat diambil kesimpulan bahwa pada proses pengecoran sangat penting untuk diperhatikan tentang penentuan temperatur penuangan dan waktu tuang karena kedua faktor tersebut ternyata memberikan pengaruh yang nyata terhadap hasil pengecoran tepatnya terhadap penyusutan hasil coran.

Ahmadi, N (2002), meneliti tentang pengaruh pengecoran batang torak dari aluminium paduan AL-Cu-Ni dengan cetakan pasir dan cetakan logam terhadap kekerasan dan kekuatan tarik. Hasil penelitian menunjukkan hasil paduan cetakan logam mempunyai kekerasan lebih dibanding cetakan pasir, dengan kekerasan rata-rata 109.20 N/mm<sup>2</sup> dan 81 N/mm<sup>2</sup> sedangkan kekuatannya 13.56 N/mm<sup>2</sup> dan 9.77 N/mm<sup>2</sup>. Dari penelitian tersebut dapat diketahui unsur-unsur yang terkandung dalam aluminium dan pengaruhnya terhadap sifat fisis dan mekanis aluminium, serta pengaruh dari cetakan yang digunakan untuk pengecoran aluminium terhadap sifat fisis dan mekanis.

## 2.2 Dasar Teori

### 2.2.1 Connecting Rod

*Connecting rod* berfungsi sebagian penerus daya atau tenaga yang dihasilkan saat terjadi pembakaran diruang bakar, sehingga *connecting rod* mempunyai peran yang penting pada sepeda motor dan mobil. Ada beberapa bentuk *connecting rod* yang digunakan didunia otomotif yaitu :

#### a. Connecting Rod Sepeda Motor



Gambar 2.1 *Connecting Rod* sepeda motor (Tegar, 2012)

#### b. Connecting Rod Mobil



Gambar 2.2 *Connecting rod* mobil (Tegar, 2012)

Dari gambar diatas adalah contoh bentuk *connecting rod* sepeda motor dan *connecting rod* mobil. Yang membedakannya adalah pada bagian *big end*, yang mana *big end* pada mobil terdapat baut sambung, sedangkan pada sepeda

motor tidak ada baut sambung. Dengan perbedaan tersebut tidak menghilangkan fungsi utama pada *connecting rod* yang berfungsi untuk menghubungkan piston dengan poros engkol dan menerima beban tenaga yang dihasilkan diruang bakar. Jika dilihat dari fungsinya *connecting rod* harus terbuat dari bahan yang kuat agar dapat menerima tenaga yang dihasilkan diruang bakar saat terjadi langkah usaha.

### **2.2.2 Pengecoran**

Pengecoran adalah suatu proses penuangan material cair seperti logam atau plastik yang dimasukkan kedalam cetakan, kemudian dibiarkan membeku atau mengeras didalam cetakan tersebut, dan kemudian dikeluarkan atau dipecah-pecah untuk menjadi komponen mesin. Pengecoran digunakan untuk membuat bagian mesin dengan bentuk kompleks. Jenis pengecoran menurut cetakan dibagi menjadi beberapa jenis diantaranya cetakan pasir (*Sand Casting*) dan cetakan logam (*Die Casting*).

#### **1. Cetakan Pasir (*Sand Casting*)**

Pada dasarnya, pengecoran dengan pasir ini digunakan untuk mengolah logam bertemperatur rendah, seperti besi, tembaga, aluminium, magnesium, dan nikel. Pengecoran dengan pasir ini juga dapat digunakan pada logam bertempertaur tinggi, namun untuk bahan logam selain itu tidak akan bisa diproses. Untuk jenis pasir yang digunakan, biasanya menggunakan pasir silica (Silikon Dioksida,  $\text{SiO}_2$ ) atau bisa juga dicampur dengan mineral lain seperti tanah lempung atau resin organik. Besar kecilnya butiran pasir mempengaruhi hasil pengecoran. Yang umum

digunakan untuk pengecoran adalah pasir hijau/*green sand* (basah), karena tidak memiliki batas ukuran beratnya, akan tetapi pasir kering memiliki batasan ukuran berat tertentu, yaitu antara 2.300-2.700 kg dan batas minimumnya antara 0,05-1 kg. Pasir ini disatukan dengan menggunakan tanah liat (sama dengan proses pada pasir hijau) atau dengan menggunakan bahan perekat kimia/minyak polimer. Pasir hampir pada setiap prosesnya dapat diulang beberapa kali dan membutuhkan bahan input tambahan yang sedikit.

## **2. Die Casting**

*Die Casting* adalah proses pencetakan logam dengan menggunakan penekanan yang sangat tinggi pada suhu rendah. Terdapat empat langkah utama dalam proses *die casting*. Pertama etakan disemprot dengan pelicin dan ditutup. pelicin tersebut membantu mengontrol temperatur die dan membantu saat pelepasan dari pengecoran. Kedua logam yang telah dicetak kemudian disuntik pada die dibawah tekanan tinggi (normalnya 100Mpa/1000bar) yang membuat pengecoran setepat dan sehalus adonan. Ketiga temperatur dijaga sampai pengecoran menjadi solid (dalam proses ini biasanya waktu diperpendek dengan menggunakan air pendingin pada cetakan). Keempat tekanan yang tinggi dan kecepatan yang tinggi agar rongga terisi, sebelum ada bagian dari pengecoran yang mengeras. Dengan demikian hal yang dapat merusak hasil pengecoran dapat dihindari, meskipun desainya sulit untuk mampu bagian yang sangat tebal.

### 2.2.3 Alumunium

Aluminium termasuk dalam logam ringan yang mempunyai kekuatan yang tinggi, tahan karat dan merupakan konduktor listrik yang baik. Logam ini dipakai secara luas dalam bidang kimia, listrik, bangunan, transportasi dan alat-alat penyimpanan. Paduan aluminium dapat diklasifikasikan dalam 3 cara yaitu :

1. Berdasarkan pembuatannya, dengan klasifikasi paduan cor dan paduan tempa
2. Berdasarkan perlakuan, dengan klasifikasi dapat dan tidak dapat diperlakukan panas.
3. Berdasarkan unsur-unsur paduannya.

Adapun tambahan unsur lain yang dapat mempengaruhi kekuatan mekaniknya yaitu Cu, Mg, Si, Mn, Zn, Ni dan lain-lain. Penambahan dilakukan secara satu persatu atau secara bersamaan, dengan penambahan tersebut maka akan memberikan sifat yang berbeda-beda dengan unsur yang lainnya. Sebagai contoh sifat yang diberikan seperti ketahanan korosi, ketahanan keausan, ketahanan kekerasan, koefisien muai dan lain sebagainya. (Surdia .T., Saito, S., 1999).

Neff (2002) dalam papernya menjelaskan bahwa untuk bias bersaing dengan logam lain, aluminium harus mengurangi porositas pada proses pengecoran yang disebabkan oleh gas hidrogen yang dapat larut saat proses pengecoran berlangsung. Tetapi tidak semua porositas yang terjadi pada pengecoran dikarenakan oleh gas hidrogen. Adapun porositas saat pengecoran karena penyusutan saat aluminium bertransformasi dari cair ke padat.

Tabel 2.1 Sifat Fisik Alumunium (Surdia.T., Saito,S., 1982)

Sifat Fisis Alumunium	Kemurnian Al (%)	
	99,996	>99,0
Massa Jenis (20°) gr/cm <sup>3</sup>	2,6989	2,71
Titik Cair (C°)	660,2	653-657
Panas Jenis (100 C°)(cal/g)	0,2226	0,2297
Hantaran Listrik (%)	64,94	59 (anil)

Tabel 2.2 Sifat Mekanik Alumunium (Surdia.T., Saito,S., 1982)

Sifat Mekanik Alumunium	Kemurnian Al (%)			
	99,996		>99,0	
	Dianil	75% Rol Dingin	Dianil	H18
Kekuatan Tarik (kg/mm <sup>2</sup> )	4,9	11,6	9,3	16,9
Kekuatan Mulur (0,2) (kg/mm <sup>2</sup> )	1,3	11,0	3,5	14,8
Perpanjangan (%)	48,8	5,5	35	5

Berdasarkan klasifikasi yang ada pada aluminium, adapun sifat umum dari beberapa jenis paduan alumunium yaitu :

1. Jenis Alumunium Murni (Al) seri 1000

Jenis ini adalah alumunium dengan kemurnian antara 99,0%-99,9%. Alumunium dalam seri ini disamping sifatnya yang baik dalam tahan karat, konduksi panas dan konduksi listrik juga memiliki sifat yang memuaskan dalam mampu las dan mampu potong. Hal yang kurang menguntungkan adalah kekuatannya rendah.



2. Jenis Alumunium Tembaga (Al-Cu) seri 2000

Jenis paduan ini adalah yang dapat diperlakukan panas. Dengan melalui pengerasan endapan atau penyepuhan sifat mekanik paduan ini dapat menyamai baja lunak, tetapi daya tahan korosinya rendah bila dibandingkan dengan jenis paduan yang lainnya. Sifat mampu lasnya juga kurang baik, karena itu paduan jenis ini biasanya digunakan pada kontruksi keling dan banyak sekali digunakan dalam kontruksi pesawat terbang seperti duralumin (2017) dan super duralumin (2014).

3. Jenis Alumunium Magan (Al-Mn) seri 3000

Paduan jenis ini tidak dapat diperlakukan panas sehingga penaikan kekuatannya hanya dapat diusahakan melalui pengerjaan dingin dalam proses pembuatannya. Paduan ini juga hampir sama dengan alumunium murni dalam segi ketahanan korosi, potong maupun mampu lasnya, tetapi dari segi kekuatannya paduan ini lebih unggul dari pada almunium murni.

4. Jenis Alumunium Silikon (Al-Si) seri 4000

Paduan ini tidak dapat diperlakukan panas. Jenis ini dalam keadaan cair mempunyai sifat mampu alir yang baik dan dalam proses pembekuannya hampir tidak ada retakan. Karen sifatnya paduan ini banyak digunakan sebagai bahan atau logam las dalam pengelasan paduan alumunium baik paduan cor maupun tempa.

5. Jenis Alumunium Magnesium (Al-Mg) seri 5000

Paduan ini tidak dapat diperlakukan panas, tetapi mempunyai sifat yang baik dalam daya tahan korosi, terutama korosi oleh air laut, dan dalam sifat

mampu lasnya. Paduan ini banyak digunakan konstruksi umum, tangki penyimpanan gas alam dan oksigen cair.

6. Jenis Aluminium Magnesium Silikon (Al-Mg-Si) seri 6000

Paduan ini dapat diperlakukan panas dan mempunyai sifat mampu potong, maupun las, dan daya korosi yang cukup. Sifat yang kurang baik dari paduan ini adalah terjadinya pelunakan pada daerah las sebagai akibat dari panas pengelasan yang timbul.

7. Jenis Aluminium Seng (Al-Zn) seri 7000

Paduan ini bisa diperlakukan panas. Biasanya kedalam paduan pokok Al-Zn ditambahkan Mg, Cu dan Cr. Kekuatan tarik yang dapat mencapai lebih dari  $50\text{kg/mm}^2$ , sehingga paduan ini dinamakan juga ultra duralumin. Berlawanan dengan kekuatannya, sifat mampu lasnya dan daya tahan terhadap korosi kurang menguntungkan. Paduan Al-Zn-Mg banyak digunakan dalam konstruksi las dari pada paduan dasar Al-Zn, karena daya mampu las yang baik dan daya tahan korosi yang baik dan disamping itu juga pelunakan pada daerah las dapat mengeras kembali karena penguatan alamiah.

#### **2.2.4 Pengujian Material**

##### **1. Pengujian Kekerasan**

Pengujian ini berfungsi untuk mengetahui nilai kekerasan dari suatu bahan atau material. Pengujian ini menggunakan indentor yang ditekan ke permukaan material uji dengan beban tertentu dan hasil dari

bekas injakan tersebut yang akan dihitung untuk mengetahui nilai kekerasan pada material tersebut. Adapun beberapa jenis pengujian kekerasan diantaranya :

a) Uji Kekerasan *Vickers*

Uji kekerasan *Vickers* menggunakan penumbuk piramida intan yang dasarnya berbentuk bujur sangkar. Besarnya sudut antara permukaan-permukaan piramid yang saling berhadapan adalah  $136^\circ$ . Karena bentuk penumbuknya piramid, maka pengujian ini sering dinamakan uji kekerasan piramid intan. Angka kekerasan piramid intan (DPH) atau angka kekerasan *Vickers* (VHN atau VPH) didefinisikan sebagai beban dibagi luas permukaan lekukan. DPH dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut :

$$VHN = \frac{2P \sin(\theta/2)}{d^2} = \frac{1,854xP}{d^2} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana :

P = beban yang diterapkan (kg)

d = panjang diagonal rata-rata (mm)

$\Theta$  = sudut antara permukaan intan yang berhadapan ( $136^\circ$ )

Dengan rumus diatas nilai kekerasan *Vickers* pada benda uji akan didapatkan. Dimana benda uji harus bersih dan rata,

karena hasil dari bekas injakan piramida intan yang akan dihitung (permukaan dari intan piramida adalah sama sisi atau segi empat). Sehingga saat melakukan pengukuran harus teliti.

b) Uji Kekerasan *Rockwell*

Pengujian kekerasan *Rockwell* ini juga hampir sama dengan pengujian kekerasan *vickers*, yang membedakan adalah cara menghitung nilai kekerasannya yang bergantung pada kedalaman lekukan bukan dari pada pangjang diagonal ataupun dari pengukuran diameter indentor. Dan ini yang menjadikan pengujian *rockwell* menjadi berbeda dari pengujian kekerasan yang lain.

Pengujian ini yang umumnya biasa dipakai ada jenis HRC (*Rockwell Hardness Test*), HRB (*Rockwell B Hardness Test*), HRA (*Rockwell A Hardness Test*), HRN (*Rockwell N Hardness Test*). Tingkat pengujian kekerasn *rockwell* diatur berdasarkan standar DIN 50103 dan pengujian *rockwell* tergantung pada tingkat kekerasan yang diatur oleh indentor. Dalam pengujian *rockwell* indentor ada dua macam yaitu :

1. Kerucut intan dengan sudut  $120^{\circ}$ , dikenal dengan *Rockwell Cone*.
2. Bola baja dengan berbagai ukuran, dikenal dengan *Rockwell*.

Untuk cara menentukan pemakaian skala yang tepat harus ditentukan skala maksimal nilai kekerasannya, sehingga dapat menentukan indenter mana yang tepat untuk pengujian yang akan dilakukan.

c) Uji Kekerasan *Brinell*

Uji kekerasan *Brinell* pertama kali dikenalkan oleh J.A Brinell pada tahun 1900. Uji kekerasan *Brinell* terdiri dari penekanan suatu bola baja (identor) yang dikeraskan (*Hardened Steel Ball*) pada permukaan benda uji. Nilai kekerasan pada pengujian kekerasan *brinell* didapat dari perhitungan diameter paling atas pada lekukan atau bekas injakan indenter pada permukaan spesimen benda uji dan diukur dengan teliti. Permukaan benda uji harus halus, bebas dari debu dan kerak. Angka kekerasan *Brinell* (*Brinell Hardness number*, BHN) dinyatakan sebagai beban P dibagi luasan permukaan lekukan. Persamaan untuk angka-angka kekerasan tersebut adalah sebagai berikut:

$$BHN = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana :

P = beban yang diterapkan (kg)

D = diameter bola (mm)

d = diameter lekukan (mm)

$t$  = kedalaman jejak (mm)

Diameter lekukan diukur dengan menggunakan mikroskop daya rendah, setelah beban tersebut dihilangkan kemudian dicari harga rata-rata dari dua buah pengukuran diameter pada jejak yang berarah tegak lurus.

## 2. Pengujian Metalografi

Pengujian metalografi atau pengujian struktur mikro bertujuan untuk mengetahui sifat, struktur, temperatur dan prosentase campuran material. Hasil pengujian ini biasanya berupa gambar struktur pembentuk ataupun sifat - sifat dari material yang diuji. Dalam pengujian metalografi (struktur mikro) ada dua macam jenis yaitu :

- a. Pengujian *Macro (Macroscopic Test)* pengujian ini dilakukan jika material yang akan diuji termasuk bahan dengan struktur kristal besar atau kasar. Perbesaran yang biasanya hanya berkisar 0,5 sampai 50 kali. Bisa digunakan pada material logam hasil coran dan bahan yang non logam (bukan logam).
- b. Pengujian *Micro (Microscopic Test)* pengujian ini biasanya digunakan pada material bahan yang memiliki struktur kristal yang sangat halus dengan perbesaran 50 sampai 3000 kali.

Dengan tingkat kesulitan pembuatan spesimen uji struktur mikro, adapun bahan dan perlengkapan yang harus dipersiapkan sebelum pengujian agar hasil dari pengujian struktur mikro bisa maksimal, yaitu :

- a. *Grinding Belt*
- b. Kertas Amplas dan Pemegangnya
- c. *Metallographic Polishing Table*
- d. Bejana untuk *Etching Reagents*
- e. *Etching Reagent*
- f. Mikroskop metalurgi
- g. Kamera
- h. *Film*
- i. *Printing Paper*
- j. *Specimen* atau benda uji

### **3. Pengujian Komposisi Kimia**

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui unsur apa saja yang terdapat pada bahan pembuatan *connecting rod* berbahan piston bekas dengan penambahn Ti-B 0,05%. Pengujian ini dilakukan dengan cara menembakan laser ke permkaan spesimen, tembakan minimal 3 kali agar mendapatkan hasil yang maksimal. Setelah ditembak ke permukaan spesimen lalu spesimen yang ditembak akan melepaskan unsur yang terdapat pada spesimen dan

akan ditangkap oleh sensor yang ada pada mesin uji komposisi kimia. Setelah sensor menangkap unsur yang berterbangan karena tembakan laser tersebut otomatis mesin uji langsung mendeteksi unsur apa saja yang terdapat pada spesimen tersebut. Dengan demikian akan terlihat unsur apa saja yang terkandung dalam spesimen tersebut sehingga bisa diketahui.