



**PENGARUH VARIASI MEDIA *QUENCHING*  
TERHADAP NILAI KEKERASAN DAN STRUKTUR  
MIKRO HASIL *REMELTING* ALUMINIUM PADUAN  
BERBASIS LIMBAH PISTON**

**SKRIPSI**

Skripsi ini ditulis sebagai salah satu syarat untuk  
memperoleh gelar Sarjana Pendidikan  
Program Studi Pendidikan Teknik Mesin

**UNNES**  
oleh  
Dhimas Ilka Wahyu Wibowo  
5201412049  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

**JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG  
2016**


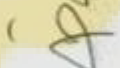
## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh:



Nama : Dhimas Ilka Wahyu Wibowo  
NIM : 5201412049  
Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin S1  
Judul Skripsi : Pengaruh Variasi Media *Quenching* terhadap Nilai Kekerasan dan Struktur Mikro Hasil *Remelting* Aluminium Paduan Berbasis Limbah Piston

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji dan diterima sebagai persyaratan memperoleh gelar Sarjana Pendidikan pada Program Studi Pendidikan Teknik Mesin S1, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.

### Panitia Ujian

		Tanda Tangan	Tanggal
Ketua	: Rusiyanto, S.Pd., M.T. NIP 197403211999031002	(  )	20/06/2016
Sekretaris	: Rusiyanto, S.Pd., M.T. NIP 197403211999031002	(  )	20/06/2016

### Dewan Penguji

Pembimbing	: Dr. Rahmat Doni W, S.T., M.T. NIP 197509272006041002	(  )	20/6/2016
Penguji Utama I	: Rusiyanto, S.Pd., M.T. NIP 197403211999031002	(  )	20/06/2016
Penguji Utama II	: Drs. Masugino, M.Pd. NIP 195207211980121001	(  )	20/06/2016
Penguji Pendamping	: Dr. Rahmat Doni W, S.T., M.T. NIP 197509272006041002	(  )	20/6/2016

Ditetapkan tanggal: 20/06/2016

UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

Mengesahkan,  
Dekan Fakultas Teknik



Dr. Nur Qudus, M.T.  
NIP-196911301994031001

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Dhimas Ilka Wahyu Wibowo  
NIM : 5201412049  
Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin S1  
Fakultas : Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi dengan judul "**Pengaruh Variasi Media Quenching terhadap Nilai Kekerasan dan Struktur Mikro Hasil Remelting Aluminium Paduan Berbasis Limbah Piston**" in disusun berdasarkan hasil penelitian saya dengan arahan dosen pembimbing. Sumber Informasi atau kutipan dari karya yang saya terbitkan telah disebutkan dalam teks dan tercantum dalam daftar pustaka dibagian akhir skripsi saya. Skripsi ini belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar dalam program sejenis di perguruan tinggi manapun.

Semarang, 20 Juni 2016



Dhimas Ilka Wahyu Wibowo  
NIM 5201412049

**UNNES**  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

## MOTTO DAN PERSEMBAHAN

### MOTTO

1. *“Berusahalah untuk tidak menjadi manusia yang berhasil tetapi berusahalah menjadi manusia yang berguna” (Albert Einstein).*
2. *Sebaik-baik manusia adalah yang bermanfaat bagi orang lain, sebaik-baik guru adalah yang bisa membawa kemuliaan bagi murid-muridnya, menunjukkan keselamatan bukan hanya di dunia tetapi juga di akherat.*

### PERSEMBAHAN

Skripsi ini penulis persembahkan kepada:

1. Ibu dan Bapak yang telah dengan ikhlas, tulus dan sabar membimbing dan menyayangiku serta selalu mendoakan hidupku.
2. Kakakku yang selalu memberi dorongan dan d’oa untuk keberhasilanku.
3. Kekasihku yang selalu memberi dukungan dan semangat.
4. Teman seperjuangan dan keluarga besar Teknik Mesin UNNES.

## ABSTRAK

**Dhimas Ilka Wahyu Wibowo, 2016.** Pengaruh Variasi Media *Quenching* terhadap Nilai Kekerasan dan Struktur Mikro Hasil *Remelting* Aluminium Paduan Berbasis Limbah Piston. Skripsi. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang. Dr. Rahmat Doni Widodo, S.T., M.T.

Industri dalam bidang pengecoran banyak sekali menggunakan aluminium sebagai material pengecoran karena memiliki sifat yang ringan, dapat dibentuk dengan baik dan memiliki ketahanan terhadap korosi yang sangat tinggi tetapi dalam kehidupan sehari-hari banyak faktor yang menyebabkan daya guna material ini menurun. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai kekerasan variasi media *quenching* menggunakan air, air *dromus*, *quenching oil* dan *non-quenching* pada hasil *remelting* aluminium paduan berbasis limbah piston, serta untuk mengetahui struktur mikro variasi media *quenching* menggunakan air, air *dromus*, *quenching oil* pada hasil *remelting* aluminium paduan berbasis limbah piston.

Pada penelitian ini desain yang digunakan adalah desain penelitian eksperimen *One Shot Case Study* karena dalam penelitian ini hasil *remelting* aluminium paduan berbasis limbah piston akan diberi perlakuan media pendingin yang bervariasi menggunakan air, air *dromus* dan *quenching oil* dan akan diobservasi hasilnya untuk dijadikan sebagai referensi dalam perhitungan laju pendinginan dan kemudian akan diteliti struktur mikro dan nilai pengujian kekerasan yang dihasilkan. Metode analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode analisis statistik deskriptif. Data yang diperoleh dalam penelitian ini akan disajikan secara deskriptif, dimana data yang berbentuk angka akan dimasukkan ke dalam tabel dan divisualisasikan ke dalam grafik untuk kemudian dipaparkan dan dideskripsikan.

Hasil nilai kekerasan yang dimiliki spesimen hasil *quenching* media air lebih tinggi daripada spesimen hasil *quenching* media *quenching oil*, hasil *quenching* media air *dromus* dan *raw material*. Pembentukan kristal Al terhadap kristal Si yang dimiliki spesimen air lebih cepat daripada spesimen lainnya. Hal ini disebabkan karena perbedaan laju pendinginan pada setiap kelompok perlakuan spesimen. Jadi dapat disimpulkan bahwa semakin cepat laju pendinginan maka semakin keras nilai kekerasannya dan semakin baik pembentukan kristal Al terhadap kristal Si.

Kata kunci: Aluminium paduan, *remelting*, *quenching*, kekerasan, struktur mikro.

## KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Tuhan Yang Maha Esa, atas rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyusun skripsi dengan judul “Pengaruh Variasi Media *Quenching* terhadap Nilai Kekerasan dan Struktur Mikro Hasil *Remelting* Aluminium Paduan Berbasis Limbah Piston” dalam rangka menyelesaikan studi Strata Satu untuk mencapai gelar Sarjana Pendidikan di Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.

Skripsi ini dapat diselesaikan berkat bimbingan, motivasi dan bantuan semua pihak. Oleh karena itu dengan rendah hati disampaikan ucapan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini, antara lain:

1. Dr. Nur Qudus, M.T., Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
2. Rusiyanto, S.Pd., M.T., Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
3. Dr. Rahmat Doni Widodo, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan, motivasi, saran dan masukan kepada penulis dalam penyelesaian skripsi ini.
4. Semua pihak yang telah memberikan motivasi, saran dan masukan kepada penulis dalam penyelesaian skripsi ini.

Penulis menyadari dalam skripsi ini masih banyak kekurangan, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dalam perbaikan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca pada umumnya dan dunia pendidikan pada khususnya.

Semarang, 16 Juni 2016

Penulis



## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iii
MOTTO DAN PERSEMBAHAN .....	iv
ABSTRAK .....	v
KATA PENGANTAR .....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Identifikasi Masalah .....	3
1.3 Pembatasan Masalah .....	4
1.4 Rumusan Masalah .....	5
1.5 Tujuan Penelitian .....	6
1.6 Manfaat Penelitian .....	6
<b>BAB II KAJIAN PUSTAKA</b>	
2.1 Kajian Teori	
2.1.1 Aluminium .....	8
2.1.2 Silikon .....	13
2.1.3 <i>Remelting</i> .....	14
2.1.4 Piston.....	16
2.1.5 <i>Quenching</i> .....	18
2.1.6 Pengujian Kekerasan Vickers.....	21

2.1.7 Pengujian Struktur Mikro.....	24
2.2 Kajian Penelitian yang Relevan .....	25
2.3 Kerangka Pikir Penelitian.....	28

### BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	
3.1.1 Waktu Penelitian .....	30
3.1.2 Tempat Penelitian.....	30
3.2 Desain Penelitian.....	31
3.3 Alat dan Bahan Penelitian	
3.3.1 Alat Penelitian.....	31
3.3.2 Bahan Penelitian .....	34
3.4 Parameter Penelitian	
3.4.1 Variabel Independen .....	35
3.4.2 Variabel Dependen .....	36
3.5 Teknik Pengumpulan Data	
3.5.1 Diagram Alir Penelitian .....	37
3.5.2 Proses Penelitian .....	38
3.5.3 Data Penelitian .....	43
3.6 Teknik Analisis Data .....	43

### BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian	
4.1.1 Hasil Uji Komposisi Kimia.....	45
4.1.2 Hasil Pengamatan Struktur Mikro .....	46
4.1.3 Hasil Pengujian Kekerasan .....	51
4.2 Pembahasan	
4.2.1 Komposisi Kimia .....	55
4.2.2 Struktur Mikro .....	55
4.2.3 Nilai Kekerasan .....	61



BAB V PENUTUP

5.1 Simpulan ..... 66  
5.2 Saran ..... 67

DAFTAR PUSTAKA ..... 68

LAMPIRAN-LAMPIRAN..... 71



## DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN

<b>Simbol</b>	<b>Arti</b>
°	Derajat
%	Persen
>	Lebih dari
<	Kurang dari
$\alpha$	Alfa
P	Beban yang digunakan
L	Panjang diagonal rata-rata
$\theta$	Teta
<b>Singkatan</b>	<b>Arti</b>
<i>fcc</i>	<i>face centered cubic</i>
kg	kilogram
mm	millimeter
$\mu\text{m}$	mikrometer
ml	mililiter
$\text{kg}/\text{mm}^2$	kilogram per mili meter persegi
kgf	kilogram <i>force</i>
gf	gram <i>force</i>
°C	Derajat Celcius
°F	Derajat Fahrenheit
HBN	<i>Hardness Brinell Number</i>
HV	<i>Harness Vickers</i>
ASTM	<i>American Society of Testing and Material</i>
Al	Aluminium
Si	Silikon
Mg	Magnesium
Cr	Kromium
Ni	Nikel

Zn	Zink (seng)
Sn	Stannum (timah)
Ti	Titanium
Pb	Plumbum (timbal)
Be	Berilium
Ca	Kalsium
Sr	Strontium
V	Vanadium
Zr	Zirkonium
Fe	Ferrum
Al-Cu	Aluminium-Cuprum (tembaga)
Al-Mn	Aluminium-Mangan
Al-Si	Aluminium-Silikon
Al-Mg	Aluminium-Magnesium
Al-Mg-Si	Aluminium-Magnesium-Silicon
Al-Mg-Zn	Aluminium-Magnesium-Zink



**UNNES**  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Sifat-sifat fisik aluminium .....	9
Tabel 2.2 Sifat-sifat mekanis aluminium .....	9
Tabel 2.3 Sifat karakteristik silikon .....	14
Tabel 2.4 Sifat fisis dan mekanis piston 4 tak dan 2 tak .....	17
Tabel 2.5 Daya pendingin air dan minyak pelumas .....	19
Tabel 2.6 Sifat fisik dan kimia <i>oil quenching</i> .....	20
Tabel 2.7 Komposisi dan sifat kimia <i>dromus oil</i> .....	20
Tabel 2.8 Nilai Konversi Kekerasan .....	24
Tabel 3.1 Desain Penelitian.....	31
Tabel 3.2 Kebutuhan Spesimen.....	39
Tabel 3.3 Data hasil pengukuran nilai kekerasan pada hasil <i>remelting</i> aluminium paduan berbasis limbah piston .....	43
Tabel 3.4 Data hasil laju pendingin proses <i>quenching</i> .....	43
Tabel 4.1 Komposisi kimia hasil <i>remelting</i> aluminium paduan berbasis limbah piston.....	45
Tabel 4.2 Data hasil pengujian kekerasan.....	51
Tabel 4.3 Laju pendingin proses <i>quenching</i> .....	60

UNNES  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Diagram fasa Al – Cu .....	10
Gambar 2.2 Diagram fasa Al – Si .....	11
Gambar 2.3 Diagram fasa Al – Mg <sub>2</sub> – Si .....	12
Gambar 2.4 Diagram fasa Al – Mg – Zn <sub>2</sub> .....	13
Gambar 2.5 Piston.....	17
Gambar 2.6 Skema pengujian <i>vickers</i> .....	22
Gambar 2.7 Tipe-tipe lekukan piramida intan .....	23
Gambar 3.1 Dapur peleburan .....	32
Gambar 3.2 <i>Ladle</i> .....	32
Gambar 3.3 <i>Stopwatch</i> .....	32
Gambar 3.4 Cetakan coran.....	32
Gambar 3.5 <i>Digital thermocouple</i> .....	33
Gambar 3.6 Arun <i>metal scan</i> 00203351 .....	33
Gambar 3.7 Mikroskop merk Krisbow XSZ-107 BN.....	33
Gambar 3.8 Alat uji kekerasan <i>micro Vickers</i> .....	34
Gambar 3.9 Piston sepeda motor Yamaha RX King.....	34
Gambar 3.10 <i>Dromus</i> .....	35
Gambar 3.11 <i>Quenching oil</i> Drathon DR 819.01 .....	35
Gambar 3.12 Diagram alir penelitian.....	37
Gambar 3.13 Spésimen uji.....	40
Gambar 3.14 Alat uji struktur mikro.....	41
Gambar 4.1 Struktur mikro Al-Si perbesaran 110x .....	46
Gambar 4.2 Struktur mikro <i>raw material</i> perbesaran 50x .....	47
Gambar 4.3 Struktur mikro <i>raw material</i> perbesaran 100x .....	47
Gambar 4.4 Struktur mikro hasil <i>quenching</i> media <i>oil quenching</i> perbesaran 50x.....	48
Gambar 4.5 Struktur mikro hasil <i>quenching</i> media <i>oil quenching</i> perbesaran 100x.....	48

Gambar 4.6 Struktur mikro hasil <i>quenching</i> media air <i>dromus</i> perbesaran 50x.....	49
Gambar 4.7 Struktur mikro hasil <i>quenching</i> media air <i>dromus</i> perbesaran 100x .....	49
Gambar 4.8 Struktur mikro hasil <i>quenching</i> media air perbesaran 50x.....	50
Gambar 4.9 Struktur mikro hasil <i>quenching</i> media air perbesaran 100x.....	50
Gambar 4.10 Spesimen pengujian <i>micro vickers</i> .....	51
Gambar 4.11 Grafik distribusi hasil kekerasan spesimen <i>non quenching</i> ...	52
Gambar 4.12 Grafik distribusi hasil kekerasan spesimen yang di <i>quenching</i> dengan media <i>quenching oil</i> .....	52
Gambar 4.13 Grafik distribusi hasil kekerasan spesimen yang di <i>quenching</i> dengan media air <i>dromus</i> .....	53
Gambar 4.14 Grafik distribusi hasil kekerasan spesimen yang di <i>quenching</i> dengan media air .....	53
Gambar 4.15 Grafik distribusi hasil kekerasan <i>micro vickers</i> .....	54
Gambar 4.16 Nilai kekerasan rata-rata kelompok spesimen.....	54
Gambar 4.17 Struktur mikro <i>raw material</i> .....	56
Gambar 4.18 Struktur mikro spesimen hasil <i>quenching</i> dengan media oli SAE 40 .....	57
Gambar 4.19 Struktur mikro spesimen hasil <i>quenching</i> dengan media air sumur .....	59
Gambar 4.20 Grafik laju pendingin proses <i>quenching</i> .....	60

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Surat Ijin Penelitian di Lab. Pengecoran Logam Teknik Mesin UNNES .....	72
Lampiran 2 Surat Ijin Penelitian di Lab. Material UNWAHAS .....	73
Lampiran 3 Laporan Pengujian Uji Komposisi Kimia .....	74
Lampiran 4 Surat Keterangan Pengujian Teknik Mesin UNNES.....	75
Lampiran 5 Laporan Pengujian <i>Micro Vickers</i> .....	76
Lampiran 6 Perhitungan Hasil Uji <i>Micro Vickers</i> .....	77
Lampiran 7 Dokumentasi.....	83





# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Penggunaan logam dalam perkembangan teknologi dan industri sebagai salah satu material penunjang sangat besar peranannya. Aluminium merupakan salah satu jenis logam yang banyak dimanfaatkan dalam kehidupan sehari-hari khususnya pada bidang industri. Banyak sekali industri dalam bidang pengecoran menggunakan aluminium sebagai material pengecoran karena memiliki sifat yang ringan, dapat dibentuk dengan baik dan memiliki ketahanan terhadap korosi yang sangat tinggi tetapi dalam kehidupan sehari-hari banyak faktor yang menyebabkan daya guna material ini menurun. Salah satu penyebab hal tersebut dikarenakan adanya keterbatasan aluminium yang mengakibatkan meningkatnya harga jual aluminium murni.

Penggunaan *scrap* atau limbah aluminium semakin banyak digunakan dikarenakan adanya peningkatan dalam harga jual aluminium murni. Hal tersebut merupakan solusi alternatif yang sering digunakan oleh industri kecil dalam bidang pengecoran. Pengecoran aluminium di industri kecil seperti di Pasuruan, Sukabumi, Tegal, Ceper, Yogyakarta umumnya tidak menggunakan material aluminium murni tetapi memakai material *scrap* dan komponen yang rusak dari pengecoran sebelumnya, yang dalam hal ini dikenal dengan proses tuang ulang atau *remelting* (Aris Budiyo, Widi Widayat, Rusiyanto, 2010: 13). Penggunaan material aluminium *scrap* maupun komponen yang rusak dari pengecoran

sebelumnya sebagai bahan coran pada proses tuang ulang atau *remelting* menghasilkan produk-produk yang biasanya akan berbeda sifat mekanisnya dibandingkan dengan penggunaan material aluminium murni sebagai bahan coran.

Perlakuan panas pada logam memegang peranan penting dalam upaya meningkatkan kekerasan sesuai kebutuhan. Perlakuan panas mempunyai tujuan untuk meningkatkan keuletan, meningkatkan kekerasan, meningkatkan tegangan tarik logam dan sebagainya. Hal tersebut dapat tercapai jika memperhatikan faktor-faktor yang mempengaruhinya, seperti suhu pemanasan dan media *quenching* yang digunakan. Penelitian ini dalam upaya untuk menguji sifat mekanis hasil pengecoran telah banyak dilakukan dalam upaya mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi sifat mekanis dalam proses pengecoran. Supriyanto (2009: 117) dalam penelitiannya menyimpulkan bahwa setiap logam akan mengalami perubahan fasa selama proses pengecoran, baik perubahan sifat fisis maupun mekanis yang disebabkan oleh proses pembekuan, perubahan sifat ini antara lain tergantung dari media *quenching* yang digunakan pada saat proses pendinginan. Penelitian yang dilakukan oleh Ali, dkk (2012: 9) menyimpulkan bahwa dalam proses pengecoran aluminium, untuk mendapatkan kualitas komponen yang bermutu dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti; komposisi kimia atau jenis paduan aluminium, material cetakan, konstruksi cetakan, laju pendinginan, temperatur penuangan, dan lain-lain. Upaya pengendalian perubahan sifat mekanis dalam proses pengecoran memiliki banyak ragam dan cara dengan memberi perlakuan pada saat proses pengecoran.

Salah satu alternatif yang digunakan untuk mengatasi masalah perubahan sifat mekanis yang terjadi pada pengecoran aluminium dengan cara memberi variasi media *quenching*. Dalam penelitian ini, peneliti menggunakan variasi media *quenching* dengan air, air *dromus*, dan *quenching oil*. Peneliti menggunakan pengujian kekerasan *Vickers* untuk menentukan sifat mekanis dengan menguji nilai kekerasan dari hasil pengecoran aluminium paduan tersebut. Fokus masalah yang ingin dipelajari dalam penelitian ini adalah perlakuan panas pada aluminium paduan dengan pemilihan media *quenching* yang tepat sebagai upaya mengetahui nilai kekerasan hasil *remelting* aluminium paduan berbasis limbah piston.

## 1.2 Identifikasi Masalah

Banyak industri kecil pada bidang pengecoran menggunakan proses tuang ulang atau proses *remelting*. Hal ini menyebabkan perubahan sifat fisis dan mekanis yang terjadi pada hasil coran dikarenakan tidak menggunakan material aluminium murni melainkan menggunakan material *scrap* dan komponen yang rusak dari pengecoran sebelumnya. Selain itu setiap logam pada saat proses pengecoran akan mengalami perubahan fasa, baik perubahan sifat fisis maupun sifat mekanis yang disebabkan oleh proses pembekuan. Perubahan sifat ini terjadi karena media pendingin yang digunakan pada saat proses pendinginan produk.

Waktu pendinginan produk dalam cetakan pada saat pengecoran harus ditentukan secara tepat dengan mempertimbangkan temperatur produk untuk menghasilkan kekuatan mekanis produk yang memadai. Semakin cepat logam

didinginkan maka semakin keras sifat logam itu. Hal ini disebabkan persebaran kristal Al dan kristal Si yang terbentuk pada saat pendinginan. Jika logam memiliki laju pendinginan yang cepat maka pembentukan kristal Si akan merata yang mengakibatkan nilai kekerasan yang dimiliki logam tersebut meningkat.

Peristiwa perubahan sifat mekanis dapat dicegah dengan beberapa hal, salah satunya yang penulis ambil dengan cara memberi variasi media *quenching* pada produk. Media *quenching* yang akan penulis gunakan diantaranya yaitu air, air *dromus* dan *quenching oil*. Variasi tersebut nantinya akan diukur seberapa besar nilai kekerasan dan bagaimana struktur mikro hasil *remelting* aluminium paduan berbasis limbah piston. Penelitian ini diharapkan memberikan masukan dalam melakukan proses *remelting* material limbah untuk menghasilkan produk benda coran yang mendapat perlakuan gaya yang tidak begitu besar seperti pelek, dalam penggunaannya sering mendapatkan beban kejut maka produk tersebut harus memiliki jaminan sifat fisis dan mekanis serta usia pakai (*life time*) yang lama.

### 1.3 Pembatasan Masalah

Adanya beberapa faktor yang mempengaruhi sifat fisis dan mekanis pada logam, maka dalam penelitian ini akan dibatasi tentang variasi media *quenching*. Adapun batasan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Limbah piston yang digunakan yaitu piston bekas sepeda motor Yamaha RX King.

2. Penelitian ini menggunakan perlakuan *quenching* untuk mengetahui pengaruh variasi media *quenching* terhadap nilai kekerasan dan struktur mikro hasil hasil *remelting* aluminium paduan berbasis limbah piston tersebut.
3. Faktor yang mempengaruhi *quenching* diantaranya temperatur, kekentalan, kadar larutan dan bahan dasar media *quenching*.
4. Media *quenching* yang digunakan yaitu air, air *dromus* dan *quenching oil*.
5. Pengujian komposisi kimia menggunakan alat *spectrometer metal scan*.
6. Pengujian struktur mikro menggunakan alat miskroskop metalografi dengan spesifikasi alat uji merk Krisbow XSZ-107 BN.
7. Metode pengujian kekerasan yang akan digunakan adalah metode uji *micro Vickers* menggunakan alat *micro hardness tester Future-Tech FM 800*.
8. Hasil penelitian berupa analisis struktur mikro dan pengujian kekerasan *micro Vickers* hasil *remelting* aluminium paduan berbasis limbah piston menggunakan media pendingin air, air *dromus*, *quenching oil* dan *non-quenching*.

#### 1.4 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimanakah pengaruh variasi media *quenching* dengan menggunakan air, air *dromus*, *quenching oil* dan *non-quenching* terhadap nilai kekerasan pada hasil *remelting* aluminium paduan berbasis limbah piston?
2. Bagaimanakah pengaruh variasi media *quenching* dengan menggunakan air, air *dromus*, *quenching oil* dan *non-quenching* terhadap perubahan struktur mikro pada hasil *remelting* aluminium paduan berbasis limbah piston?

## 1.5 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui:

1. Pengaruh variasi media *quenching* dengan menggunakan air, air *dromus*, *quenching oil* dan *non-quenching* terhadap nilai kekerasan pada hasil *remelting* aluminium paduan berbasis limbah piston.
2. Pengaruh variasi media *quenching* menggunakan air, air *dromus*, *quenching oil* terhadap perubahan struktur mikro pada hasil *remelting* aluminium paduan berbasis limbah piston.

## 1.6 Manfaat Penelitian

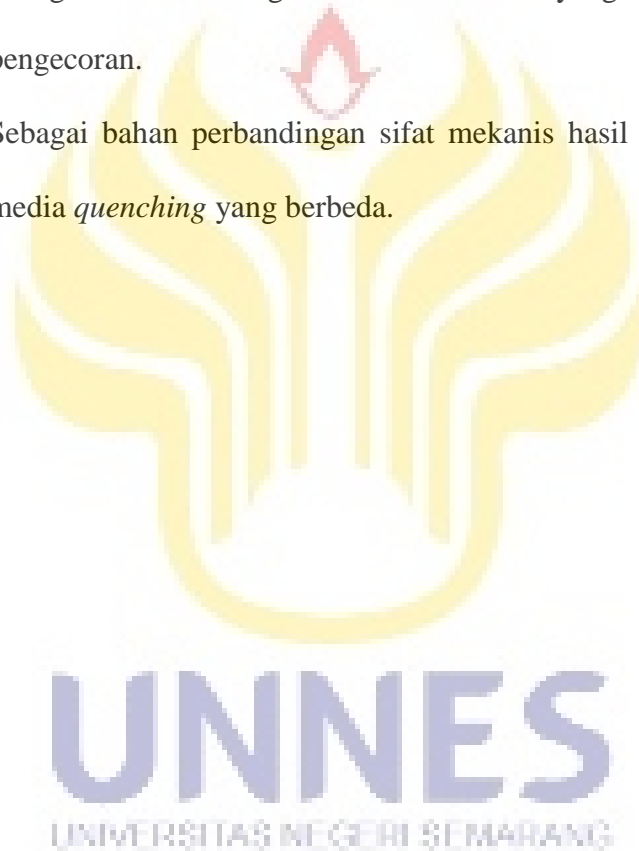
### 1.6.1 Manfaat Teoritis

1. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan sumbangan dan memperkaya hasil penelitian yang telah ada.
2. Sebagai acuan pada saat dilakukannya proses *remelting*.

3. Hasil penelitian ini diharapkan bermanfaat dalam pengembangan ilmu pendidikan.

### 1.6.2 Manfaat Praktis

1. Sebagai masukan bagi instansi atau perusahaan yang bergerak di bidang pengecoran.
2. Sebagai masukan bagi industri rumahan yang bergerak di bidang pengecoran.
3. Sebagai bahan perbandingan sifat mekanis hasil pengecoran dengan media *quenching* yang berbeda.





## **BAB II**

### **KAJIAN PUSTAKA**

#### **2.1 Kajian Teori**

##### **2.1.1 Aluminium**

Aluminium pertama kali ditemukan oleh *Sir Humprey Davy* dalam tahun 1809 sebagai suatu unsur. Pada tahun 1825, seorang ahli fisika Denmark dan ahli kimia bernama *Henry Christian Oersted* berhasil mensintesis aluminium murni. Aluminium terus menjadi logam yang sulit diperoleh hingga pada tahun 1886 hingga *Charles Hall* dari amerika serikat menghasilkan aluminium dari proses elektrolisa alumina yang dipisahkan dari campuran kriolit. Pada tahun yang sama *Poult Heroult* dari prancis melakukan proses yang sama dengan *Charles Hall*. Sejak saat itu aluminium dapat diproduksi secara massal dengan harga terjangkau untuk memenuhi berbagai kebutuhan manusia.

Aluminium merupakan unsur yang melimpah dan logam paling berlimpah yang ditemukan di kerak bumi. Aluminium adalah logam yang mempunyai sifat ringan, kuat dan mudah dibentuk yang pemanfaatannya sangat luas. Selain ringan aluminium juga memiliki kelebihan lain seperti memiliki ketahanan terhadap korosi, sebagai penghantar listrik dan panas yang baik dan sifat-sifat lainnya. Material ini sangat sering digunakan oleh banyak industri sebagai bahan pembuatan peralatan rumah tangga, komponen-komponen otomotif, bahan kontruksi bangunan dan lainnya.

Adapun sifat-sifat fisik dan mekanis aluminium yang dapat dilihat pada tabel 2.1:

Tabel 2.1 Sifat-sifat fisik aluminium  
(Sumber: Surdia, Saito, 1992: 134)

Sifat-sifat	Kemurnian Al (%)	
	99,996	>99,0
Masa jenis (20°C)	2,6989	2,71
Titik cair	660,2	653-657
Panas Jenis (c al/g °C)	0,2226	0,2297
Hantaran listrik (%)	64,94	59 (dianil)
Tahanan listrik koefisien temperatur (/°C)	0,00429	0,0115
Koefisien pemuaian (20-100°C)	$23,8 \times 10^{-6}$	$23,5 \times 10^{-6}$
Jenis kristal, konstanta kisi	<i>fcc</i> , $\alpha=4,013 \text{ kX}$	<i>fcc</i> , $\alpha=4,04 \text{ kX}$

Tabel 2.2 Sifat-sifat mekanis aluminium  
(Sumber: Surdia, Saito, 1992: 134)

Sifat-sifat	Kemurnian Al (%)			
	99,996		>99,0	
	Dianil	75% dirol 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
Kekerasan Brinell	17	27	23	44

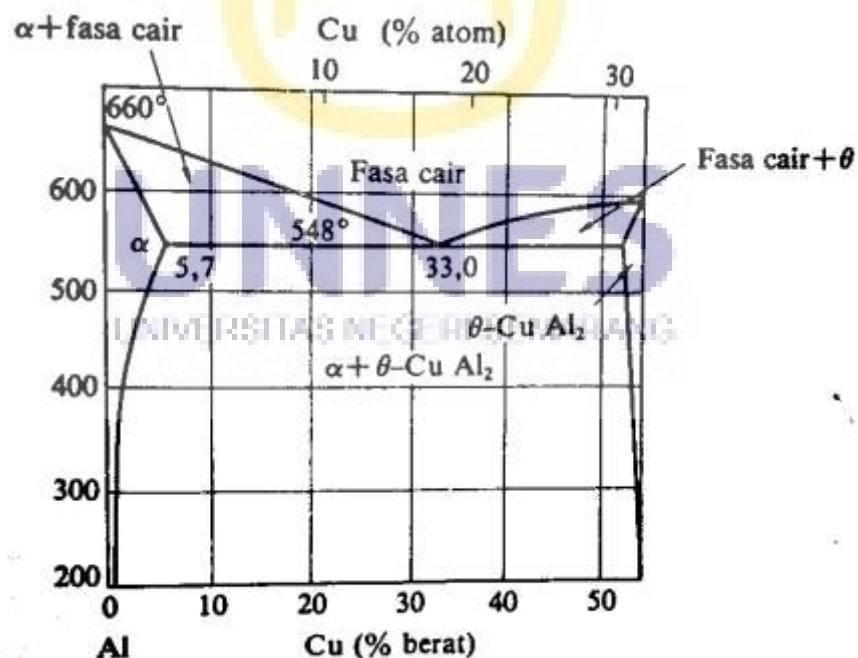
Menurut Surdia, Saito (1992: 135-142) berdasarkan klasifikasinya aluminium dibagi dalam tujuh jenis yaitu:

### 1. Aluminium murni

Jenis ini adalah aluminium dengan kemurnian antara 99% sampai 99,9%, aluminium murni ini mempunyai sifat baik dan tahan karat dan memiliki sifat konduksi panas dan konduksi listrik yang baik namun memiliki kelemahan dari segi kekuatannya yang rendah.

### 2. Paduan Al – Cu

Paduan Al – Cu merupakan jenis paduan aluminium yang dapat diberi perlakuan panas, dengan melalui pengelasan endap atau penyepuhan sifat mekanik. Paduan ini dapat menyamai sifat-sifat dari baja lunak, tetapi daya tahan korosi rendah bila dibandingkan dengan jenis paduan yang lainnya dan sifat mampu lasnya kurang baik. Paduan ini biasa digunakan pada konstruksi pesawat terbang.



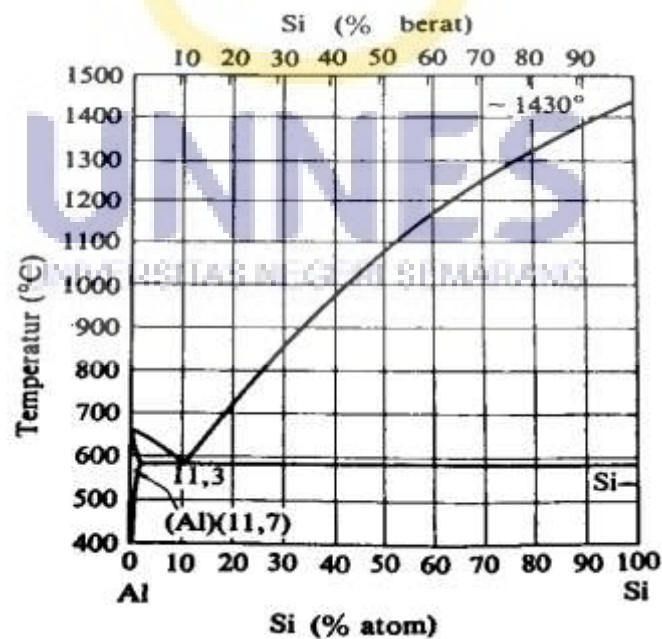
Gambar 2.1 Diagram fasa Al – Cu.  
(Sumber: Surdia, Saito, 1992: 129)

### 3. Paduan Al – Mn

Paduan Al – Mn merupakan jenis paduan aluminium yang tidak dapat diperlakukan-panaskan sehingga untuk menaikkan kekuatannya hanya dapat melalui perlakuan dingin proses pembuatannya, namun dari segi kekuatan jenis paduan aluminium ini lebih baik dari pada jenis aluminium murni.

### 4. Paduan Al – Si

Paduan Al – Si merupakan jenis paduan aluminium yang sangat baik kecairannya, yang mempunyai permukaan bagus sekali, tanpa kegetasan panas, dan sangat baik untuk paduan coran. Sebagai tambahan paduan ini mempunyai ketahanan korosi yang baik, sangat ringan, koefisien pemuaian yang kecil dan sebagai penghantar yang baik untuk listrik dan panas.



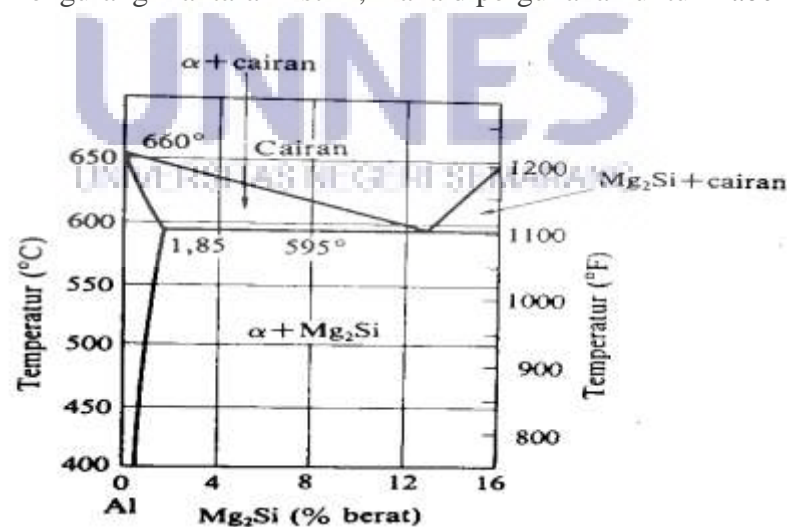
Gambar 2.2 Diagram fasa Al – Si.  
(Sumber: Surdia, Saito, 1992: 137)

### 5. Paduan Al – Mg

Paduan Al – Mg merupakan jenis paduan aluminium yang mempunyai sifat ketahanan korosi yang baik, sejak lama disebut *hidronalium* dan dikenal sebagai paduan yang tahan korosi. Paduan ini mudah ditempa, dirol dan diekstruksi dan mudah di las. Paduan ini banyak digunakan tidak hanya dalam konstruksi umum tetapi juga digunakan sebagai bahan untuk tangki.

### 6. Paduan Al – Mg – Si

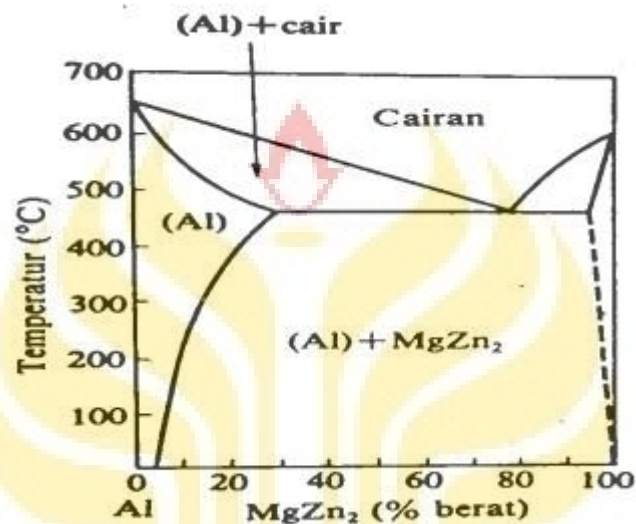
Paduan aluminium ini merupakan paduan yang mempunyai kekuatan kurang sebagai bahan tempaan dibandingkan dengan paduan-paduan lainnya namun sangat liat, sangat baik mampu bentuknya untuk penempaan, ekstrusi memiliki daya tahan korosi yang cukup baik. Jenis paduan ini dipergunakan untuk rangka-rangka konstruksi karena paduan dalam sistem ini mempunyai kekuatan yang cukup baik tanpa mengurangi hantaran listrik, maka dipergunakan untuk kabel tenaga.



Gambar 2.3 Diagram fasa Al – Mg<sub>2</sub> – Si.  
(Sumber: Surdia, Saito, 1992: 139)

## 7. Paduan Al – Mg – Zn

Paduan aluminium jenis ini termasuk jenis yang paling besar digunakan untuk bahan konstruksi pesawat udara. Di samping itu penggunaannya menjadi lebih penting sebagai bahan konstruksi.



Gambar 2.4 Diagram fasa Al – Mg – Zn<sub>2</sub>.  
(Sumber: Surdia, Saito, 1992: 141)

### 2.1.2 Silikon

Silikon merupakan elemen terbanyak kedelapan di alam semesta dari segi massanya, tapi sangat jarang ditemukan dalam bentuk murni di alam. Silikon paling banyak terdistribusi pada debu, pasir, planetoid dan planet dalam berbagai bentuk seperti silikon dioksida atau silikat. Lebih dari 90% kerak bumi terdiri dari mineral silikan, menjadikan silikon sebagai unsur kedua paling melimpah di kerak bumi (sekitar 28% massa) setelah oksigen (Nave, R).

Silikon mempunyai peranan besar terhadap ekonomi modern. Unsur ini sangat sekali digunakan pada proses penyulingan baja, pengecoran, beberapa

proses industri kimia dan sebagian silikon juga digunakan sebagai bahan semi konduktor pada elektronik karena penggunaannya yang besar maka kelangsungan teknologi modern bergantung pada silikon. Silikon mempunyai massa jenis yang lebih besar ketika dalam bentuk cair dibandingkan dalam bentuk padatnya. Silikon tidak akan bercampur ketika dalam fasa padat tetapi hanya meluas sama seperti es memiliki massa jenis lebih kecil daripada air. Berikut sifat karakteristik yang dimiliki unsur silikon yang dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Sifat karakteristik silikon  
(Sumber: Wikipedia)

Sifat-sifat	Silikon
Massa jenis (suhu kamar)	2,290 g.cm <sup>-3</sup>
Massa jenis cair pada titik lebur	2,57 g.cm <sup>-3</sup>
Titik lebur	1414 °C
Titik didih	3265 °C
Kalor peleburan	50,21 kJ.mol <sup>-1</sup>
Kalor penguapan	359 kJ.mol <sup>-1</sup>
Kapasitas kalor	19,789 J.mol <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup>
Struktur kristal	<i>Diamond cubic</i>
Kekerasan Mohs	7

### 2.1.3 *Remelting*

Banyaknya penggunaan material aluminium pada industri maupun rumah tangga mengakibatkan penumpukan limbah aluminium semakin banyak. Hal tersebut tidak bisa dibiarkan saja karena dapat mengakibatkan dampak yang buruk karena limbah aluminium dapat mencemari tanah dan air. Oleh sebab itu harus dilakukan daur ulang pada limbah aluminium yang nanti hasilnya bisa digunakan kembali untuk peralatan rumah tangga maupun dalam pembuatan material teknik. Perlu penanganan khusus terhadap masalah tersebut seperti proses *remelting*.



*Remelting* merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk memperoleh suatu material dengan sifat fisik dan mekanik yang diinginkan dengan merubah sifat yang dimiliki bahan dasarnya. Pada dasarnya proses *remelting* merupakan proses peleburan dan penuangan kembali material yang sebelumnya sudah mengalami peleburan (Surojo, 2009: 126). Dalam proses pengecoran di industri kecil khususnya, tidak semua menggunakan bahan murni (aluminium ingot), tetapi memanfaatkan aluminium sekrap ataupun *reject materials* dari peleburan sebelumnya untuk dituang ulang (*remelting*) (Aris Budiyo, 2010: 26). Proses ini banyak sekali dilakukan umumnya pada industri kecil dikarenakan jumlah *reject materials* yang harganya relatif lebih murah dibandingkan dengan harga aluminium murni.

Proses *remelting* pada limbah aluminium tuang meliputi: pembuatan cetakan, persiapan dan peleburan limbah aluminium, penuangan logam cair kedalam cetakan dan pembersihan coran. Pada proses peleburan untuk mencairkan bahan coran diperlukan alat yang namanya dapur pemanas. Pada proses peleburan yang dilakukan di laboratorium pengecoran di Teknik Mesin Universitas Negeri Semarang menggunakan alat tungku peleburan.

Menuang adalah memindahkan logam cair dari tungku peleburan ke dalam cetakan yang telah disiapkan menggunakan alat bantu yang disebut ladle. Ladle terdiri dari ladle jenis gayung, ladle dengan jepitan pembawa, ladle yang dapat dimiringkan dengan tuas tangan (kapasitas 10 sampai 2.000 kg), ladle yang dimiringkan dengan roda gigi, ladle tuang dasar dengan sumbat (kapasitas 200 sampai 10.000 kg) dan sebagainya (Surdia, 2000: 159). Saat penuangan

diusahakan sedekat mungkin antara dapur pemanas dengan cetakan sehingga dapat menghindari logam coran yang membeku sebelum penuangan sampai pada cetakan.

Besarnya temperatur pada proses *remelting* tergantung dari jenis material yang akan dilebur. Untuk material aluminium umumnya memiliki titik lebur antara 650-660 °C. Pada proses peleburan menggunakan dapur peleburan sistem gerak dengan dua pengabut, waktu yang digunakan pada saat pengecoran yaitu selama 2 jam (Supriyanto, 2009: 120). Dengan menggunakan material aluminium scrap, proses peleburan hingga mencapai temperatur tuang 650 °C, waktu yang digunakan untuk peleburan hingga aluminium mencair lebih kurang selama 1 jam (Ali, dkk, 2012: 11). Lamanya waktu proses peleburan tergantung dari jenis dapur peleburan dan bahan bakar yang digunakan, pada umumnya lama waktu yang digunakan untuk proses *remelting* aluminium antara 1 sampai 2 jam.

#### 2.1.4 Piston

Piston atau juga yang biasa dikenal dengan istilah torak adalah suatu komponen dari mesin pembakaran dalam yang berfungsi sebagai penekan udara masuk dan penerima hentakan pembakaran pada ruang bakar silinder liner. Piston atau torak terhubung dengan poros engkol (*crankshaft*) melalui batang piston (*connecting rod*). Piston bekerja secara terus menerus ketika mesin bermotor menyala. Komponen mesin ini mengalami peningkatan temperatur dan tekanan yang tinggi sehingga harus terbuat dari material yang memiliki daya tahan tinggi. Material piston umumnya terbuat dari bahan yang ringan dan tahan tekanan

seperti aluminium yang sudah bercampur dengan bahan tertentu atau aluminium paduan. Logam ini diyakini mampu meradiasikan panas yang lebih efisien dibandingkan dengan material lainnya.



Gambar 2.5 Piston  
(Sumber: Wikipedia)

Piston merupakan material paduan Al – Si yang mempunyai karakteristik kekuatan dan kekerasan tinggi, ringan dan tahan korosi. Kepala piston terpengaruh langsung dari panas pembakaran bahan bakar, panas ini dapat menaikkan temperatur puncak kepala piston (*crown*) sekitar di atas 6000°F. Temperatur akan turun bila piston bergerak ke bawah, bagian bawah dinding piston temperaturnya sekitar 3000°F (Purnomo, 2015: 6). Penelitian yang dilakukan Purnomo (2015) meneliti sifat fisis dan mekanis piston sepeda motor 4 tak Yamaha Byson baru maupun bekas dan piston sepeda motor 2 tak Yamaha RX King baru maupun bekas yang dapat dilihat pada tabel 2.3.

Tabel 2.4 Sifat fisis dan mekanis piston 4 tak dan 2 tak

Piston	Komposisi		Nilai Kekerasan	
	Al	Si	Kepala	Badan
4 tak	84,47%	13,4%	133,70 HV	83,50 HV

2 tak	71,29%	27,10%	126,75 HV	47,5 HV
-------	--------	--------	-----------	---------

Penyebab utama kerusakan komponen mesin ini adalah ausnya piston yang disebabkan karena kurangnya kedisiplinan pemakai kendaraan bermotor dalam merawat kendaraan terutama dalam pengecekan oli mesin. Jika oli mesin di bawah standar volume yang harus dipenuhi maka akan mengakibatkan komponen mesin ini rusak karena kurangnya pelumasan.

#### 2.1.4 *Quenching*

Pendinginan cepat atau *quenching* adalah suatu proses memanaskan material sampai temperatur tertentu (sebagai contoh untuk baja, pemanasan sampai temperatur austenit) kemudian material tersebut dicelupkan (laju pendinginan cepat) ke dalam media pendingin. Proses *quenching* bertujuan untuk mendapatkan sifat mekanis yang keras (Bahtiar, 2014: 457). Kemampuan suatu jenis media dalam mendinginkan spesimen dapat berbeda-beda, perbedaan kemampuan media pendingin disebabkan oleh temperatur, kekentalan, kadar larutan dan bahan dasar media pendingin. Semakin cepat logam didinginkan maka akan semakin keras sifat logam itu.

Penelitian ini menggunakan media *quenching* air, air *dromus* dan *quenching oil* dengan pertimbangan kecepatan pendinginan antara air dan oli tidak terlalu tinggi perbedaannya dan murah serta mudah didapat. Air merupakan senyawa yang dapat berwujud padat, cair dan gas. Air merupakan senyawa yang mengandung unsur (H) dan unsur oksigen (O), dengan perbandingan unsur 2 atom hidrogen dan 1 atom oksigen (H<sub>2</sub>O). Kedua unsur ini memiliki sifat yang

berlawanan, hidrogen adalah unsur yang tidak dibutuhkan dalam pembakaran, sedangkan oksigen adalah unsur yang dibutuhkan dalam pembakaran. Dalam senyawanya kedua unsur ini memiliki sifat-sifat baru yaitu tidak bisa terbakar. Air memiliki laju pendingin yang cukup baik sehingga banyak digunakan untuk media pendingin dalam perlakuan panas.

Minyak adalah mineral dari sisa-sisa tumbuhan dan hewan laut (*plankton*) yang telah terpendam selama jutaan tahun yang mempunyai sifat untuk selalu melekat dan menyebar pada permukaan-permukaan yang bergesekan. Penggunaan oli yang mempunyai unsur hidrokarbon bila digunakan sebagai media pendingin dalam proses perlakuan panas akan menyebabkan timbulnya lapisan karbon pada bagian permukaan spesimen yang menjadikan unsur keras pada spesimen. Viskositas oli dan bahan dasar oli sangatlah berpengaruh dalam proses pendinginan spesimen. Oli yang mempunyai viskositas lebih rendah memiliki kemampuan penyerapan panas lebih baik dibandingkan dengan oli yang mempunyai viskositas lebih tinggi karena penyerapan panas akan lebih lambat (Ibnu, 2007: 31). *Quenching oil* merupakan oli yang didesain khusus untuk digunakan pada proses *quenching*. Alasan penulis menggunakan media ini antara lain distorsi yang kecil, tingkat kekerasannya merata, tidak menimbulkan korosi pada komponen dan dengan viskositas medium tidak akan mudah terbakar pada saat proses *quenching*.

Berikut adalah spesifikasi daya pendingin air dan minyak pelumas:

Tabel 2.5 Daya pendingin air dan minyak pelumas  
(Sumber: Tipler, 1991: 408)

Spesifikasi	Air	Minyak pelumas
-------------	-----	----------------

Kapasitas panas (kJ/kg K)	4,186	1,675
Panas penguapan (kJ/kg)	2256	314
Koefisien hantar panas (J/m.s.K)	0,582	0,14

Tabel 2.6 Sifat fisik dan kimia *oil quenching*  
(Sumber: MSDS Drathon 819.01)

Spesifikasi	Drathon 819.01
<i>Density</i>	0,880
<i>Flash Point</i>	203
<i>Kinematic Viscosity</i>	30,5
<i>Pour Point, °C</i>	-12
<i>Total Acid Number, mg KOH/g</i>	0,02

*Dromus oil* merupakan minyak mineral hasil penyulingan dan adiptif yang komposisi dan sifat kimianya pada tabel 2.4. *Dromus oil* memberikan pendinginan yang sangat baik, pelumasan dan perlindungan karat digunakan dalam berbagai pengerolan dan pengerjaan mesin. *Dromus oil* mempunyai kelarutan tingkat tinggi terhadap air sehingga dapat diemulsikan dengan rasio air/*dromus* biasanya 20:1 sampai 40:1 (Karmin, 2012: 3). Sehingga penulis menggunakan media pendingin air *dromus* karena memungkinkan dimanfaatkan sebagai pendinginan pada pengerasan aluminium paduan.

Tabel 2.7 Komposisi dan sifat kimia *dromus oil*  
(Sumber: Karmin, 2012: 3)

Komposisi		<i>Chemical properties</i>
Nama	Proporsi	<i>Initial boiling point: &gt;100 °C</i>

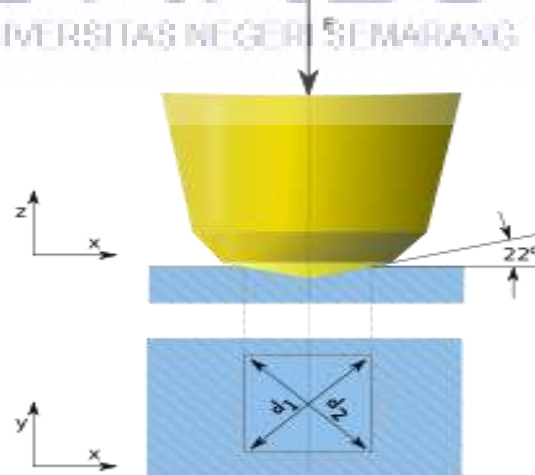
<i>Sodium sulphonate</i>	1-4,9 %	<i>Flash Point: &gt;100°C</i>
<i>Polyolefin ether</i>	1-3 %	<i>Auto-ignition temperature: above 320°C</i>
<i>Alkyl amide</i>	1-3 %	<i>Density: 930 kg/m<sup>3</sup> at 15°C</i>
<i>Long chain alkenyl amide borate</i>	1-2,4 %	<i>Kinematic vuscositty 400mm<sup>2</sup>/sec</i>

### 2.1.5 Pengujian Kekerasan *Vickers*

Pengujian kekerasan merupakan kemampuan suatu bahan terhadap pembebanan dalam perubahan yang tetap, sehingga ketika gaya tertentu diberikan pada suatu benda uji dan karena pengaruh pembebanan benda uji akan mengalami deformasi. Terdapat tiga jenis umum mengenai ukuran kekerasan, yang tergantung pada cara melakukan pengujian, ketiga jenis tersebut adalah kekerasan goresan (*scratch hardness*), kekerasan lekukan (*indentation hardness*), dan kekerasan pantulan (*rebound*) atau kekerasan dinamik (*dynamic hardness*) (Dieter, 1993: 328). Dapat disimpulkan kekerasan bisa didefinisikan sebagai ketahanan sebuah benda kerja terhadap penetrasi atau daya tembus dari bahan lain yang lebih keras (penetrator). Pengujian kekerasan dapat diketahui dengan cara mengukur ketahanan suatu benda terhadap penekanan, dengan cara penekanan bola baja atau suatu piramida intan yang dikeraskan pada permukaan benda kerja lalu mengukur bekas penekanan dari penetrator tersebut. Nilai kekerasan suatu benda kerja dapat diketahui dengan pengujian kekerasan menggunakan mesin uji kekerasan (*hardness tester*) menggunakan tiga cara atau metode yang biasanya dilakukan yaitu metode *Brinell*, *Rockwell* dan *Vickers*.



Pada penelitian ini menggunakan pengujian kekerasan mikro *Vickers*. Pengujian mikro *Vickers* adalah metode pengujian kekerasan dengan pembebanan yang relatif kecil yang sulit dideteksi oleh metode makro *Vickers*. Prinsip pengujian pada metode pengujian kekerasan mikro *Vickers* adalah dengan menekankan penetrator pada permukaan benda uji sehingga pembebanan yang dibutuhkan juga relatif kecil yaitu berkisar antara 10-1000 gf. Uji kekerasan *Vickers* menggunakan penumbuk piramida intan yang dasarnya berbentuk bujur sangkar dan besarnya sudut antara permukaan-permukaan piramid yang saling berhadapan adalah  $136^\circ$ , karena bentuk penumbuknya piramid maka pengujian ini sering dinamakan uji kekerasan piramida intan (Dieter, 1993: 334). Angka kekerasan piramida intan (DPH) atau angka kekerasan *Vickers* (HV) dapat ditentukan dari persamaan berikut. Alasan penulis menggunakan metode uji kekerasan ini karena dengan indenter yang sama baik pada bahan keras maupun lunak nilai kekerasan suatu spesimen uji dapat diketahui dan penentuan angka kekerasan pada spesimen uji yang kecil dapat diukur dengan memilih gaya yang relatif kecil.



Gambar 2.6 Skema pengujian *vickers*.  
(Sumber: en.wikipedia.org/wiki/Vickers\_hardness\_test)

$$HV = \frac{F}{A} \dots\dots\dots (2.1)$$

$$A = \frac{d^2}{2 \sin \left(\frac{\theta}{2}\right)} = \frac{d^2}{2 \sin 68} = \frac{d^2}{1,854} \dots\dots\dots (2.2)$$

$$HV = \frac{F}{A} \approx \frac{1,854 F}{d^2} [kgf/mm^2] \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana:

F = beban yang diterapkan, kgf

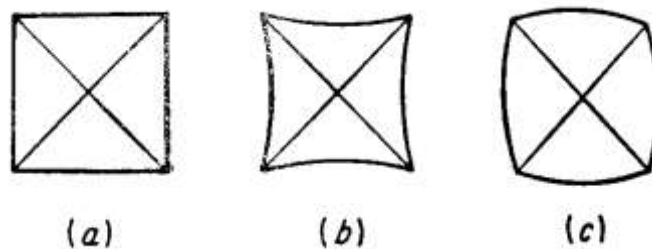
$\theta$  = sudut antara permukaan intan yang berlawanan,  $136^\circ$

d = panjang diagonal rata-rata, mm ( $d = \frac{d_1+d_2}{2}$ )

$d_1$  = panjang diagonal 1, mm

$d_2$  = panjang diagonal 2, mm

Lekukan yang benar yang dibuat oleh penumbuk piramida intan harus berbentuk bujur sangkar (Dieter, 1993: 335).



Gambar 2.7 Tipe-tipe lekukan piramida intan.  
(Sumber: Dieter, 1993: 335)

Pada gambar di atas, gambar a merupakan salah satu tipe lekukan piramid yang sempurna. Gambar b merupakan tipe lekukan piramid bantal jarum yang disebabkan karena terjadinya penurunan benda kerja di sekitar permukaan piramida yang datar. Sedangkan gambar c merupakan tipe lekukan piramid berbentuk tong yang disebabkan karena benda kerja mengalami proses pengerjaan dingin.

Berikut ini tabel konversi nilai kekerasan *brinell* dan *vickers*:

Tabel 2.8 Nilai Konversi Kekerasan  
(Sumber: ASTM E 140-02)

Perkiraan Nilai Konversi Kekerasan untuk Produk Aluminium	
<i>Brinell Hardness No.10 Standard Ball, 3000 Kgf (HBN)</i>	<i>Vicvkers Hardness Number (HV)</i>
100	117
95	111
90	105
85	98
80	92
75	86
70	80
65	74
60	68
55	62
50	56

### 2.1.6 Pengujian Struktur Mikro

Pengujian Metalografi merupakan pengujian spesimen dengan menggunakan alat mikroskop atau pembesaran beberapa ratus kali, bertujuan untuk memperoleh gambar yang menunjukkan struktur mikro. Struktur mikro logam merupakan penggabungan dari satu atau lebih struktur kristal. Pada umumnya logam terdiri dari banyak kristal (majemuk), walaupun ada diantaranya

hanya terdiri dari satu kristal saja (tunggal). Dalam pembekuan logam cair, pada permulaan tumbuhlah inti-inti kristal kemudian kristal-kristal tumbuh sekeliling inti tersebut dan inti lain yang baru timbul pada saat yang sama. Akhirnya seluruhnya ditutupi oleh butir kristal sampai logam cair habis ini mengakibatkan bahwa seluruh logam menjadi susunan kelompok-kelompok butir kristal dan batas-batasnya yang terjadi diantaranya disebut batas butir (Surdia, Chijiwa, 1975: 14).

Sifat fisis dan mekanis suatu logam dapat diketahui melalui struktur mikro yang diperoleh dari hasil foto mikro perbesaran beberapa ratus kali. Struktur mikro dalam logam paduan ditunjukkan dengan besar, bentuk dan orientasi butirnya, jumlah fasa, proporsi dan kelakuan dimana kristal-kristal tersusun dan terdistribusi. Suatu logam mempunyai sifat fisis dan mekanik yang tidak hanya berdasarkan komposisi kimianya, tetapi juga berdasarkan pada struktur mikro yang dimiliki oleh logam tersebut. Suatu logam paduan yang memiliki komposisi kimia yang sama dapat memiliki struktur mikro yang berbeda yang mengakibatkan sifat fisis dan mekanisnya akan berbeda juga. Hal ini bergantung pada saat proses perlakuan yang terjadi selama proses pengerjaan suatu logam tersebut.

## **2.2 Kajian Penelitian yang Relevan**

Berbagai penelitian tentang potensi variasi media pendinginan terhadap sifat fisis dan mekanis telah dilakukan diantaranya adalah:

Loirella Ceschini, Alessandro Morri, Andrea Morri (2013) melakukan penelitian tentang pengaruh *quenching* dan penuaan terhadap nilai kekerasan dan tarik pada aluminium paduan A356. Pertama kali ingot paduan dileburkan dalam tungku gas kemudian leburannya dituangkan ke cawan bersuhu  $730 \pm 2$  °C. Setelah tingkat hidrogen berkurang dengan menggunakan *rotary lance degasser* selama 30 menit dengan segera menambahkan gas tinggi argon murni sebelum dituangkan ke cetakan permanen kemudian spesimen mendapat perlakuan *quenching* dengan media pendingin air dan secara alami menyesuaikan suhu ruangan (20-22° C) selama 10, 20, 30, 45, 60 dan 120 menit. Pada penelitian ini menggunakan alat pengujian kekerasan “Galileo” A200s standar ASTM E 10-08 dengan indenter bola berdiameter 2,5 mm dan pembebanan sebesar 62,5-kgf. Uji Tarik menggunakan mesin uji sekrup LBG TC10 standar UNI EN 10002-1: 2004. Pada penelitian ini disimpulkan bahwa rangkaian endapan pada pengecoran paduan A356 selama T6 perlakuan panas sangat kompleks, dan hal tersebut dapat dipengaruhi oleh beberapa parameter, seperti kondisi *solutionizing*, dan kondisi *quenching*, temperatur dan durasi penuaan buatan.

Fizam Zainon, Khairil Rafezi Ahmad, Ruslizam Daud (2015) melakukan penelitian tentang pengaruh perlakuan panas pada struktur mikro, kekerasan dan keausan. Pada penelitiannya menggunakan material aluminium paduan 332, semua sampel mendapatkan perlakuan panas penuh seperti pelarutan, *quenching* dan penuaan. Prosedur ini dilakukan menurut standar ASTM *International* B917/B917M – 12 (standar praktik untuk *heat treatment* aluminium paduan coran dari semua proses). Penelitian ini menggunakan media pendingin air pada suhu

ruangan selama satu jam. Pengujian kekerasan menggunakan metode uji *Vickers* (model FV-700e) standar ASTM E384 – 09 (standar metode uji untuk *microindentation* kekerasan bahan). Pada penelitian ini disimpulkan bahwa kekerasan dan katahanan aus dari paduan AA332 dengan 11% berat Si telah ditingkatkan dengan menggunakan metode perlakuan panas. Kekerasan dari penuaan meningkat 44,84%, partikel Si dan intermetalik keras seperti  $Mg_2Si$  memainkan peranan penting pada sifat mekanik. Tingkat keausan dan koefisien aus telah menurun lebih dari 50% karena proses perlakuan panas yang tepat.

Penelitian tentang pengaruh variasi media pendingin terhadap hasil pengecoran aluminium dilakukan oleh Supriyanto (2009), dalam penelitiannya menggunakan bahan limbah aluminium yang mengalami proses pengecoran selama 2 jam kemudian mendapatkan proses pendinginan tanpa melepas atau membongkar hasil coran dari cetakan sehingga proses pendinginannya bersamaan dengan cetaknya. Media pendingin yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan media pendingin udara suhu kamar, air sumur dan oli SAE 40. Setelah itu spesimen diuji nilai ketangguhan, *impact* dan kekerasannya. Pengujian kekerasan menggunakan uji kekerasan *Rocwell* dengan beban 100 kg menggunakan penetrator bola dengan diameter 1/16 in. Pada penelitian ini disimpulkan bahwa setiap logam akan mengalami perubahan fasa selama proses pengecoran, baik perubahan sifat fisis maupun mekanis yang disebabkan oleh proses pembekuan, perubahan sifat fisis ini antara lain dipengaruhi media pendingin yang digunakan pada saat proses pendinginan.

Penelitian tentang pengaruh *quenching* media solar pada baja karbon rendah telah dilakukan oleh Purwanto (2011). Dalam penelitiannya baja ST 37 mendapat perlakuan panas pada suhu 700 °C, 800°C, 900°C, lama pemanasan tiap suhu pemanasan adalah satu jam dan di *quenching* menggunakan media pendingin solar. Setelah itu diuji *impact* dan kekerasan *Rocwell*. Pada penelitian ini disimpulkan bahwa baja ST 37 yang mengalami proses pemanasan dengan variasi suhu pemanasan 700 °C, 800°C, 900°C di *holding time* selama satu jam kemudian di *quenching* menggunakan media solar tidak mengalami perubahan kekerasan yang signifikan, dimana kandungan karbon pada solar tidak bisa berpindah ke spesimen sehingga tidak dapat meningkatkan kekerasan.

Penelitian yang dilakukan oleh Ali, dkk, (2012) meneliti tentang pengaruh media pendingin terhadap beban impak pada aluminium coran. Dalam penelitiannya proses peleburan menggunakan dapur krusibel dan bahan material aluminium bekas (skrap) yang dileburkan selama 1 jam dengan temperatur tuang 650 °C. Proses pendinginan menggunakan media pendingin air, oli dan udara dan diuji *impact*. Pada penelitian ini disimpulkan bahwa hasil penelitian menunjukkan aluminium skrap yang dicor dengan menggunakan media pendingin oli memiliki laju pendingin yang lebih cepat dibanding menggunakan media pendingin air dan udara, ketangguhan aluminium skrap tinggi dengan media pendingin air (0,064 joule/mm<sup>2</sup>), oli (0,063 joule/mm<sup>2</sup>) dan udara (0,043 joule/mm<sup>2</sup>).

### 2.3 Kerangka Pikir Penelitian

Banyaknya proses pengecoran aluminium di industri kecil tidak menggunakan material aluminium murni melainkan menggunakan material *scrap* atau limbah maupun material *reject* dari pengecoran sebelumnya. Hal tersebut terjadi karena kebanyakan industri kecil tidak menggunakan bahan material aluminium murni agar memperkecil pengeluaran biaya produksi. Proses pengecoran menggunakan bahan material limbah atau *scrap* dapat disebut dengan proses tuang ulang atau *remelting*. Proses *remelting* menghasilkan produk yang memiliki sifat fisik dan mekanik yang berbeda dari penggunaan material aluminium murni. Berdasarkan hal tersebut maka perlu adanya proses lanjutan setelah mendapatkan benda hasil coran dari material limbah tersebut, salah satu perlakuan yang dapat dilakukan yaitu dengan perlakuan *quenching*. Semakin cepat logam didinginkan maka semakin keras sifat logam itu. Hal ini disebabkan pada saat logam didinginkan terjadi proses pembentukan fasa kristal/*grain* yang berbeda dibandingkan dengan pembentukan fasa kristal/*grain* logam yang tidak didinginkan. Terjadinya pembentukan kristal Al terhadap kristal Si sangat berpengaruh pada nilai kekerasan yang dihasilkan nantinya.

Proses hasil *remelting* aluminium paduan berbasis limbah piston dengan memberi perlakuan *quenching* dilakukan untuk mengetahui perubahan nilai kekerasan dan struktur mikro yang terjadi pada setiap spesimen. Pada penelitian ini menggunakan air, air *dromus*, *quenching oil* dan *non-quenching* sebagai variasi media pendingin saat perlakuan *quenching*. Penganalisisan nilai kekerasan sendiri dihitung dengan mengukur laju pendinginan yang terjadi pada setiap spesimen setelah itu diuji kekerasannya dengan menggunakan metode uji



kekerasan *Vickers*. Melalui penelitian ini akan didapatkan pembahasan tentang besaran nilai kekerasan dan hasil uji sifat mekanik hasil *remelting* tersebut juga dapat digunakan sebagai pengembangan dalam perbandingan sifat mekanis hasil pengecoran dengan media pendinginan yang berbeda.



## BAB V

### PENUTUP

#### 1.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan pada pengaruh variasi media *quenching* terhadap nilai kekerasan dan struktur mikro hasil *remelting* aluminium paduan berbasis limbah piston, dapat disimpulkan bahwa:

1. Proses *quenching* mempengaruhi nilai kekerasan hasil *remelting* aluminium paduan berbasis limbah piston. Menurut hasil pengujian kekerasan yang telah dilakukan, adanya perbedaan nilai kekerasan hasil *remelting* dengan media *quenching* yang berbeda. Nilai rerata kekerasan yang dimiliki spesimen *raw material* sebesar 99,04 HV. Nilai rerata kekerasan yang dimiliki spesimen yang di*quenching* dengan media *oil quenching* sebesar 138,78 HV. Nilai rerata kekerasan yang dimiliki spesimen yang di*quenching* dengan media air *dromus* sebesar 135,24 HV. Nilai rerata kekerasan yang dimiliki spesimen yang di*quenching* dengan air sebesar 162,73 HV. Spesimen yang di*quenching* dengan media air memiliki nilai kekerasan tertinggi diantara kelompok spesimen lainnya. *Semakin* cepat laju pendinginnya maka semakin keras nilai kekerasannya. Hal tersebut disebabkan laju pendingin yang dimiliki media air lebih cepat dari laju pendingin media *oil quenching*, air *dromus* dan *non quenching*.
2. Proses *quenching* mempengaruhi perubahan struktur hasil *remelting* aluminium paduan berbasis limbah piston. Menurut hasil pengujian

struktur mikro yang telah dilakukan, terdapat perbedaan pembentukan kristal Al terhadap kristal Si pada setiap kelompok perlakuan spesimen. Semakin cepat laju pendinginnya maka semakin baik pembentukan kristal Al terhadap kristal Si. Hal tersebut dibuktikan dengan struktur mikro spesimen yang di *quenching* dengan media air menunjukkan pembentukan kristal Al terhadap kristal Si memiliki penyebaran kristal dan alur yang paling halus sedangkan pembentukan kristal Si mengalami penyebaran yang merata berbentuk serat (*fibrous silicon*) dan memiliki pertumbuhan kristal Si yang baik diantara kelompok spesimen perlakuan yang lain.

## 1.2 Saran

Berdasarkan simpulan di atas, maka saran yang dapat direkomendasikan peneliti sebagai berikut:

1. Jika akan melakukan proses *quenching*, gunakan media *quenching* yang memiliki laju pendingin yang baik untuk mendapatkan tingkat kekerasan yang optimum.
2. Perlu dilakukan pengujian dengan jenis yang lain agar mendukung data-data yang ada terhadap variasi media *quenching* pada hasil *remelting* aluminium paduan berbasis limbah piston.
3. Penelitian ini sebagai referensi untuk penelitian selanjutnya mengenai perlakuan *quenching*.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ali, Nurdin, Arskadius, Indra. 2012. Pengaruh Media Pendingin terhadap Beban Impak Material Aluminium Coran. *Jurnal Politeknik Lhokseumawe*. (online), ([http://jurnal.pnl.ac.id/wp-content/plugins/Flutter/files\\_flutter/1363322884NURDINSTM.Si\\_Pro\\_siding\\_YusufBenseh.pdf](http://jurnal.pnl.ac.id/wp-content/plugins/Flutter/files_flutter/1363322884NURDINSTM.Si_Pro_siding_YusufBenseh.pdf)), diakses 9 Juli 2015.
- Aris Budiyo, Widi Widayat, Rusiyanto. 2010. Peningkatan Sifat Mekanis Sekrap Aluminium dengan Degassing. *Jurnal Profesional*. (online) 8 (1) : 13, (<http://journal.unnes.ac.id/nju/index.php/profesional/article/viewFile/288/276>), diakses 1 Januari 2016.
- Aris Budiyo, Jamasri. 2010. Pengaruh Remelting terhadap Perambatan Retak Paduan Aluminium. *Jurnal Penelitian Saintek*. (online) 15 (2): 26, (<http://journal.uny.ac.id/index.php/saintek/article/viewFile/1753/1449>) , diakses 8 Januari 2016.
- ASM Handbook, 2004. *Metallography and Microstructure Volume 9*. United States of America: ASM International.
- ASTM E 140-2. *Standard Hardness Conversion Table for Metals: Relationship Among Brinell Hardness, Vickers Hardness, Rockwell Hardness, Superficial Hardness, Knoop Hardness, and Scleroscope Hardness*. United States: ASTM International. (online), ([http://www.mdmstandard.ro/download/resurse/Tabele%20de%20conversie%20ASTM%20pentru%20duritati%20\(in%20engleza\).pdf](http://www.mdmstandard.ro/download/resurse/Tabele%20de%20conversie%20ASTM%20pentru%20duritati%20(in%20engleza).pdf)) , diakses 28 Mei 2016
- Bahtiar, Muh. Iqbal, Supramono. 2014. Pengaruh Media Pendingin Minyak Pelumas SAE 40 pada Proses *Quenching* dan *Tempering* terhadap Ketangguhan Baja Karbon Rendah. *Jurnal Mekanikal*. (online) 5 (1): 457, (<http://download.portalgaruda.org/article.php?article=264590&val=762&title=pengaruh%20media%20pendingin%20minyak%20pelumas%20sae%2040%20pada%20proses%20quenching%20%20dan%20tempering%20%20terhadap%20ketangguhan%20baja%20karbon%20rendah>), diakses 11 Januari 2016.
- Dian Purnomo. 2015. *Studi Komparasi Karakteristik Piston Sepeda Motor 4 Tak dan 2 Tak*. Skripsi, Semarang: Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.

- Eko Surojo, Teguh, Kasminto. 2009. Pengaruh Remelting terhadap Struktur Mikro dan Kekerasan Paduan Cor Al-Si. *Jurnal Online Fakultas Teknik UNS*. (online) 8 (1): 126, (<http://jurnal.ft.uns.ac.id/index.php/mekanika/article/viewFile/44/40>), diakses 8 Januari 2016.
- Ferdiaz Dinov, dkk. 2013. Pengaruh Variasi Media Pendingin terhadap Kekerasan dan Struktur Mikro Hasil *Remelting* Al-Si Berbasis Limbah Piston Bekas dengan Perlakuan *Degassing*. *Jurnal Online FKIP UNS*. (online) 1 (3), (<http://jurnal.fkip.uns.ac.id/index.php/ptm/article/viewFile/1831/1333>), diakses 26 Mei 2016.
- Fizam Zainon, Khaeril Ahmad, Ruslizam Daud. 2015. Effect of Heat Treatment on Microstructure, Hardness, and Wear of Aluminium Alloy 332. *Applied Mechanical and Materials*. (online) 786 (2015): 21, (<http://content.ebscohost.com/ContentServer.asp?T=P&P=AN&K=109147053&S=R&D=egs&EbscoContent=dGJyMNxb4kSep7E4yNfsOLCmr06epq9Ssq4S7OWxWXS&ContentCustomer=dGJyMOzpr1Curn7NJuePfgeyx44Dt6fIA>), diakses 13 Januari 2016.
- George E. Dieter. 1996. *Metalurgi Mekanik* (Cetakan 3). Jakarta: Erlangga.
- H. Purwanto. 2011. Analisa Quenching pada Baja Karbon Rendah dengan Media Solar. *Jurnal Momentum*. (online) 7 (1): 40, (<http://download.portalgaruda.org/article.php?article=134161&val=5635>), diakses 9 Juli 2015.
- Ibnu Karuniawan. 2007. *Perbedaan Nilai Kekerasan pada Proses Double Hardening dengan Media Pendingin Air dan Oli SAE 20 pada Baja Karbon Rendah*. Skripsi. Semarang: Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
- Karmin, Muchtar. 2012. Analisis Peningkatan Kekerasan Baja Amutit Menggunakan Media Pendingin *Dromus*. *Jurnal Austenit*. (online) 4 (1): 3, (<http://jurnal.polsri.ac.id/index.php/austenit/article/download/129/66>), diakses 14 Januari 2016.
- Lorrella Ceshini, Alessandro Morri, Andrea Morri. 2013. Effects of the Delay Between Quenching and Aging on Hardness and Tensile Properties of A536 Aluminium Alloy. *Journal of Materials Engineering and Performance*. (online) 22 (1): 205, (<http://content.ebscohost.com/ContentServer.asp?T=P&P=AN&K=84487221&S=R&D=iuh&EbscoContent=dGJyMNxb4kSep7E4yNfsOL>

Cmr06epq9Ssqq4SrCWxWXS&ContentCustomer=dGJyMOzpr1Cur7NJuePfgeyx44Dt6fIA), diakses 13 Januari 2016.

Nave, R. *Abundances of the Elements in the Earth's Crust*. Georgia State University

Sugiyono. 2010. *Metode Penelitian Pendidikan*. Bandung: Alfabeta.

Supriyanto. 2009. Analisis Hasil Pengecoran Aluminium dengan Variasi Media Pendinginan. *Jurnal Janateknika*. (online) 11 (2): 117, (<http://jurnalteknik.janabadra.ac.id/wp-content/uploads/2012/01/Jurnal-Pak-Pri-Juli-09.pdf>), diakses 8 Juli 2015.

Tata Surdia, Chijiwa. 2000. *Teknik Pengecoran Logam* (Cetakan 8). Jakarta: PT. Pradnya Paramita.

Tata Surdia, Saito. 1992. *Pengetahuan Bahan Teknik* (Cetakan 2). Jakarta: PT Pradnya Paramita.

Tipler, Paul A. 1991. *Fisika untuk Sains dan Teknik*. Jakarta: Erlangga.