



**NILAI *IMPACT* DAN *X-RAY DIFFRACTION* PADA
PROSES *QUENCHING* DENGAN VARIASI MEDIA
PENDINGIN BERBASIS BAHAN *REMELTING*
ALUMINIUM PADUAN LIMBAH PISTON**

SKRIPSI

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

oleh
Dechi Handayani
5201412026

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
2017**

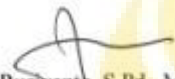
PENGESAHAN

Skripsi dengan judul Nilai *Impact* dan *X-Ray Diffraction* pada Proses *Quenching* dengan Variasi Media Pendingin Berbasis Bahan *Remelting* Aluminium Paduan Limbah Piston telah dipertahankan di depan sidang Panitia Ujian Skripsi Fakultas Teknik UNNES pada tanggal 5 Januari 2017.

Oleh


Nama : Dechi Handayani
NIM : 5201412026
Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin S1

Ketua Panitia



Rusiyanto, S.Pd., M.T.
NIP. 197403211999031002

Panitia

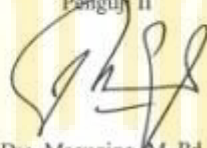
Sekretaris


Dr. Dwi Widjanarko, S.Pd., ST.,M.T
NIP. 196901061994031003

Penguji I


Rusiyanto, S.Pd., M.T.
NIP. 197403211999031002

Penguji II


Drs. Masugino, M. Pd
NIP. 195207211980121001

Penguji III/Pembimbing


Dr. Rahmat Doni Widodo, S.T., M.T
NIP. 197509272006041002

Mengetahui
Dekan Fakultas Teknik



Dr. Nur Daduk, M.T.
NIP. 195904261994031001

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa : Dechi Handayani
NIM : 5201412026
Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin S1
Fakultas : Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi dengan judul "*Nilai Impact dan X-Ray Diffraction pada Proses Quenching dengan Variasi Media Pendingin Berbasis Bahan Remelting Aluminium Paduan Limbah Piston*" ini merupakan hasil karya saya sendiri dan belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi manapun, dan sepanjang pengetahuan saya dalam skripsi ini tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Semarang, 5 Januari 2017

Yang membuat pernyataan

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG


Dechi Handayani
NIM. 5201412026

ABSTRAK

Handayani, Dechi. 2016. Nilai *Impact* dan *X-Ray Diffraction* pada Proses *Quenching* dengan Variasi Media Pendingin Berbasis Bahan *Remelting* Aluminium Paduan Limbah Piston. Skripsi. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang. Drs. Masugino, M.Pd dan Dr. Rahmat Doni W., S.T., M.T.

Perlakuan *quenching* dengan variasi media pendingin berpengaruh terhadap nilai kekuatan *impact* dan ukuran kristal serta persentase fasa intermetalik yang terkandung didalam hasil *remelting* aluminium paduan berbasis limbah piston. Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh dari perlakuan *quenching* dengan menggunakan variasi media pendingin terhadap nilai kekuatan *impact* dan ukuran kristal serta persentase senyawa fasa berdasarkan analisis hasil *X-Ray Diffraction* pada hasil *remelting* aluminium paduan berbasis limbah piston.

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen *One shot Case Study*, yaitu bertujuan untuk mengetahui sebab akibat berdasarkan perlakuan yang diberikan pada saat penelitian. Pada penelitian ini, perlakuan yang diberikan adalah perlakuan *quenching* dengan variasi media pendingin air (H_2O), air dromus, oli *quenching* dan *non-quenching* sebagai *raw material* pada proses *remelting* limbah piston. Setelah proses *quenching*, selanjutnya dilakukan pengujian kekuatan *impact* dan pengujian XRD untuk analisa ukuran butir kristal dan persentase senyawa fasa pada masing-masing spesimen. Analisis data yang digunakan pada penelitian ini adalah statistik deskriptif.

Hasil penelitian menunjukkan nilai kekuatan *impact* aluminium *remelting* tinggi dengan media pendingin oli *quenching* ($0,0158 \text{ Joule/mm}^2$), air dromus ($0,0108 \text{ Joule/mm}^2$) dan air ($0,0081 \text{ Joule/mm}^2$). Ukuran butir kristal fasa AlSi oli *quenching* sebesar $38,23 \text{ nm}$ dengan persentase fasa intermetaliknya sebanyak $5,9\%$, air dromus sebesar $42,19 \text{ nm}$ dengan persentase fasa intermetaliknya sebanyak $17,2\%$ dan air sebesar $61,54 \text{ nm}$ dengan persentase fasa intermetaliknya $24,2\%$. Jadi dapat disimpulkan spesimen oli *quenching* memiliki nilai kekuatan *impact* tinggi, hal ini karena oli *quenching* memberika laju pendinginan yang lambat sehingga persentase fasa intermetalik yang hadir sedikit dan ukuran ristal AlSi yang dihasilkan kecil (halus/padat).

Kata kunci : *Remelting, quenching, nilai impact, X-Ray Diffraction*

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

1. Sebuah tantangan akan selalu menjadi beban,
Jika itu hanya dipikirkan.
Sebuah cita-cita juga adalah beban,
Jika itu hanya angan-angan.
2. Kerjakanlah, Wujudkanlah
Raihlah cita-citamu dengan memulai dari bekerja,
Bukan hanya menjadi beban dalam impian mu.

PERSEMBAHAN

Karya ini saya persembahkan untuk:

1. Ibu Khadijah dan Alm. Bapak Samsul Bahri,
orang tua yang selalu memberikan kasih
sayang, doa dan semangat tanpa batas.
2. Kak Uti, Hawik Jumari dan keluarga besar
di rumah yang menjadi motivator setelah ibu
dan bapak.
3. Sahabat dan teman-teman Teknik Mesin
UNNES.

PRAKATA

Segala puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas Rahmat, Hidayah serta Inayah-Nya kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul “Nilai *Impact* Dan *X-Ray Diffraction* Pada Proses *Quenching* Dengan Variasi Media Pendingin Berbasis Bahan *Remelting* Aluminium Paduan Limbah Piston” dalam rangka menyelesaikan studi Strata Satu untuk mencapai gelar Sarjana Pendidikan di Fakultas Teknik Mesin Universitas Negeri Semarang dapat terselesaikan dengan lengkap.

Penyusunan skripsi ini dapat diselesaikan berkat bantuan, bimbingan, motivasi dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu dengan segala kerendahan hati penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada yang terhormat:

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. Drs. Masugino, M.Pd selaku Dosen Pembimbing I dan Dr. Rahmat Doni Widodo, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing II 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 sudah berusaha untuk menyusun skripsi ini semaksimal mungkin. Oleh karena itu penulis mengharapkan segala bentuk kritik dan saran yang bersifat membangun demi sempurnanya skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semuanya, khususnya Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Semarang

Semarang, 5 Januari 2017

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iii
ABSTRAK	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	v
PRAKATA.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN.....	x
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	3
1.3 Pembatasan Masalah.....	4
1.4 Rumusan Masalah	5
1.5 Tujuan Penelitian	5
1.6 Manfaat Penelitian	6
BAB II KAJIAN PUSTAKA	
2.1 Kajian Teori.....	7
2.1.1 Aluminium.....	7
2.1.2 Karakteristik Piston	14

2.1.3 <i>Remelting</i>	17
2.1.4 <i>Quenching</i>	19
2.1.5 Uji <i>Impact</i>	23
2.1.6 Uji XRD (<i>X-Ray Difrraction</i>)	28
2.2 Kajian Penelitian yang Relevan	35
2.3 Kerangka Pikir Penelitian	39

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Desain Penelitian	41
3.2 Bahan dan Alat Penelitian	41
3.2.1 Bahan Penelitian	42
3.2.2 Alat Penelitian	42
3.3 Variabel Penelitian	45
3.3.1 Variabel Independen	45
3.3.2 Variabel Dependen	45
3.4 Prosedur Penelitian	45
3.4.1 Diagram Alur Pelaksanaan Penelitian	45
3.4.2 Proses Penelitian	47
3.4.2.1 Pembuatan cetakan pasir	47
3.4.2.2 <i>Remelting</i>	47
3.4.2.3 Penuangan dan proses <i>quenching</i>	48
3.4.2.4 Pembentukan spesimen	48
3.4.2.5 Pengujian spesimen	51
3.5 Data Penelitian	54
3.5.1 Data penelitian nilai kekuatan <i>impact</i>	54

3.5.2 Data penelitian Uji XRD.....	55
3.6 Analisis Data	56
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	
4.1 Hasil Uji Komposisi Spesimen <i>Non-quenching</i>	58
4.2 Hasil Uji Kekuatan <i>Impact</i>	59
4.2.1 Hasil uji kekuatan <i>Impact</i> pada spesimen <i>non-quenching</i>	59
4.2.2 Hasil uji kekuatan <i>impact</i> pada spesimen <i>quenching</i>	60
4.3 Hasil <i>X-Ray Diffraction (XRD)</i>	65
4.3.1 Hasil <i>X-Ray Diffraction (XRD)</i> pada spesimen <i>Non-quenching</i>	66
4.3.2 Hasil <i>X-Ray Diffraction (XRD)</i> pada spesimen <i>quenching</i>	68
4.4 Pembahasan.....	71
BAB V PENUTUP	
5.1 Simpulan	79
5.2 Saran.....	80
DAFTAR PUSTAKA	81
LAMPIRAN	



DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN

Simbol	Arti
E	Energi terserap (J)
m	Berat pendulum (kg)
g	Percepatan gravitasi (10 m/s)
R	Panjang lengan (m)
α	Sudut pendulum sebelum diayunkan (derajat)
β	Sudut ayunan pendulum setelah mematahkan spesimen (derajat)
A	Luas penampang (mm^2)
2θ	Sudut hamburan (derajat)
λ	Panjang gelombang
$^{\circ}\text{C}$	Derajat Celcius
Al	Aluminium
Si	Silikon
Fe	Ferum/besi
Singkatan	Arti
FCC	<i>Face Center Cubic</i>
FCM	<i>Face Center Monoclinic</i>
XRD	<i>X-Ray Diffraction</i>
ASTM	<i>American Society for Testing</i>
HI	Harga Ketangguhan <i>Impact</i> (J/mm^2)
Nm	Nanometer
Mm	Milimeter

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sifat-sifat fisik aluminium	8
Tabel 2.2 Sifat-sifat mekanis aluminium	8
Tabel 2.3 Komposisi aluminium paduan silikon AlSi	10
Tabel 2.4 Komposisi kandungan kimia piston Rx King baru	15
Tabel 2.5 Komposisi kandungan kimia piston Rx King lama	16
Tabel 2.6 Daya pendingin air dan minyak pelumas.....	21
Tabel 2.7 Sifat fisik dan kimia oli <i>quenching</i>	22
Tabel 2.8 Sistem kristal.....	31
Tabel 2.9 Hubungan jarak antar bidang (d_{hkl}) dengan bidang-bidang atom (hkl) untuk masing-masing jenis kristal	33
Tabel 2.10 Volume sel satuan untuk berbagai jenis kristal.....	34
Tabel 3.1 Desain Penelitian.....	42
Tabel 3.2 Jumlah spesimen yang dibutuhkan dalam pengujian	50
Tabel 3.3 Data laju pendinginan proses <i>quenching</i>	55
Tabel 3.4 Data energi serap pengujian kekuatan <i>impact</i> pada hasil <i>remelting</i> aluminium paduan berbasis limbah piston	55
Tabel 3.5 Data hasil pengukuran nilai kekuatan <i>impact</i> pada hasil <i>remelting</i> aluminium paduan berbasis limbah piston	56
Tabel 3.6 Data hasil pengukuran XRD pada hasil <i>remelting</i> aluminium paduan berbasis limbah piston.....	56
Tabel 3.7 Data ukuran butir kristal, struktur kristal dan bidang atom aluminium paduan (AlSi)	57
Tabel 4.1 Hasil uji komposisi spesimen <i>non-quenching</i>	58

Tabel 4.2 Data energi terserap spesimen <i>non-quenching</i>	59
Tabel 4.3 Data nilai kekuatan <i>impact</i> spesimen <i>non-quenching</i>	60
Tabel 4.4 Laju pendinginan proses <i>quenching</i>	61
Tabel 4.5 Data energi terserap pengujian <i>impact</i> spesimen <i>quenching</i>	62
Tabel 4.6 Tabel nilai kekuatan <i>impact</i> spesimen <i>quenching</i>	63
Tabel 4.7 Ukuran butir kristal dan struktur kristal spesimen hasil <i>remelting</i> aluminium paduan (AlSi).	72



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Diagram fasa Al-Si.....	11
Gambar 2.2 Diagram fase pemanasan logam paduan	11
Gambar 2.3 Diagram fasa Al-Cu	13
Gambar 2.4 Diagram fasa Al – Mg ₂ – Si.....	13
Gambar 2.5 Piston yamaha Rx King.....	14
Gambar 2.6 Pembebanan metode <i>Charpy</i> dan metode <i>izod</i>	24
Gambar 2.7 Ilustrasi uji <i>impact</i>	25
Gambar 2.8 Skema tabung sinar-X	29
Gambar 2.9 Macam-macam bentuk kristal	31
Gambar 2.10 Lintasan berkas sinar X yang mengenai kristal.....	32
Gambar 2.11 Grafik laju pendinginan aluminium <i>scrap</i>	35
Gambar 2.12 Grafik hubungan nilai impak terhadap media pendingin.....	36
Gambar 2.13 Grafik pendinginan coran aluminium	37
Gambar 2.14 Grafik Nilai impak dengan variasi pendinginan	37
Gambar 3.1 Piston Yamaha Rx King.....	43
Gambar 3.2 Dromus.....	43
Gambar 3.3 <i>Quenching oil</i> Drathon DR 819.01	43
Gambar 3.4 Dapur peleburan	44
Gambar 3.5 <i>Ladle</i>	44
Gambar 3.6 <i>Stopwatch</i>	44
Gambar 3.7 Cetakan pasir.....	44
Gambar 3.8 <i>Digital Thermokopel</i>	44

Gambar 3.9 Mesin gerinda tangan	45
Gambar 3.10 Mesin XRD <i>PANalytical EMPYREAN</i>	45
Gambar 3.11 Alat uji impak <i>Charpy & Izod</i>	45
Gambar 3.12 Diagram alur penelitian	46
Gambar 3.13 Ukuran standar spesimen uji <i>Impact</i> (ASTM-D256) dalam satuan milimeter (mm).....	51
Gambar 3.14 Ukuran spesimen uji XRD 30x10mm	52
Gambar 4.1 Grafik laju pendinginan	61
Gambar 4.2 Grafik energi terserap pengujian <i>impact</i>	63
Gambar 4.3 Grafik nilai kekuatan <i>impact</i>	64
Gambar 4.4 Pola difraksi X-Ray pada aluminium paduan hasil <i>remelting</i> limbah piston <i>non-quenching</i>	66
Gambar 4.5 Pola difraksi X-Ray pada aluminium paduan hasil <i>remelting</i> limbah piston dengan media <i>quenching</i> air	68
Gambar 4.6 Pola difraksi X-Ray pada aluminium paduan hasil <i>remelting</i> limbah piston dengan media <i>quenching</i> air dromus	69
Gambar 4.7 Pola difraksi X-Ray pada aluminium paduan hasil <i>remelting</i> limbah piston dengan media pendingin oli <i>quenching</i>	70

DAFTAR LAMPIRAN

1. Hasil uji komposisi kimia.....	81
2. Pengoperasian HSP dan Hasil analisis XRD.....	82
3. Perhitungan nilai <i>impact</i>	99
4. Dokumentasi saat pengecoran.....	107
5. Panampang patah spesimen hasil uji <i>impact</i>	111
6. Laporan pengujian <i>impact</i>	102
7. Surat keterangan pengujian <i>impact</i>	10
8. Surat tugas dosen pembimbing.....	104
9. Surat tugas pengujian proposal.....	115
10. Surat tugas pengujian skripsi.....	116



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Aluminium (Al) adalah bahan logam yang dimanfaatkan dalam kehidupan sehari-hari. Material aluminium dipergunakan dalam bidang yang luas, contohnya untuk peralatan rumah tangga, konstruksi pesawat terbang, dan konstruksi mobil. Material ini sangat menarik bagi dunia industri, karena memiliki sifat yang ringan, ketahanan korosi yang tinggi, densitas yang rendah, dapat dibentuk dengan baik, serta memiliki daya konduktivitas yang tinggi, baik konduktivitas panas maupun listrik. Akan tetapi saat ini daya guna dari material aluminium ini menjadi menurun, hal ini dikarenakan adanya keterbatasan aluminium yang mengakibatkan meningkatnya harga jual dari material murni ini.

Aluminium menjadi logam yang luas penggunaannya setelah baja. Material ini merupakan salah satu sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui. Keterbatasan aluminium akhirnya membuat produsen untuk berpikir kreatif dengan cara memanfaatkan limbah hasil pengolahan aluminium, yang disebut *remelting*. Hal tersebut merupakan solusi alternatif yang dapat digunakan industri kecil dalam bidang pengecoran. Pengecoran aluminium untuk komponen otomotif di industri kecil seperti di Pasuruan, Sukabumi, Tegal, Ceper, Yogyakarta dan beberapa tempat lainya, umumnya tidak menggunakan material aluminium murni (*aluminium ingot*) tetapi memakai material bekas/rongsokan (*sekrap*) dan komponen yang rusak (*reject material*) dari pengecoran sebelumnya, yang dalam hal ini dikenal dengan proses tuang ulang atau *remelting* (Aris

Budiyono, Widi Widayat, Rusiyanto, 2010: 13). Tujuan dari *remelting* adalah untuk mengefisiensi bahan yang telah ada, dengan harga yang relatif lebih rendah jika dibandingkan dengan aluminium murni.

Remelting dapat digunakan untuk mendapatkan material dengan sifat yang diinginkan, dengan cara mengubah sifat dari material awal. Meskipun produk hasil *remelting* tidak seperti hasil olahan dari ingot, namun hal ini masih dipertahankan dengan banyak pertimbangan. Keuntungan dari hasil *remelting* itu sendiri antara lain harganya relatif murah bagi skala *home industry*. Kelemahan *remelting* yaitu dapat menurunkan keuletan material seiring dengan perlakuan *remelting* yang dilakukan (Budiono dan Jamasri, 2010:32). Supriyanto (2009: 117) dalam penelitiannya menyimpulkan bahwa setiap logam akan mengalami perubahan unsur selama proses pengecoran, baik perubahan sifat fisis maupun mekanis yang disebabkan oleh proses pembekuan, perubahan sifat ini antara lain tergantung dari media pendingin yang digunakan pada saat proses pendinginan. Piston hasil daur ulang agar bisa digunakan dengan baik dan aman, maka perlu diberikan perlakuan (*treatment*) untuk memperbaiki sifat aluminium piston hasil pengecoran. Adapun perlakuan yang dapat dilakukan yaitu dengan perlakuan *quenching*.

Quenching adalah suatu proses pendinginan secara cepat pada suatu logam dengan pencelupan pada media *quenching*. Proses *quenching* dalam penelitian ini dilakukan dengan cara memberi variasi media pendingin. Variasi media *quenching* yang digunakan yaitu air (H_2O), air dromus, dan oli *quenching*. Kemampuan suatu jenis media *quenching* dalam mendinginkan spesimen tergantung dari temperatur, kekentalan, kadar larutan dan bahan dasar media

pendingin, semakin cepat logam didinginkan maka akan semakin keras sifat logam tersebut. Untuk mengetahui sifat mekanis dari nilai ketangguhan benda hasil *remelting* aluminium berbasis piston bekas peneliti menggunakan uji *impact*. Fokus masalah yang ingin dipelajari dalam penelitian ini adalah perlakuan panas (*heat treatment*) pada aluminium paduan dengan pemilihan media *quenching* yang tepat sebagai upaya pengoptimalisasian nilai *Impact* dan senyawa fasa dan ukuran kristal pada analisis *X-Ray Diffraction* (XRD) dari hasil *remelting* aluminium paduan berbasis limbah piston.

1.2 Identifikasi Masalah

Aluminium merupakan salah satu sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui. Padahal material ini merupakan logam yang banyak dimanfaatkan dalam kehidupan sehari-hari. Keterbatasan aluminium akhirnya membuat produsen untuk berpikir kreatif dengan cara memanfaatkan limbah hasil pengolahan aluminium yang diolah kembali dengan cara *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 yang diberikan perlakuan *remelting* akan mengalami perubahan unsur, baik berupa perubahan sifat fisis maupun sifat mekanis yang disebabkan oleh proses pembekuan. Perubahan sifat ini salah satunya tergantung dari media *quenching* yang digunakan pada saat proses pendinginan.

Perubahan sifat fisis dan sifat mekanis pada logam hasil pengecoran dapat diminimalisir dengan cara memberikan variasi media pendingin pada saat pendinginan produk. Dalam penelitian ini, variasi media pendingin yang digunakan yaitu air (H_2O), air dromus, dan oli *quenching*. Dengan variasi media pendingin tersebut nantinya akan diukur seberapa besar laju pendinginan dan nilai kekuatan *impact* dan senyawa fasa serta ukuran kristal pada hasil analisis *X-Ray Diffraction* (XRD) dari hasil *remelting* aluminium paduan (Al-Si) berbasis limbah piston. Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat memberikan masukan pada tindak lanjut proses *remelting* material berbasis limbah piston yang dilakukan oleh industri kecil untuk menghasilkan produk coran yang sifat fisis dan sifat mekanisnya tidak jauh berbeda dari karakteristik aluminium murninya.

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 Yamaha RX King
2. Penelitian ini menggunakan perlakuan *quenching* untuk mengetahui perbedaan nilai *impact* dan senyawa fasa serta ukuran kristal yang hadir pada analisis XRD dari variasi media pendingin hasil *remelting* aluminium paduan berbasis limbah piston Yamaha RX King.
3. Variasi media pendingin yang digunakan yaitu air (H_2O), air dromus dan oli *quenching*.

4. Analisis fasa dan ukuran butir kristal menggunakan alat XRD(*X-Ray Diffraction*).
5. Pengujian *impact* menggunakan metode pengujian *Charpy* dengan standar ASTM-D256.
6. Temperatur *quenching* yang digunakan yaitu sebesar 520°C.
7. Penelitian ini tidak mencakup proses *remelting* aluminium paduan berbasis limbah piston.

1.4 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, maka permasalahan dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh perlakuan *quenching* dengan menggunakan variasi media pendingin air (H_2O), air dromus, oli *quenching* dan *non-quenching* yang signifikan terhadap nilai kekuatan *impact* dari hasil *remelting* aluminium paduan berbasis limbah piston?
2. Bagaimana pengaruh perlakuan *quenching* dengan menggunakan variasi media pendingin air (H_2O), air dromus, oli *quenching* dan *non-quenching* yang signifikan terhadap ukuran butir kristal dan persentase senyawa fasa berdasarkan analisis hasil *X-Ray Diffraction* dari hasil *remelting* aluminium paduan berbasis limbah piston?

1.5 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui pengaruh dari perlakuan *quenching* dengan menggunakan variasi media pendingin air (H_2O), air dromus, oli *quenching* dan *non-quenching* terhadap nilai kekuatan *impact* pada hasil *remelting* aluminium paduan berbasis limbah piston.
2. Untuk mengetahui ukuran butir kristal dan persentase senyawa fasa berdasarkan analisis hasil *X-Ray Diffraction* pada perlakuan *quenching* dengan menggunakan variasi media pendingin air (H_2O), air dromus, oli *quenching* dan *non-quenching* pada hasil *remelting* aluminium paduan berbasis limbah piston.

1.6 Manfaat

Berdasarkan tujuan penelitian diatas, manfaat yang akan diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengetahuan tentang karakteristik sifat fisis yaitu unsur dan sifat mekanis yaitu kekuatan dan keuletan coran pada perlakuan *remelting* aluminium paduan limbah piston.
2. Diharapkan bisa menjadi acuan saat dilakukannya proses *remelting* aluminium berbasis limbah piston.
3. Diharapkan dapat memberikan sumbangan dan memperkaya hasil penelitian yang telah ada.
4. Sebagai bahan perbandingan sifat mekanis hasil pengecoran dengan media *quenching* yang berbeda.
5. Dapat membantu mengatasi masalah-masalah yang ada pada industri nasional khususnya berhubungan dengan industri pengecoran.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Kajian Teori

2.1.1 Aluminium

Aluminium ditemukan oleh Sir Humphrey Davy pada tahun 1809 sebagai suatu unsur, dan pertama kali direduksi sebagai logam oleh H.C. Oersted tahun 1825. Penggunaan aluminium sebagai logam setiap tahunnya adalah pada urutan kedua setelah besi dan baja, yang tertinggi di antara logam non ferro. Produksi aluminium tahunan di dunia mencapai 15 ton pertahun pada tahun 1981. Aluminium merupakan logam ringan yang mempunyai ketahanan erosi yang baik dan hantaran listrik yang baik dan sifat-sifat yang baik lainnya sebagai sifat logam. Sebagai tambahan terhadap sifat mekaniknya yang sangat meningkat dengan penambahan Cu, Mg, Si, Mn, Zn, Ni, dsb, secara satu persatu atau bersama-sama dan juga memberikan sifat-sifat baik lainnya seperti ketahanan korosi, ketahanan aus, koefisien pemuaian rendah dsb. (Surdia dan Saito, 2000:129). Material aluminium banyak dipergunakan dalam bidang rumah tangga, tetapi juga dipakai untuk keperluan material pesawat terbang, mobil, kapal laut, konstruksi dsb.

Aluminium digunakan sebagai piston, kepala silinder dan bak endapan. Paduan cor Al-Si digunakan untuk blok mesin dan Al-Si dengan lapis silinder dari besi cor untuk ketahanan aus. Konduktifitas termal yang sangat baik mengurangi volume pendingin didalam sistem. Masing-masing paduan ini

identik dengan kandungan yang mendominasi tetapi berkurang batas penggunaan karena impuritanya, khususnya kandungan besi.

Adapun sifat-sifat fisik dan mekanis aluminium dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Sifat-sifat Fisik Aluminium
(Sumber : Surdia, Saito, 2000:134)

Sifat-sifat	Kemurnian Al (%)	
	99.996	>99.0
Masa jenis (gram/cm ³)	2.70	2,71
Titik lebur °C	660.2	653-657
Panas jenis (cal/g°C)	0.2226	0.2297
Hantaran listrik (%)	64.94	59 (dianil)
Tahanan listrik koefisien temperature (/°C)	0.00429	0,0115
Koefisien pemuaian (20-100°C)	23.8×10^{-6}	23.5×10^{-6}
Jenis Kristal, konstanta kisi	<i>fcc, $\alpha=4,013 Kx$</i>	<i>fcc, $\alpha=4,04 kX$</i>

Tabel 2.2 Sifat-sifat Mekanis Aluminium
(sumber: Surdia, Saito.2000:134)

Sifat-sifat	Kemurnian Al (%)			
	99,996		>99.0	
	Dianil	75%dirol dingin	Dianil	H18
Kekuatan tarik (kg/mm ²)	4.9	11.6	9.3	16.9
Kekuatan mulur (0,2 %) (kg/mm ²)	1.3	11.0	3.5	14.8
Perpanjangan (%)	48.8	5.5	35	5
Kekerasan Brinell (Mpa)	17	27	23	44

Paduan aluminium diklasifikasikan dalam berbagai standart oleh berbagai Negara. Paduan aluminium diklasifikasikan menjadi dua yaitu paduan aluminium tuang/cor (*cast aluminium iron*) dan paduan aluminium tempa (*wrought aluminium alloys*). Struktur mikro paduan aluminium cor yang berhubungan erat dengan sifat-sifat mekanisnya terutama tergantung pada laju pendinginan saat proses pengecoran dilakukan. Laju pendinginan ini tergantung pada jenis cetakan yang digunakan. Cetakan logam akan memberikan pendinginan lebih cepat

dibandingkan dengan cetakan pasir sehingga struktur logam cor yang dihasilkan akan lebih halus dan menyebabkan peningkatan sifat mekanisnya.

Aluminium dipakai sebagai paduan berbagai logam murni, sebab tidak kehilangan sifat ringan, sifat-sifat mekanisnya, dan sifat mampu cornya yang dapat diperbaiki dengan menambahkan unsur-unsur lain. Macam-macam Unsur paduan aluminium dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

a. 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. Paduan Al-Si memiliki sifat mampu cor yang baik, tidak dapat dikeraskan, tahan korosi, tahan gesekan, dapat diproses dengan permesinan, dapat dilas dan memiliki koefisien pemuaian kecil. Paduan Al-Si merupakan paduan aluminium yang paling banyak digunakandengan kadar Si bervariasi antara 5-20%. Kandungan silikon pada diagram fasa Al-Si ini terdiri dari 3 macam, yaitu:

- 1) *Hipoeutectic* yaitu apabila terdapat kandungan silikon kurang dari 11,7% dimana struktur akhir yang terbentuk pada unsur ini adalah struktur ferrite (α) kaya aluminium dengan struktur eutektik sebagai tambahan.
- 2) *Eutectic* yaitu apabila kandungan silikon yang terkandung didalamnya sekitar 11,7% sampai 12,2%. Pada komposisi ini paduan Al-Si dapat membeku secara langsung (dari unsur cair ke padat).
- 3) *Hypereutectic* yaitu apabila komposisi silikon diatas 12,2% sehingga kaya akan silikon dengan unsur eutektik sebagai unsur tambahan. Keberadaan struktur kristal silikon primer pada daerah ini mengakibatkan karakteristik

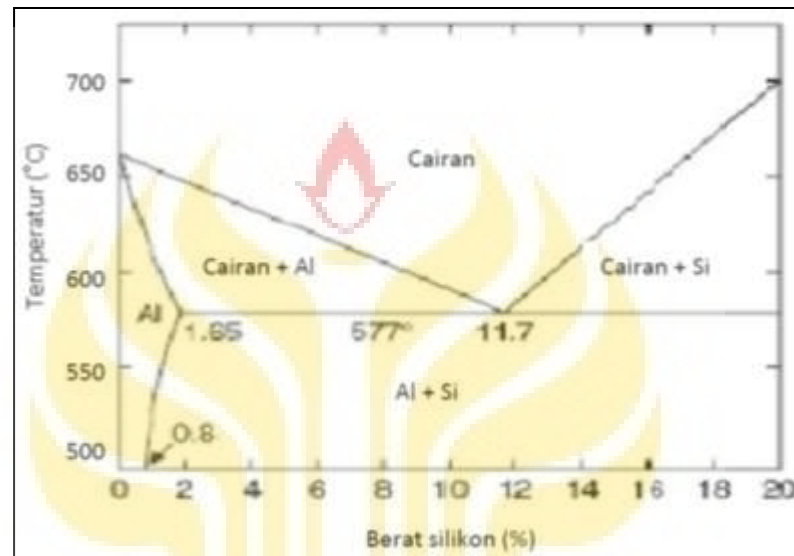
yaitu ketahanan aus paduan meningkat, ekspansi termal yang rendah dan memiliki ketahanan retak panas (*hot tearing*) yang baik.

Tabel 2.3 Komposisi Paduan Aluminium Silikon AlSi menurut The Aluminium Association. (ASM Handbook vol.15) (Sumber: Priyanto K, 2011:20)

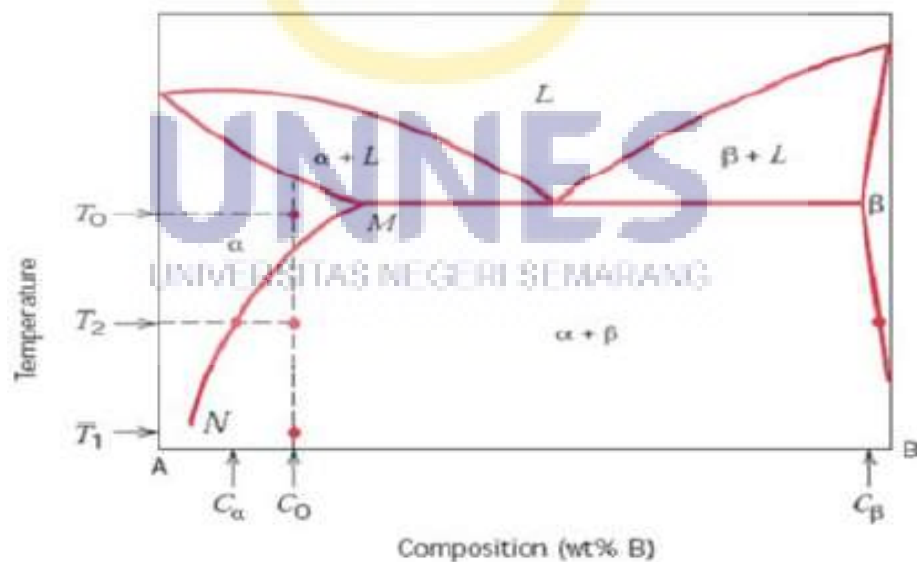
Paduan	Produk	Komposisi (%)										Paduan lain	
		Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Ni	Zn	Sn	Ti	Lain	Total
		324,0	P	7,0-8,0	1,2	0,40-0,6	0,50	0,40-0,7	-	0,30	1,0	-	0,20
328,0	S	7,5-8,5	1,0	1,0-2,0	0,20-0,6	0,20-0,6	0,35	0,25	1,5	-	0,25	-	0,50
332,0	P	8,5-10,5	1,2	2,0-4,0	0,50	0,50-1,5	-	0,50	1,0	-	0,25	-	0,30
333,0	P	8,0-10,0	1,0	3,0-4,0	0,50	0,05-0,50	-	0,50	1,0	-	0,25	-	0,50
A333,0	P	8,0-10,0	1,0	3,0-4,0	0,50	0,05-0,50	-	0,50	3,0	-	0,25	-	0,50
336,0	P	11,0-13,0	1,2	0,50-1,5	0,35	0,7-1,3	-	2,0-3,0	0,35	-	0,25	0,05	-
339,0	P	11,0-13,0	1,2	1,5-3,0	0,50	0,50-1,5	-	0,50-1,5	1,0	-	0,25	-	0,25
343,0	D	6,7-7,7	1,2	0,50-0,9	0,50	0,10	0,10	-	1,2-2,0	0,50	-	0,10	0,35
354,0	P	8,6-9,4	0,20	1,6-2,0	0,10	0,40-0,6	-	-	0,10	-	0,20	0,05	0,15

Dari hasil penelitian Antoro (2007:55) menyatakan bahwa komposisi kimia dari spesimen hasil cor aluminium paduan Al-Si mengandung unsur paduan yang dominan yaitu: aluminium (92,92 %) dan silikon (6,35 %). Unsur silikon berfungsi untuk mereduksi koefisien ekspansi termal dari paduan aluminium. Selama pemanasan terjadi, pemuai volume paduan tidak terlalu besar. Hal ini akan menjadi sangat penting saat proses pendinginan dimana akan terjadi penyusutan volume paduan aluminium. Paduan ini mempunyai viskositas yang baik dan tahan terhadap korosi, dan memiliki mampu cor yang baik, terutama

dipakai dalam elemen-elemen mesin. Paduan ini relative ringan, koefisien pemuaian rendah, penghantar panas dan listrik yang baik. Bila paduan ini dicor, akan mempunyai sifat mekanis rendah karena butir-butir Si cukup besar, sehingga pada pengecoran perlu ditambahkan natrium untuk membuat kristal halus dan memperbaiki sifat-sifat mekanisnya.



Gambar 2.1 Diagram Unsur Al-Si.
(Sumber: Majanastra, R, 2015:89)

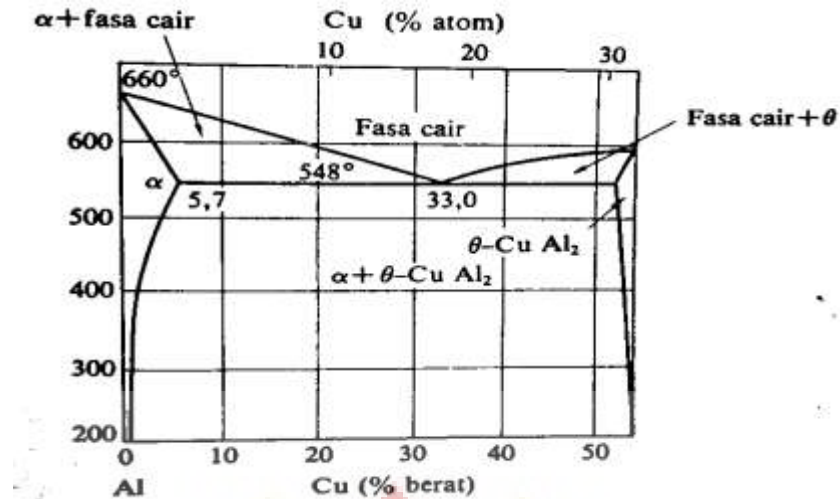


Gambar 2.2 Diagram Fase Pemanasan Logam Paduan.
(Sumber: Majanastra, R, 2015:89)

Secara teknis kandungan Si pada paduan ini adalah sampai dengan 20%. Lebih dari itu Si akan membentuk partikel inklusi didalam paduan. Diagram biner paduan ini membentuk sebuah eutektik yang sederhana pada temperatur 577 °C dengan komposisi Si 11,7%. Paduan ini praktis tidak dapat dikeraskan dengan kekuatan akan naik bersama dengan kenaikan kandungan Si nya. Sifat-sifat mekanis paduan Al-Si dapat diperbaiki dengan menambahkan Mg, Cu atau Mn dan selanjutnya diperbaiki dengan perlakuan panas. Penambahan unsur Mg (0,3-1%) pada paduan Al-Si akan menghasilkan peningkatan cukup besar terhadap sifat-sifat mekanisnya. Dalam unsur Mg meningkatkan respon terhadap perlakuan panas bahan. Peningkatan tersebut terjadi karena adanya presitipasi Mg_2Si .

b. Paduan Al-Cu

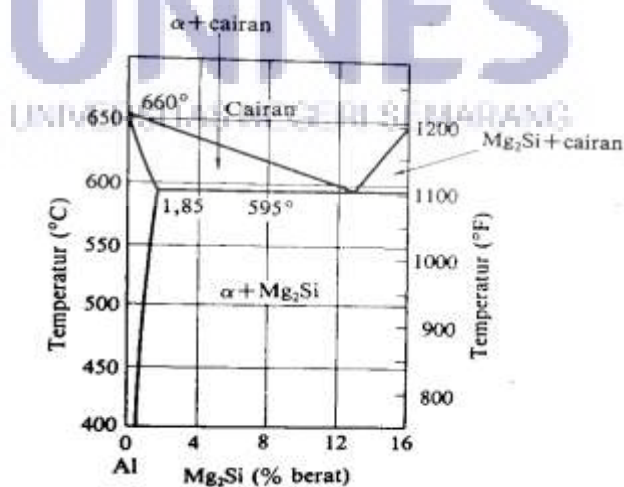
Paduan Al-Cu merupakan jenis paduan aluminium yang dapat diberi perlakuan panas, dengan melalui pengelasan endap atau penyepuhan sifat mekanik. Tetapi paduan Al-Cu sangat jarang digunakan karena tingkat kecairannya jelek. Sifat ini dapat diperbaiki dengan menambah unsur Si. Bahan ini memiliki sifat cukup baik pada suhu tinggi dengan menambah unsur Si dan Mg. Paduan Al-Cu dengan kadar Cu 4,5% memiliki sifat-sifat mekanis dan mampu mesin yang baik sedangkan mampu cor bahan ini agak jelek. Paduan Al-Cu Si dengan 4-5% Si pada paduan dapat memperbaiki mampu cornya. Paduan ini dapat dipakai untuk rangka utama katup-katup. Komposisi paduannya Si 4,58%, Cu 4,20%, Fe 0,14% dan Al sisanya. Paduan ini dapat menyamai sifat-sifat dari baja lunak, tetapi daya tahan korosi rendah bila dibandingkan dengan jenis paduan yang lainya dan sifat mampu lasnya kurang baik. Paduan ini biasa digunakan pada kontruksi pesawat terbang.



Gambar 2.3 Diagram Unsur Al – Cu
(Sumber: Surdia dan Saito, 2000:129)

c. Al – Mg – Si

Paduan aluminum ini merupakan paduan yang mempunyai kekuatan kurang baik 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 dan sebagai tambahan dapat diperkuat dengan perlakuan panas, karena paduan dalam sistim ini mempunyai kekuatan yang cukup baik tanpa mengurangi hantaran listrik, maka dipergunakan untuk kabel tenaga dan paduan ini banyak dipergunakan untuk rangka-rangka konstruksi.



Gambar 2.4 Diagram Unsur Al – Mg₂ – Si.
(Sumber: Surdia dan Saito, 2000: 139).

2.1.2 Karakteristik Piston

Piston dalam bahasa Indonesia dikenal dengan istilah torak adalah komponen dari mesin pembakaran dalam (*internal combustion engine*) yang berfungsi sebagai penekan udara masuk dan penerima hentakan pembakaran pada ruang bakar silinder. Sering piston aluminium dilapisi dengan timah yang membuat pelayanan *starting* dapat dengan baik. Piston aluminium dapat ditempa tetapi umumnya adalah dituang. Piston aluminium adalah ringan dan penggunaan umumnya lebih menguntungkan dari jenis besi tuang. Komponen mesin ini dipegang oleh setang piston yang mendapatkan gerakan turun-naik dari gerakan berputar *crankshaft*.



Gambar 2.5 Piston Yamaha RX King

Piston atau torak bekerja tanpa henti selama mesin motor hidup, hal ini dikarenakan piston atau torak terhubung langsung dengan poros engkol (*crankshaft*) melalui batang piston (*connecting rod*). Material piston harus terbuat dari bahan yang ringan dan tahan terhadap tekanan, karena komponen mesin ini mengalami peningkatan temperatur dan tekanan tinggi sehingga mutlak harus memiliki daya tahan tinggi. Oleh karena itu, pabrikan kini lebih memilih aluminium paduan (AlSi) sebagai bahan piston, karena paduan ini diyakini mampu meradiasikan panas yang lebih efisien dibandingkan dengan material lainnya.

Piston merupakan aluminium 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*) di atas sekitar 6000°F. Temperatur akan turun bila piston bergerak ke bawah, bagian bawah dinding piston temperaturnya sekitar 3000°F. Pada penelitian Purnomo (2015:36) menyatakan bahwa Piston Yamaha RX King yang baru mengandung komposisi Al sebesar 71,29% dengan Si 27,10%, namun pada piston bekas untuk komposisinya Al mengalami penurunan sekitar 0,38%, sedangkan Si mengalami kenaikan 0,533% dan untuk sifat mekanis piston Yamaha RX King yang baru memiliki 126,75 VHN pada bagian kepala sedangkan badan 47,5VHN, sedangkan pada piston lama menunjukkan bahwa kekerasan pada kepala piston mengalami penurunan setelah digunakan, akan tetapi pada badan piston Yamaha RX King terjadi peningkatan. Data tersebut menunjukkan bahwa setelah dipakai piston Yamaha RX King bagian badan mengalami kenaikan kekerasan. Oleh karena itu peneliti menggunakan piston bekas Yamaha RX King untuk bahan *remelting*.

Tabel 2.4 Komposisi Kandungan Kimia Piston RX King Baru
(Sumber : Purnomo, 2015:47)

Unsur	Sampel uji	
	15/S – 1713 (%)	Deviasi
Al	71,29	0,9352
Si	27,1	0,946
Fe	0,286	0,0246
Cu	0,0929	0,0001
Mn	0,0281	0,0007
Mg	<0,0500	<0,0000
Cr	<0,0150	<0,0000
Ni	0,0238	0,0065
Zn	<0,0100	<0,0000
Sn	<0,0500	<0,0000

Ti	0,411	0,0110
Pb	<0,0300	<0,0000
Be	0,0001	0,0000
Ca	0,0024	0,0000
Sr	<0,0005	<0,0000
V	<0,0100	<0,0000
Zr	0,667	0,0286

Tabel 2.5 Komposisi Kandungan Kimia Piston RX King Bekas
(Sumber : Purnomo, 2015: 48)

Unsur	Sampel uji	
	15/S – 1713 (%)	Deviasi
Al	67,32	0,6846
Si	31,0	0,693
Fe	0,350	0,0145
Cu	0,0845	0,0018
Mn	<0,0200	<0,0000
Mg	<0,0500	<0,0000
Cr	<0,0150	<0,0000
Ni	<0,0200	<0,0000
Zn	<0,0100	<0,0000
Sn	0,110	0,0020
Ti	0,329	0,0126
Pb	<0,0300	<0,0000
Be	0,0001	0,0000
Ca	0,0030	0,0001
Sr	<0,0005	<0,0000
V	0,0092	0,0011
Zr	0,698	0,0017

Sementara penyebab utama kerusakan komponen ini adalah ausnya pistonyang dikarenakan kondisi kerja piston yang bekerja menahan suhu yang tinggi, tekanan yang besar dan gesek secara terus menerus dalam waktu yang lama, sehingga piston mengalami keausan. Selain itu kurang kedisiplinan pemakai kendaraan dalam merawat kendaraan terutama dalam pengecekan oli mesin. Jika oli mesin dibawah standar volume yang harus di penuh maka piston akan mudah aus karena pelumasannya kurang.

2.1.3 *Remelting*

Material aluminium sangatlah banyak dimanfaatkan dalam kehidupan sehari-hari, terutama pada bidang industri dan peralatan rumah tangga. Material ini merupakan salah satu sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui. Kegunaan dan manfaat dari material ini sangatlah banyak maka perlu dilakukan proses daur ulang dari limbah aluminium yang nantinya bisa digunakan kembali untuk kebutuhan industri maupun peralatan rumah tangga. Untuk industri kecil tidak selamanya dapat menggunakan aluminium murni untuk produksi, tetapi menggunakan aluminium *scrap* dari pengecoran sebelumnya. Proses peleburan logam yang sebelumnya pernah dicor dinamakan *remelting*.

Remelting merupakan metode yang digunakan untuk mendapatkan suatu material dengan sifat yang diinginkan dengan cara mengubah sifat dari material awal. Proses ini banyak dilakukan pada industri kecil mengingat jumlah *reject material* harganya relatif lebih murah jika dibandingkan dengan bahan murni (*ingot*). Pada dasarnya proses *remelting* merupakan proses peleburan dan penuangan kembali material yang sebelumnya sudah mengalami peleburan. Dalam proses pengecoran di industri kecil khususnya, tidak semua menggunakan bahan murni (aluminium *ingot*), tetapi memanfaatkan aluminium *scrap* ataupun *reject materials* dari peleburan sebelumnya untuk dituang ulang (*remelting*) (Budiyono dkk,2010:26). *Reject materials* lebih efisien memanfaatkan bahan aluminium yang telah ada, meskipun hasilnya tidak sebagus pengecoran dengan bahan murni namun masih dapat digunakan untuk benda coran yang mendapat perlakuan gaya yang tidak begitu besar.

Prose *remelting* pada aluminium tuang meliputi: pembuatan cetakan, pembuatan pola, pasir, pembuatan inti, persiapan dan peleburan limbah piston, penuangan logam cair kedalam cetakan dan pembersihan coran. Peleburan aluminium tuang dapat dilakukan pada tanur krus besi cor, tanur krus dan tanur nyaa api. Logam yang dimasukan pada dapur terdiri dari sekrap (*remelt*) dan aluminium *ingot*. Praktek peleburan yang baik mengharuskan dapur dan logam yang dimasukan dalam keadaan bersih”.

Untuk menuang (memindahkan) logam cair dari tungku peleburan kedalam cetakan dibutuhkan *Ladle*. *Ladle* adalah alat bantu menyerupai sendok yang berukuran besar digunakan untuk mengambil cairan logam dari tungku dan dituang kedalam cetakan. *Ladel* terdiri dari ladel jenis gayung, ladel dengan jepitan pembawa, *ladel* yang dapat dimiringkan dengan tuas tangan (kapasitas 10 sampai 2.000 kg), *ladel* yang dimiringkan dengan roda gigi, *ladel* tuang dasar dengan sumbat (kapasitas 200 sampai 10.000 kg) dan sebagainya (Surdia, 2000: 159). Letak dapur peleburan dan cetakan saat pengecoran berlangsung harus dekat, hal ini untuk menghindari membekunya logam coran pada saat proses penuangan.

Pada proses *remelting* besarnya temperatur yang dibutuhkan untuk mencairkan material tergantung dari jenis material yang akan dilebur. Material aluminium 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). Jadi waktu

yang dibutuhkan untuk peleburan logam tergantung dari jenis dapur dan material itu sendiri. Untuk aluminium paduan (Al-Si) waktu yang dibutuhkan untuk peleburan yaitu sekitar 1 atau 2 jam.

2.1.4 *Quenching*

Quenching merupakan salah satu proses *heat treatment* dimana logam di panaskan pada suhu di atas daerah kritis dan dicelupkan pada media pendingin untuk meningkatkan kekerasan dan ketahanan terhadap aus. Pada *quenching* proses yang paling cepat pendinginannya akan menghasikan kekerasan tertinggi. Kekerasan pada proses *quenching* ditentukan oleh waktu dan media pendingin itu sendiri. Media *quenching* dapat berupa air, oli, air larutan garam dan udara. Kemampuan jenis media pendingin dalam mendinginkan spesimen berbeda-beda, perbedaan kemampuan media pendingin disebabkan oleh temperatur, kekentalan, kadar larutan dan bahan dasar media pendingin.

Dasar pengujian pengerasan pada bahan baja yaitu suatu proses pemanasan dan pendinginan untuk mendapatkan struktur keras yang disebut *martensit*. *Martensit* yaitu fasa larutan padat lewat jenuh dari karbon dalam sel satuan tetragonal pusat badan atau mempunyai bentuk kristal *BodyCentered Tetragonal* (BCT). Makin tinggi derajat kelewatan jenuh karbon, maka makin besar perbandingan satuan sumbu sel satuannya, *martensit* makin keras tetapi getas. Semakin cepat logam di dinginkan maka akan semakin keras sifat logam tersebut.

Pada waktu pendinginan cepat pada *fase austenit* tidak sempat berubah menjadi ferit atau perlit karena tidak ada kesempatan bagi atom-atom karbon yang telah larut dalam austenit untuk mengadakan pergerakan difusi dan bentuk sementit oleh karena itu terjadi fase martensit, ini berupa fase yang sangat keras

dan bergantung pada keadaan karbon. Martensit adalah unsur menstabil terbentuk dengan laju pendinginan cepat, semua unsur paduan masih larut dalam keadaan padat. Material didinginkan dengan cepat dari larutan padat yang homogen pada temperatur tinggi, yaitu dengan pencelupan dingin, keadaan pada temperatur tinggi itu dapat dibawa ke temperatur biasa, operasi ini dinamakan perlakuan pelarutan, yang menghasilkan larutan padat lewat jenuh, yang merupakan fasa tidak stabil dan cenderung untuk terjadi presipitasi fasa kedua (Surdia dan Saito, 1992:130).

Proses *solution heat treatment* dimana logam paduan aluminium pertama kali dipanaskan dalam dapur pemanas hingga mencapai temperatur T_1 (650°C - 660°). Pada temperatur T_1 fasa logam paduan aluminium akan berupa kristal campuran α dalam larutan padat yang kemudian di berikan perlakuan *quenching*. *Quenching* dilakukan dengan cara mendinginkan logam yang telah dipanaskan kedalam media pendingin. Pendinginan dilakukan secara cepat, dari temperatur 520°C ke temperatur yang lebih rendah, pada umumnya mendekati temperatur ruang. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 2.1 dimana pada temperatur 650°C - 660°C semulanya membentuk $\alpha + \text{liquid}$ pada temperatur pada temperatur 550°C hingga mencapai suhu ruangan akan didapatkan dua fasa secara bersamaan yaitu fasa $\alpha + \beta$. Di antara suhu 500°C dan 600°C difusi berlangsung lebih cepat, dan atom karbon yang berdifusi di antara atom besi dapat membentuk *sementit*

Proses *quenching* menyebabkan kekosongan atom tetap ada dalam larutan, jadi dengan berjalannya waktu struktur atom bisa berubah yang menghasilkan perubahan sifat-sifatnya. Adanya kekosongan atom dalam jumlah besar dapat membantu proses difusi atom pada temperatur ruang untuk membentuk zona

Guinier Preston (Zona GP). Zona Guinier Preston (ZonaGP) adalah kondisi didalam paduan dimana terdapat agregasi atom padat ataupun kelompok atom padat.

Tujuan dari perlakuan *quenching* yaitu untuk memberikan pendinginan cepat pada material hasil *heat treatment*, sehingga dapat memperhalus ukuran butiran material, serta dapat meningkatkan nilai kekerasan dan kegetasan pada material. Menurut hasil penelitian Antoro (2007:55) pada pengamatan struktur mikro hasil coran aluminium mengatakan bahwa spesimen tanpa *treatment* didapatkan struktur dengan butir-butir Si belum merata pada unsur α (matriks Al), spesimen *quench* didapatkan struktur dengan butir-butir Si merata pada unsur α (matriks Al), dari pengujian kekerasan didapatkan harga kekerasan rata-rata spesimen *quench* sebesar 62,7 HBN dan tanpa *treatment* sebesar 48,2 HBN dan pengujian *impact* didapatkan harga *impact* rata-rata berturut-turut mulai dari tertinggi pada spesimen *quench* sebesar 0,142 J/mm², kemudian terendah pada spesimen tanpa *treatment* 0,039 J/mm².

Variasi media pendingin yang digunakan untuk proses *quenching* yaitu air (H₂O), air dromus dan oli *quenching*. Air merupakan senyawa yang mengandung unsur *hydrogen* (H) dan unsur oksigen (O), dengan perbandingan unsur 2 atom *hydrogen* dan 1 atom oksigen (H₂O). Kedua unsur ini memiliki sifat yang berlawanan, *hydrogen* adalah unsur yang tidak dibutuhkan dalam pembakaran, sedangkan oksigen adalah unsur yang dibutuhkan dalam pembakaran. Namun dalam kedua senyawa ini memiliki sifat-sifat baru yaitu tidak bisa terbakar. Pendinginan dengan menggunakan air akan memberikan daya pendinginan yang

cepat sehingga air banyak digunakan untuk media pendingin dalam perlakuan panas (*heat treatment*).

Tabel 2.6 Daya Pendingin Air dan Minyak Pelumas
(Tipler, 1991: 408) (Sumber: Wibowo. D,2016:19)

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

Dromus oil merupakan minyak mineral hasil penyulingan dan aditif yang diskripsi komposisi dan sifat kimianya mengandung *sodium sulphonate* 1-4,9%, *Polyolefin ether* 1-3%, *Alkyl amide* 1-3%, dan *Long chain alkenyl amide borate* 1-2,4% (Karmin dkk,2012:3). *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/minyak dromus, biasanya 20:1 sampai 40:1 dengan demikian memungkinkan dimanfaatkan sebagai pendinginan pada pengerasan logam. Minyak merupakan istilah umum untuk semua cairan organik yang tidak larut/bercampur dalam air (*hidrofobik*), tetapi larut dalam pelarut organik. Minyak yang digunakan sebagai fluida pendinginan dalam perlakuan panas adalah yang dapat memberikan lapisan karbon pada permukaan benda kerja yang diolah. Selain minyak khusus digunakan sebagai bahan pendingin pada proses perlakuan panas, dapat juga digunakan oli atau solar.

Oli mempunyai unsur hidrokarbon bila digunakan sebagai media *quenching* dalam proses perlakuan panas akan menyebabkan timbulnya lapisan karbon pada bagian permukaan spesimen yang menjadikan unsur keras pada spesimen. Oli *quenching* merupakan oli yang di desain khusus untuk digunakan dalam teknik

perlakuan panas yang diawali dengan proses pemanasan hingga temperatur tertentu, kemudian diikuti pendinginan secara cepat (proses *quenching*). Kelebihan menggunakan oli *quenching* yaitu mampu memberikan pendingin secara cepat sehingga unsur langsung bertransformasi secara parsial membentuk struktur temperatur aktual. Adapun 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*.

Tabel 2.7 Sifat Fisik dan Kimia Oli *Quenching*.
(Sumber: MSDS Drathon 819.01)

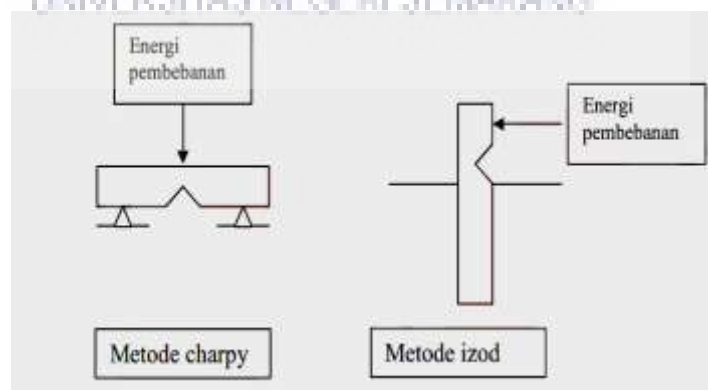
Spesifikasi	Drathon 819.01
<i>Density</i>	0,880
<i>Flash Point</i>	203
<i>Kinematic Viscosity</i>	30,5
<i>Pour Point, °C</i>	-12
<i>Total Acid Number, mg KOH/g</i>	0,02

2.1.5 Uji *Impact*

Pengujian *impact* adalah sebuah metode untuk mengevaluasi ketangguhan relatif dari bahan-bahan teknik. Pengujian *impact* digunakan untuk mengetahui kemampuan menahan beban yang datang tiba-tiba (beban kejut) yang kadang-kadang diatas tegangan luluh tanpa terjadi perpatahan. Perpatahan adalah pemisahan atau pemecahan suatu benda padat, menjadi 2 bagian atau lebih yang diakibatkan adanya tegangan. Menurut George, E (1988:92) uji *impact* batang bertakik telah digunakan untuk menentukan kecenderungan bahan untuk bersifat getas. Uji ini akan mendeteksi perbedaan yang tidak diperoleh dari pengujian tegangan dan regangan.

Pengujian kuat impak merupakan suatu pengujian yang mengukur ketahanan bahan terhadap beban kejut. Dasar pengujian impak adalah penyerapan energi potensial dari pendulum beban yang berayun dari suatu ketinggian tertentu dan menumbuk benda uji sehingga benda uji mengalami deformasi (Rusnoto : 2013:25). Uji impak digunakan untuk mengukur energi yang diserap untuk mematahkan benda uji. Setelah benda uji patah, bandul berayun kembali. Makin besar energi yang diserap, makin rendah ayunan kembali dari bandul (George, D, 1986 :93). Energi perpatahan yang diserap biasanya dinyatakan dalam joule atau foot-pound dan dibaca langsung pada skala penunjuk (*dial*) yang telah dikalibrasi yang terdapat pada mesin penguji.

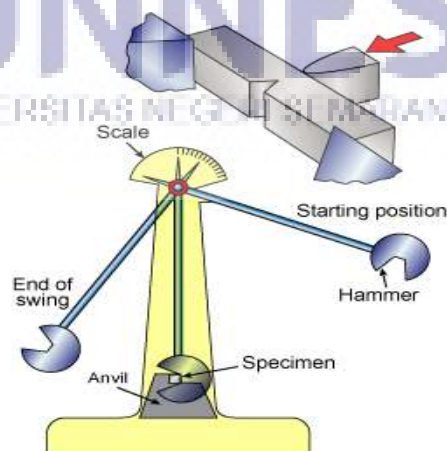
Secara umum benda uji impak dikelompokkan ke dalam dua golongan standar yaitu *Charpy* dan *Izod*. Metode *Charpy* adalah pengujian tumbuk dengan meletakkan posisi spesimen uji pada tumpuan dengan posisi horizontal/mendatar, dan arah pembebanan berlawanan dengan arah takikan, sedangkan metode *izod* adalah pengujian tumbukan dengan meletakkan posisi spesimen uji pada tumpuan dengan posisi dan arah pembebanan searah dengan takikan. Batang uji *Charpy* banyak digunakan di Amerika Serikat dan benda uji *Izod* yang lazim digunakan di Inggris.



Gambar 2.6 Pembebanan Metode *Charpy* dan Metode *Izod*
(Sumber: George, D, 1986 :92)

Batang uji *Charpy* mempunyai luas penampang lintang bujursangkar ($10 \times 10 \text{ mm}$) dan mengandung takik V-45°, dengan jari jari dasar 0,25 mm dan kedalaman 2 mm. Benda uji diletakkan pada tumpuan dalam posisi mendatar dan bagian yang tak bertakik diberi beban impact dengan ayunan bandul (kecepatan impact sekitar 16 ft/detik). Benda uji *Izod* mempunyai penampang lintang bujursangkar atau lingkaran dan bertakik V di dekat ujung yang dijepit. Perbedaan cara pembebanan antara uji *Izod* dan *Charpy* ditunjukkan pada Gambar 2.6.

Pengukuran lain dari uji impact selain dari menghitung energi yaitu penelaahan permukaan patahan untuk menentukan jenis patah yang terjadi, diantaranya patah berserat (patahan geser), granular (patahan beban), atau campuran dari keduanya. Bentuk patahan yang berbeda-beda ini dapat ditentukan dengan mudah, walaupun pengamatan permukaan patahan tidak menggunakan perbesaran. Facet permukaan patahan belah yang datar memperlihatkan daya pemantulan cahaya yang tinggi serta penampilan yang berkilat. Sementara permukaan patahan ulet berserat yang berbentuk dimpel menyerap cahaya serta penampilan yang buram.



Gambar 2.7 Ilustrasi uji *impact*

Material yang akan di uji dibuat takikan terlebih dahulu sesuai dengan ketentuan standar ASTM D-256 dan hasil pengujian pada benda uji tersebut akan terjadi perubahan bentuk seperti bengkok atau patah sesuai dengan keuletan atau kegetasan pada material tersebut. Uji ini dilakukan dengan cara bahan uji ditakikan sesuai standar ketentuan mesin, kemudian dipukul dengan pendulum (godam) yang mengayun secara tiba-tiba terhadap material. Beban didapatkan dari tumbukan oleh palu pendulum yang dilepas dari posisi ketinggian (h_1). Spesimen diposisikan pada dasar, ketika dilepas, ujung pisau pada palu pendulum akan menabrak dan mematahkan spesimen ditakikannya yang bekerja sebagai titik konsentrasi tegangan untuk pukulan impak kecepatan tinggi. Palu pendulum akan melanjutkan ayunan untuk mencapai ketinggian maksimum (h_2) yang lebih rendah dari (h_1). Energi yang diserap dihitung dari perbedaan (h_1) dan (h_2). Posisi simpangan lengan pendulum terhadap garis vertikal setelah membentur spesimen adalah β , dengan mengetahui besarnya energi potensial yang diserap oleh material maka energi yang diserap material dapat dihitung:

$$\begin{aligned}
 E &= \text{energi awal} - \text{energi yang tersisa} \\
 &= m \cdot g \cdot h_1 - m \cdot g \cdot h_2 \\
 &= m \cdot g \cdot R(\cos \beta - \cos \alpha) \dots \dots \dots \text{(persamaan 2.1)}
 \end{aligned}$$

Dimana: E = energi yang diserap (J)

m = berat pendulum (kg)

g = percepatan gravitasi (10 m/s)

R = panjang lengan (m)

α = sudut pendulum sebelum diayunkan sudut jatuh ($^{\circ}$)

β = sudut ayunan pendulum setelah mematahkan spesimen ayun ($^{\circ}$)

Harga ketangguhan *impact* dapat hitung dengan:

$$HI = \frac{E}{A} \dots \dots \dots \text{(persamaan 2.2)}$$

Dimana:

HI = harga ketangguhan *impact* (J/mm²)

E = energi terserap (J)

A = luas penampang patahan benda uji (mm²)

Perbedaan energi potensial adalah energi yang diserap oleh spesimen untuk mematahkan yang dikenal sebagai energi *impact*. Semakin besar perbedaan energi yang diserap, maka dikatakan material memiliki ketangguhan yang semakin besar.

Keuntungan utama uji impak takik Charpy V adalah mudah dilakukan, murah dan benda uji kecil. Namun kelemahannya yaitu menghasilkan sebaran hasil percobaan yang cukup besar. Penyebab utamanya penyebaran tersebut karena perbedaan setempat dari sifat baja dan kesulitan untuk mempersiapkan takik yang seragam, baik bentuk maupun kedalaman.

2.1.6 X-Ray Diffraction (XRD)

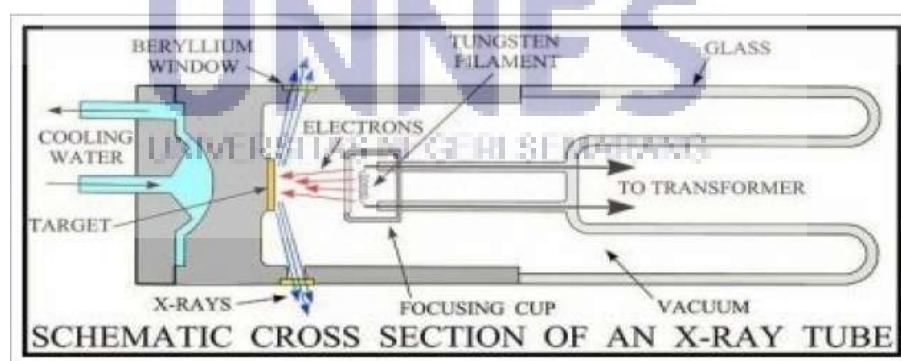
Sinar-X ditemukan pertama kali oleh Rontgen (8 Nov 1895) secara tidak sengaja ketika dia melewati muatan listrik melalui tabung dengan kevakuman tinggi. Sinar X merupakan jenis gelombang elektromagnet dengan rentang panjang gelombangnya antara 0,5Å – 2,5Å. Bila sinarX berinteraksi dengan materi akan mengalami fenomena optik seperti hamburan, difraksi,pantulan, maupun transmisi. Apabila materi bersruktur kristal, maka sinar X yang mengenai bidang-bidang kristal akan didifraksikan atau dihamburkan pada sudut tertentu.

Dari informasi sudut hamburan (2θ) dan apabila panjang gelombang sinar X telah diketahui maka akan dapat dihitung jarak antar bidang atom. Setelah diketahui jarak antar bidang atom, selanjutnya dapat digunakan untuk menghitung indeks Miller dari bidang-bidang atom maupun orientasi pertumbuhan kristal serta parameter kisi. Pemanfaatan teknik sinar X untuk identifikasi material sudah lama dilakukan, Moseley memanfaatkan emisi sinar X untuk analisis kimia pada tahun 1913.

Menurut strukturnya materi dapat digolongkan menjadi dua yaitu berstruktur kristal dan yang tidak berstruktur (*amorf*). Material amorf apabila dikenai berkas sinar X akan dicirikan oleh spektrum yang kontinu, tidak ada puncak-puncak difraksi pada sudut tertentu. Sedangkan material kristal, apabila dikenai berkas sinar X akan dicirikan oleh adanya spektrum yang diskrit pada sudut hamburan tertentu. Kristal (*crystals*) dapat didefinisikan sebagai suatu materi yang tersusun atas atom-atom yang tertata secara rapi, berulang (*periodic*) dan membentuk pola tiga dimensi. Keteraturan atom-atom yang berulang akan membentuk suatu kisi-kisi, yang apabila dikenai berkas sinar, atom-atom tersebut akan berperilaku sebagai kisi difraksi. Oleh karena itu untuk setiap material di alam berstruktur kristal tertentu (artinya mempunyai bidang-bidang, jarak antar bidang, maupun parameter kisi tertentu). Atom-atom mengatur diri secara teratur dan berulang dalam pola 3 dimensi, struktur semacam ini disebut kristal (Lawrence, 1985:75). Dengan demikian teknik difraksi sinar X dapat dimanfaatkan untuk deteksi unsur dan senyawa yang terkandung dalam suatu materi dari struktur kristalnya.

Struktur kristal suatu materi berhubungan erat dengan sifat-sifat materi tersebut, misalnya sifat optik, mekanik, elektrik, maupun termal. Dengan diketahuinya struktur kristal dari suatu materi, secara tidak langsung dapat pula diketahui sifat-sifat materi. Adapun sifat-sifat sinar-X antara lain: bersifat geometri seperti cahaya tampak, terabsorpsi oleh material sesuai dengan kerapatan massa dan nomor massa atom, menghasilkan *fluoresensi*, mengionisasi gas, menghitamkan plat film, mempunyai sifat fisis seperti cahaya tampak dan merupakan gelombang elektromagnetik (Hikam.M, 2007:70).

Menurut Surdia dan Chijiwa (2000:202) cahaya radiasi sinar x, sinar γ dan sebagainya adalah gelombang elektromagnetik yang berbentuk cahaya, mempunyai panjang gelombang pendek dan mempunyai daya untuk menembus logam. Dari prinsip dasar ini, maka alat untuk menghasilkan sinar X terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu: Sumber elektroda (katoda), Tegangan tinggi untuk mempercepat elektron dan Logam target (anoda). Ketiga komponen tersebut merupakan komponen utama suatu tabung sinar X. Adapun skema tabung sinar X dapat dilihat pada Gambar 2.8 dibawah ini.



Gambar 2.8 Skema Tabung Sinar X
(Sumber : Krisnawan, 2009:24)

Dalam penelitian ini *X-Ray Diffraction* (XRD) digunakan untuk mengidentifikasi unsur yang terdapat pada aluminium paduan. Unsur adalah

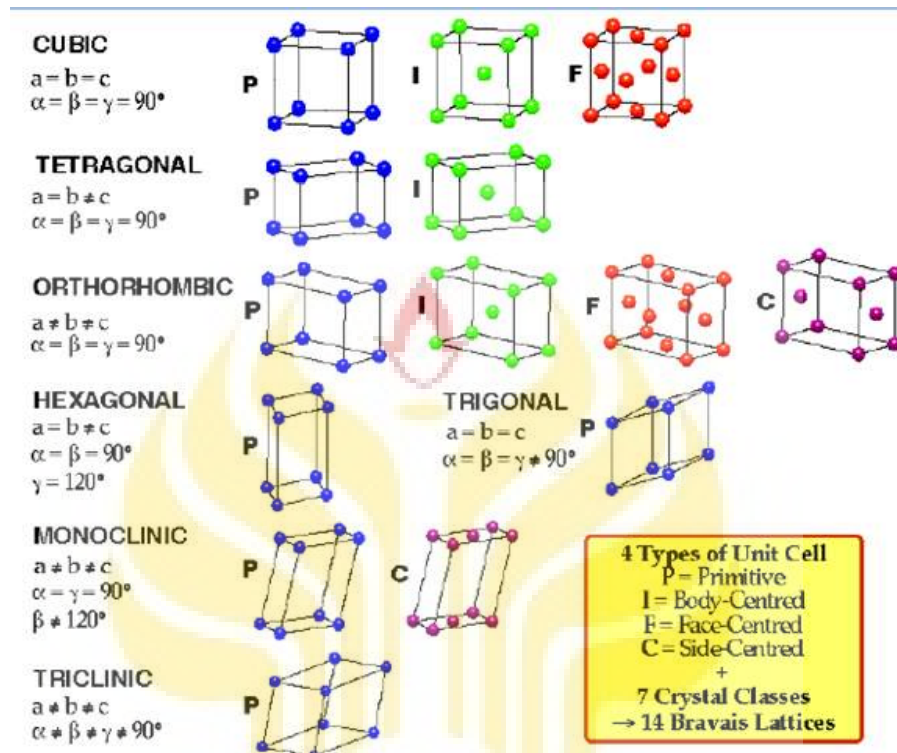
sejumlah zat yang homogen baik secara kimia maupun fisika terdapat dari bagian system pada material. *X-Ray Diffraction (XRD)* merupakan suatu teknik pengujian yang digunakan untuk menentukan unsur dan senyawa kimia, struktur kristal, parameter kisi, volume kisi dan lain-lain (Krisnawan. A, 2009:24). Struktur kristal merupakan suatu susunan khas atom-atom dalam suatu kristal. Suatu struktur kristal dibangun oleh sel unit, sekumpulan atom yang tersusun secara khusus, yang secara periodik berulang dalam tiga dimensi dalam suatu kisi, sedangkan spasi antar sel unit dalam segala arah disebut parameter kisi. *Unit Cells* (sel unit) ialah bagian terkecil dari unit struktur (*building block*) yang dapat menjelaskan struktur kristal. *Unit cell* menyusun kisi ruang (*space lattice/bravais lattice*) yang berupa garis-garis imajiner sehingga membentuk kerangka tiga dimensi. Pengulangan dari unit cells akan mewakili struktur secara keseluruhan. Unsur adalah zat murni yang dapat diuraikan lagi menjadi zat lain yang lebih sederhana dengan reaksi kimia biasa. Senyawa merupakan suatu gabungan yang terdiri dari dua unsur atau lebih yang bergabung secara kimia dengan perbandingan tertentu dalam setiap molekulnya. Teknik pengujian ini tidak merusak material yang akan diuji maupun manusia, karena pengujian ini menggunakan sinar X.

Lawrence (1985:105) menyatakan bahwa ada tujuh sistem kristal berdasarkan geometri sel satuan (dimensi sel satuan dan sudut sumbu). Ketujuh sistem ini mempunyai sejumlah kisi berdasarkan pengaturan titik ekuivalen dalam sel satuan.

Tabel 2.8 Sistem Kristal
(Sumber: Lawrence, 1985:77)

Sistem	Sumbu (axes)	Sudut sumbu (axial angles)
Kubik	$a = b = c$	$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$
Tetragonal	$a = b \neq c$	$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$
Ortorombik	$a \neq b \neq c$	$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$

Monoklinik	$a \neq b \neq c$	$\alpha = \gamma \neq 90^\circ \neq \beta$
Triklinik	$a \neq b \neq c$	$\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$
Heksagonal	$a = b \neq c$	$\alpha = \beta = 90^\circ ; \gamma = 120^\circ$
Rombohedral	$a = b = c$	$\alpha = \beta = \gamma \neq 90^\circ$



Gambar 2.9 Macam-macam Bentuk Kristal. (Sumber : Susilawati.S.A:4)

Gelombang elektromagnetik berfrekuensi tinggi mempunyai panjang gelombang yang sedikit lebih besar dari jarak antar bidang dalam kristal. Berkas gelombang elektromagnetik yang mengenai kristal mengalami difraksi sesuai hukum fisika (Lawrence H, 1985:101). Sudut difraksi digunakan untuk menentukan struktur kristal dengan ketelitian tinggi. Selain itu juga dapat menemukan jarak antar bidang (dan jari-jari atom) suatu logam sampai empat bilangan bermakna atau dengan ketelitian yang lebih besar bila diperlukan. Arah kristal diberi indeks berdasarkan dimensi sel satuan. Setiap bidang dari kelompok (100) sejajar dengan dua sumbu koordinat dan memotong sumbu ketiga, setiap bidang dari kelompok (110) sejajar dengan salah satu sumbu dan memotong dua

sumbu lainnya pada titik potong dengan koefisien yang sama, dan setiap bidang dari kelompok (111) memotong ketiga sumbu dengan koefisien yang sama (Lawrence H, 1985:106). Sudut difraksi ditentukan oleh hukum *Bragg*, secara matematis dapat dituliskan dalam bentuk persamaan:

$$2 d_{hkl} \sin\theta = n \dots \dots \dots \text{(persamaan 2.3)}$$

Dengan

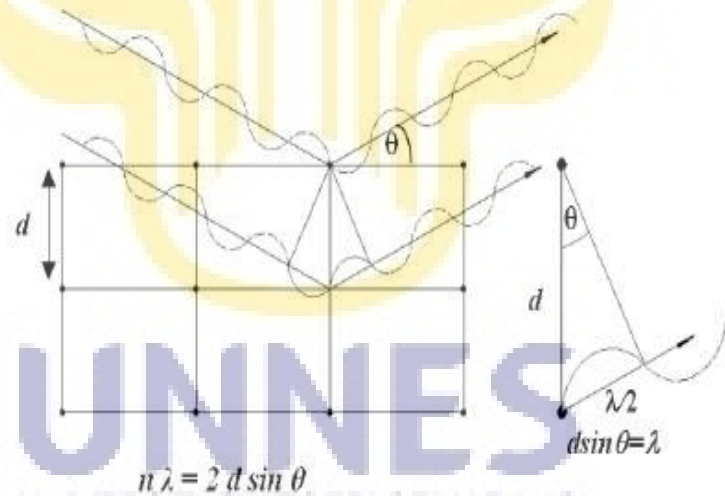
d_{hkl} = jarak antar bidang atom yang berhubungan (A)

θ = sudut hamburan ($^{\circ}$)

n = orde difraksi

λ = panjang gelombang (A)

Untuk memudahkan pemahaman persamaan dapat diilustrasikan seperti pada Gambar 2.10.



Gambar 2.10 Lintasan Berkas Sinar X yang Mengenai Kristal
(Sumber : R.M.Susita dkk, 2008:134)

Hubungan jarak antar bidang d_{hkl} dengan bidang-bidang atom (hkl) untuk masing-masing jenis kristal disajikan pada Tabel 2.9.

Tabel 2.9 Hubungan Jarak Antar Bidang (d_{hkl}) Dengan Bidang-bidang Atom (hkl) Untuk Masing-masing Jenis Kristal (Sumber : R.M.Susita dkk, 2008:135)

No	Jenis Kristal	Hubungan antara d , hkl dan a , b , c , α , β , γ
1	Kubik (Cubic)	$\frac{1}{d^2} = \frac{h^2 + k^2 + l^2}{a^2}, a = b = c, \alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$
2	Tetragonal (Tetragonal)	$\frac{1}{d^2} = \frac{h^2 + k^2}{a^2} + \frac{l^2}{c^2}, a = b \neq c, \alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$
3	Ortorombik (Orthorhombic)	$\frac{1}{d^2} = \frac{h^2}{a^2} + \frac{k^2}{b^2} + \frac{l^2}{c^2}, a \neq b \neq c, \alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$
4	Heksagonal (Hexagonal)	$\frac{1}{d^2} = \frac{4}{3} \left(\frac{h^2 + hk + k^2}{a^2} \right) + \frac{l^2}{c^2}, a = b \neq c, \alpha = \beta = 90^\circ, \gamma = 120^\circ$
5	Monoklinik (Monoclinic)	$\frac{1}{d^2} = \frac{1}{\sin^2 \beta} \left(\frac{h^2}{a^2} + \frac{k^2 \sin^2 \beta}{b^2} + \frac{l^2}{c^2} - \frac{2hl \cos \beta}{ac} \right), a \neq b \neq c, \alpha = \gamma = 90^\circ, \beta \neq 90^\circ$
6	Rombohedral (Rhombohedral)	$\frac{1}{d^2} = \frac{(h^2 + k^2 + l^2) \sin^2 \alpha + 2(hk + kl + hl)(\cos^2 \alpha - \cos \alpha)}{a^2(1 - \cos^2 \alpha + 2\cos^2 \alpha)}, a \neq b \neq c, \alpha = \beta = \gamma \neq 90^\circ$
7	Triklinik (Triclinic)	$\frac{1}{d^2} = \frac{1}{V^2} (S_{11}h^2 + S_{22}k^2 + S_{33}l^2 + 2S_{12}hk + 2S_{23}kl + 2S_{13}hl)$ <p>dengan V adalah volume dari sel satuan (disajikan pada Tabel 2)</p> $S_{11} = b^2 c^2 \sin^2 \alpha$ $S_{22} = a^2 c^2 \sin^2 \beta$ $S_{33} = a^2 b^2 \sin^2 \gamma$ $S_{12} = abc^2 (\cos \alpha \cos \beta - \cos \gamma)$ $S_{23} = a^2 bc (\cos \beta \cos \gamma - \cos \alpha)$ $S_{13} = ab^2 c (\cos \gamma \cos \alpha - \cos \beta)$

Tabel 2.10 Volume Sel Satuan Untuk Berbagai Jenis Kristal (Sumber : R.M.Susita dkk, 2008:135)

No	Jenis Kristal	Volume sel satuan
1	Kubik (Cubic)	$V = a^3$
2	Tetragonal (Tetragonal)	$V = a^2 c$
3	Ortorombik (Orthorhombic)	$V = abc$
4	Heksagonal (Hexagonal)	$V = \frac{\sqrt{3} a^2 c}{2} = 0,866 a^2 c$
No	Jenis Kristal	Volume sel satuan
5	Monoklinik (Monoclinic)	$V = abc \sin \beta$
6	Rombohedral (Rhombohedral)	$V = a^3 \sqrt{1 - 3 \cos^2 \alpha + 2 \cos^3 \alpha}$
7	Triklinik (Triclinic)	$V = abc \sqrt{1 - \cos^2 \alpha - \cos^2 \beta - \cos^2 \gamma + 2 \cos \alpha \cos \beta \cos \gamma}$

Difraksi sinar X terjadi pada sudut tertentu sehingga suatu zat akan mempunyai pola difraksi tertentu pula. Pengukuran kristalinitas relatif dapat dilakukan dengan membandingkan jumlah tinggi puncak pada sudut-sudut

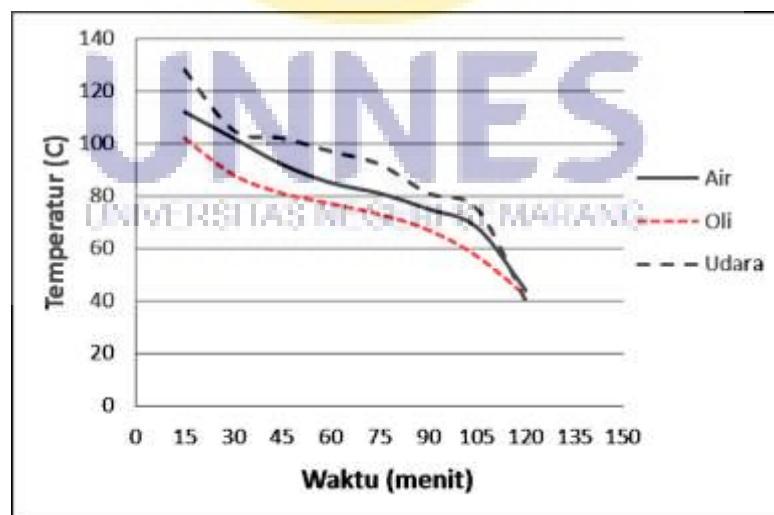
tertentu dengan jumlah tinggi puncak pada sampel standar. Di dalam kisi kristal, tempat kedudukan sederetan ion atau atom disebut bidang kristal. Bidang kristal ini berfungsi sebagai cermin untuk merefleksikan sinar-X yang datang. Posisi dan arah dari bidang kristal ini disebut indeks *miller*. Setiap kristal memiliki bidang kristal dengan posisi dan arah yang khas, sehingga jika disinari dengan sinar-X pada analisis XRD akan memberikan *difraktogram* yang khas pula.

Kelebihan analisis kimia dengan menggunakan *X-Ray Diffraction (XRD)* yaitu:

1. XRD dapat mengidentifikasi semua unsur dan fasa-fasa kristal yang terdapat di dalam suatu material.
2. XRD dapat mengidentifikasi struktur kristal, unit sel, parameter kisi dan posisi atom di dalam penyusun material aluminium.
3. XRD dapat membedakan berbagai oksida yang terdapat dalam material.
4. XRD dapat mengetahui persentase semua unsur dan senyawa yang terkandung pada material.
5. XRD dapat digunakan untuk analisis kuantitatif dari suatu fraksi dalam campuran.
6. Tidak diperlukan sample yang besar dan sifat uji ini non-destruktif, serta analisis ini jauh lebih cepat dibandingkan dengan analisis kimia basah.
7. XRD memberikan cara yang cepat dan teliti.
8. Tidak menimbulkan kerusakan pada material yang diuji.

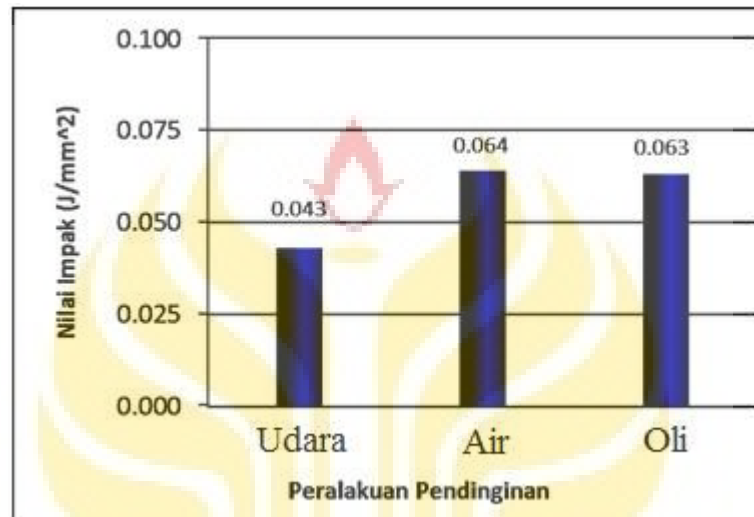
2.2 Kajian Penelitian yang Relevan

Penelitian tentang pengaruh media pendingin terhadap beban impact material aluminium coran yang dilakukan oleh Ali, dkk (2012) Tujuan dari penelitian adalah untuk mengetahui kekuatan impact aluminium skrap hasil proses pengecoran terhadap laju pendinginan pada media air, oli, dan udara. Material yang digunakan sebagai bahan baku pengecoran adalah aluminium bekas dari hasil pemesinan. Metode pengujian dimulai dari pengecoran, pembentuk spesimen dan pengujian impact. Dalam penelitiannya proses peleburan menggunakan dapur krusibel dan bahan material aluminium bekas (skrap) yang dileburkan selama 1 jam dengan temperature tuang 650°C . Proses pendinginan menggunakan media pendingin air, oli dan udara dan diuji *impact*. Spesimen uji impact dibentuk mengikuti ASTM E.23 and ISO 148, dengan takik-V. Laju pendinginan mulai diukur pada menit ke 15 sampai ke 120 menit. Laju pendinginan menggunakan oli bekas sedikit lebih cepat dibandingkan dengan laju pendinginan menggunakan media air dan udara.



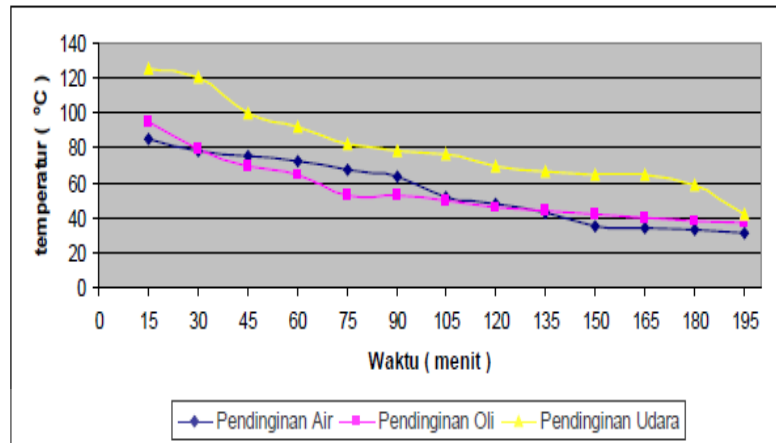
Gambar 2.12 Grafik Laju Pendinginan Aluminium Skrap

Hasil penelitian menunjukkan aluminium skrap yang dicor dengan menggunakan media pendingin oli memiliki laju pendinginan yang lebih cepat dibandingkan menggunakan media pendingin air dan udara. Ketangguhan aluminium skrap tinggi dengan media pendinginan air (0,064 joule/mm²), oli (0,063 joule/mm²) dan udara (0,043 joule/mm²).



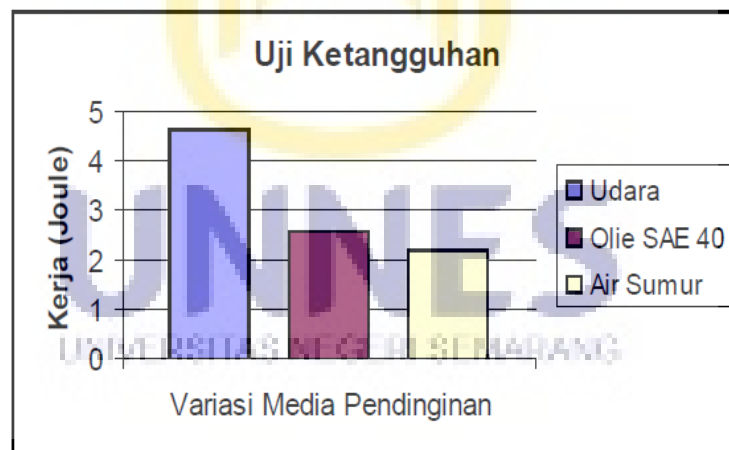
Gambar 2.12 Grafik Hubungan Nilai Impak Terhadap Media Pendingin

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. Pengukuran penurunan temperatur dilakukan setiap 15 menit sekali.



Gambar 2.13 Grafik Pendinginan Coran Aluminium.

Dari hasil pengujian ketangguhan benda uji dengan media pendinginan udara suhu kamar lebih tangguh dibandingkan dengan benda uji dengan media quenching oli SAE 40. Nilai ketangguhan benda uji dengan media pendinginan udara suhu kamar $0,085 \text{ Joule/mm}^2$, dengan media pendingin oli SAE 40 $0,032 \text{ Joule/mm}^2$ dan dengan media pendingin air sumur $0,028 \text{ Joule/mm}^2$, sehingga benda uji dengan media pendinginan udara suhu kamar lebih tangguh.



Gambar 2.14 Grafik Nilai Impak Dengan Variasi Pendinginan.

Abidin, M.Z (2008) melakukan penelitian tentang identifikasi fasa intermetalik $\beta\text{-AlFeSi}$ pada paduan Al-7wt\%Si dan Al-11wt\%Si yang mengandung besi. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh penambahan kadar besi terhadap morfologi fasa intermetalik AlFeSi . Pembuatan

material dilakukan dengan cara pengecoran menggunakan master alloy paduan Al-7wt%Si dengan variasi kadar besi sejumlah 1,2%; 1,4%; 1,6%; dan 1,8% pada temperatur 720°C dan Al-11wt%Si dengan variasi kadar besi sejumlah 0,6%; 0,8%; 1,0%; dan 1,2% serta pada temperatur 720°C. Kemudian hasil coran paduan aluminium silikon diamati dengan menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM), *Energy Dispersive X-ray Analysis* (EDX) serta menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD) untuk mengetahui komposisi paduan Aluminium Silikon. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi kadar Fe pada paduan aluminium maka ukuran dan jumlah fraksi intermetalik AlFeSi semakin besar. Dimana morfologi intermetalik berbentuk pelat/jarum yang diidentifikasi sebagai fasa β -Al₅FeSi. Serta tidak ditemukan adanya fasa α -Al₈Fe₂Si. Jumlah fraksi intermetalik terbesar ditemukan pada Al-7%Si-1,8%Fe dengan jumlah fraksi 6,87%. Jumlah fraksi intermetalik terkecil ditemukan pada Al-11%Si-0,6%Fe dengan jumlah fraksi 1,43%. Dimana semakin besar fraksi intermetalik maka sifat fluiditas akan semakin turun.

Penelitian yang dilakukan oleh Marzuki R (2011) tentang meningkatkan sifat mekanis aluminium komersil untuk bahan panel bodi mobil dengan metode *equal channel angular pressing*. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk memperbaiki sifat mekanis aluminium tanpa perlu menambahkan elemen paduan tambahan dengan proses yang sederhana dan biaya produksi rendah. Proses *Equal Channel Angular Pressing* dilakukan pada aluminium komersil dengan diameter 19,05 mm dan panjang 80 mm. Sampel Aluminium dilewatkan pada cetakan *Equal Channel Angular Pressing* dengan sudut cetakan 90° dan sudut busur 200°, tekanan pembebanan sebesar 60 MPa. Proses *Equal Channel Angular Pressing*

pada penelitian ini dilakukan sebanyak 1 laluan, 2 laluan, 3 laluan, 4 laluan dan 5 laluan. Dengan memvariasikan jumlah laluan dan rute proses diputar 600. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa telah terjadi peningkatan kekerasan sebesar 16% untuk laluan pertama, 23% untuk laluan kedua, 35% untuk laluan ketiga, 41% untuk laluan keempat dan 44% untuk laluan kelima. Begitu juga nilai kekuatan tarik aluminium menghasilkan peningkatan sebesar 16% untuk laluan pertama, 22% untuk laluan kedua, 35% untuk laluan ketiga, 42% untuk laluan keempat dan 44% untuk laluan kelima. Struktur mikro memperlihatkan efek pengerasan regangan dan deformasi terjadi pada struktur mikro aluminium sehingga ukuran butir setelah proses *Equal Channel Angular Pressing* mengalami penurunan. Diameter butir aluminium komersil mengalami penurunan setelah dilakukan proses *Equal Channel Angular Pressing* sehingga sifat mekanisnya meningkat.

2.3 Kerangka Pikir Penelitian

Di Indonesia banyak industri kecil yang melakukan proses pengecoran logam tidak menggunakan 100% material aluminium murni melainkan memanfaatkan limbah dari pengecoran sebelumnya. Hal ini dikarenakan material aluminium murni terlalu mahal dan terbatas, sehingga membuat kebanyakan industri kecil tidak menggunakan material aluminium murni tetapi memakai material *scrap* dan komponen yang rusak dari pengecoran sebelumnya, hal ini dikenal dengan proses tuang ulang atau *remelting* dapat menghemat biaya produksi dalam proses pengecoran. Tujuan dari *remelting* adalah untuk mengefisiensi bahan yang telah ada, dengan harga yang relatif lebih rendah jika

dibandingkan dengan aluminium murni. Hasil *remelting* dari limbah aluminium (piston) tidak dapat menghasilkan produk yang sifat fisis dan sifat mekaniknya sama dengan material aluminium murni, namun hasilnya masih dapat dipertimbangkan. Piston hasil daur ulang agar bisa digunakan dengan baik dan aman, maka perlu diberikan perlakuan (*treatment*) untuk memperbaiki sifat aluminium piston hasil pengecoran. Adapun perlakuan yang dapat dilakukan yaitu dengan perlakuan *quenching*.

Perlakuan *quenching* dengan pemberian variasi media pendingin pada hasil *remelting* aluminium paduan berbasis limbah piston dilakukan untuk mengetahui signifikansi nilai kekuatan *impact* dan senyawa fasa serta ukuran kristal yang hadir pada analisis XRD dalam setiap spesimen. Media *quenching* yang digunakan dalam penelitian ini berupa air (H_2O), air dromus dan oli *quenching* dan *non-quenching* sebagai *raw-material* yang dijadikan sebagai data perbandingan dari hasil perlakuan *quenching*. Penganalisaan nilai kekuatan *Impact* dengan mengukur laju pendinginan dari hasil *treatment* menggunakan pengujian *Impact Charpy* dan untuk analisa senyawa fasa dan ukuran butir kristal yang hadir menggunakan alat uji XRD (*X-Ray Diffraction*). Dari hasil penelitian ini akan didapatkan pembahasan tentang besaran pengaruh dari berbagai variasi media pendingin terhadap nilai kekuatan *Impact* dan senyawa fasa serta ukuran butir kristal yang hadir pada spesimen dari variasi media pendingin dari hasil *remelting* aluminium paduan berbasis limbah piston. Hasil uji sifat mekanik dan uji sifat fisis hasil *remelting* tersebut juga dapat digunakan sebagai pengembangan dalam perbandingan sifat mekanis dan sifat fisis hasil pengecoran dengan media pendingin yang berbeda.

BAB V

PENUTUP

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan pada pengaruh nilai *impact* dan *X-ray Diffraction* pada proses *quenching* dengan variasi media pendingin berbasis bahan *remelting* aluminium paduan limbah piston, dapat disimpulkan bahwa:

1. Ada pengaruh variasi media pendingin terhadap nilai kekuatan *Impact* pada hasil *remelting* aluminium paduan. Nilai kekuatan *impact* spesimen *non-quenching* semula 0,0103 Joule/mm², untuk media pendingin air turun menjadi 0,0081 Joule/mm², media pendingin air dromus nilai kekuatan *impact* meningkat menjadi 0,0108 Joule/mm², dan media pendingin oli *quenching* terjadi peningkatan yang tinggi yaitu sebesar 0,0158 Joule/mm². Jadi dapat disimpulkan bahwa media pendingin yang memiliki laju pendinginan lambat memberikan nilai *impact* yang tinggi, sedangkan media pendingin yang memberikan laju pendinginan yang cepat memberikan nilai *impact* yang rendah.
2. Ada pengaruh variasi media pendingin terhadap ukuran butir kristal fasa AlSi dan persentase fasa intermetalik yang terkandung dalam hasil *remelting* aluminium paduan. Ukuran butir kristal *raw-material* sebesar 55,13nm dengan persentase fasa intermetalik sebanyak 7,6%, *quenching* dengan media pendingin air menghasilkan ukuran butir kristal fasa AlSi sebesar 61,54nm dengan persentase fasa intermetaliknya 24,2%, *quenching* dengan air dromus menghasilkan ukuran butir kristal fasa AlSi

sebesar 42,19nm dengan persentase fasa intermetaliknya sebanyak 17,2% dan *quenching* media pendingin oli *quenching* menghasilkan ukuran kristal fasa AlSi sebesar 38,23nm dengan persentase fasa intermetaliknya sebanyak 5,9%. Jadi dapat disimpulkan bahwa media pendingin yang memberikan laju pendinginan cepat akan menghadirkan fasa intermetalik dalam jumlah banyak dan ukuran butir kristal fasa AlSi lebih besar, sedangkan media pendingin dengan laju pendingin lambat menghadirkan fasa intermetalik dalam jumlah yang sedikit dan ukuran butir kristal AlSi kecil (padat).

5.2 Saran

Berdasarkan simpulan di atas, maka saran yang dapat diberikan oleh peneliti adalah sebagai berikut :

1. Apabila melakukan proses *quenching*, gunakan media pendingin yang memberikan laju pendinginan yang lambat untuk mendapatkan tingkat nilai ketangguhan yang optimum.
2. Perlu dilakukan pengujian lain yang mendukung terhadap keberadaan martensit dengan penelitian lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, M. Nurdin. Abdullah, M. Mawardi, I. 2012. Pengaruh Media quenching terhadap Beban Impak Material Aluminium Coran. *Jurnal Politeknik Lhokseumawe*.
- Antoro, T. 2007. Studi Pengaruh Quench dan Quench Aging Pada Aluminium Hasil Pengecoran Terhadap Sifat Fisis dan Mekanis. Skripsi, *Universitas Muhammadiyah Surakarta*.
- Abidin, M.Z. 2008. Identifikasi Fasa Intermetalik B-AlFeSi Pada Paduan Al-7wt %Si dan Al-11wt % Si yang Mengandung Besi. Skripsi, *Departemen Teknik Metalurgi Dan Material: Fakultas Teknik Universitas Indonesia*.
- Budiyono, A. Widayat, W. Rusiyanto. 2010. Peningkatan Sifat Mekanis Sekrap Aluminium dengan Degassing. *Jurnal Profesional*.
- Budiyono, A. Jamasri. 2010. Pengaruh Remelting terhadap Perambatan Retak Paduan Aluminium. *Jurnal Penelitian Sainstek*.
- George E. Dieter. 1986. *Metalurgi Mekanik* (Cetakan 2). Jakarta: Erlangga.
- Hikam, M. 2007. Kristalografi dan Teknik Difraksi. Program Studi Ilmu Material Departemen Fisika FMIPA. *Universitas Indonesia*.
- Gotech Testing Machines. 2004. *Izod & Charpy Digital Impact Tester*, Model: GT-7045-MDH.
- Karmin, Muchtar. 2012. Analisis Peningkatan Kekerasan Baja Amutit Menggunakan Media pendingin Dromus. *Jurnal Austenit*.
- Krisnawan, A. 2009. Karakterisasi Sampel Paduan Magnesium Jenis AZ9 ID Dengan Berbagai Variasi Waktu Milling Menggunakan X-Ray Fluoresence (XRF) dan X-Ray Diffraction (XRD). *Jurnal kristalografi*
- Lawrence, H. Dan Van, V. 1985. *Ilmu dan Teknologi Bahan*. Translet by Sriati, D. 1981. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Marzuki, R. 2011. Meningkatkan Sifat Mekanik Aluminium Komersil Untuk Bahan Panel Bodi Mobil Dengan Metode Equal Channel Angular Pressing. Srikpsi, *Departemen Teknik Mesin, Universitas Sumatera Utara*.

- Priyanto, K. 2011. Pengaruh Holding Time Terhadap Kekerasan dan Struktur mikro Pada Bahan Piston Dayang Super X. *Universitas Sebelas Maret*. Surakarta.
- Purnomo, D. 2015. Studi Komparasi Karakteristik Piston Sepeda Motor 4 Tak dan 2 Tak. Skripsi, Semarang: *Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang*.
- Majanasastra, R. B. S. 2015. Pengaruh Variable Waktu (Aging Heat Treatment) Terhadap Peningkatan Kekerasan Permukaan dan Struktur Mikro Kepala Piston Sepeda Motor Honda Vario. *Jurnal penelitian Mekanik, Universitas Islam 45 Bekasi*.
- Rusnoto. 2014. Studi Sifat Mekanik Paduan AlSi Pada Piston Bekas Dengan Penambahan Magnesium (Mg). *Jurnal Penelitian Mekanikal*.
- Supriyanto. 2009. Analisis Hasil Pengecoran Aluminium dengan Variasi Media pendinginan. *Jurnal Janateknika*.
- Sudjana. 2005, *Metode Statistika* (Cetakan 6). Bandung. Tarsito
- Sugiono. 2010. *Metode Penelitian Pendidikan (Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif dan R&D)* (Cetakan 10). Bandung. Alfabeta.
- Susilawati, S.A. Mineralogi & Petrografi. FKIP Prodi. Geografi, UMS.
- Susita, L.R.M. Sujitno, T. 2008. Analisa Struktur Kristal Lapisan Tipis Aluminium Pada Substrat Kaca Menggunakan XRD. *Jurnal Kristalografi*.
- 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
- Wibowo, D. I. W. 2016. Pengaruh Variasi Media Quenching Terhadap Nilai Kekerasan dan Struktur Mikro Hasil Remelting Aluminium paduan Berbasis Limbah Piston. Skripsi, *Teknik mesin, Universitas Negeri Semarang*.