



**PENGARUH KADAR SILIKON TERHADAP
KARAKTERISTIK MATERIAL ALUMINIUM
SEKRAP HASIL *REMELTING***

Skripsi

diajukan sebagai satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

Program Studi Teknik Mesin

Oleh

Rainaldi Pranata

NIM.5212414052

**TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
2020**

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Nama : Rainaldi Pranata

NIM : 5212414052

Program Studi : Teknik Mesin

Judul : Pengaruh Penambahan Unsur Silikon Terhadap Karakteristik
Material *Remelting* Aluminium Sekrap.

Skripsi ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke sidang panitia ujian
Skripsi Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri
Semarang.

Semarang, 10 Januari 2020
Pembimbing



Widi Widayat, S.T., M.T
NIP. 197408152000031001

PENGESAHAN

Skripsi dengan judul “Pengaruh Kadar Silikon Terhadap Karakteristik Material Aluminium Sekrap Hasil *Remelting*” telah dipertahankan didepan sidang Panitia Ujian Skripsi Fakultas Teknik UNNES pada tanggal 12 Oktober 2020

Oleh

Nama : Rainaldi Pranata

NIM : 5212414052

Program Studi : Teknik Mesin, S1

Panitia,

Ketua



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

Sekretaris



Samsudin Anis, S.T., M.T., Ph.D
NIP. 197601012003121002

Penguji 1




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

Penguji 2



Drs. Sunyoto, M.Si.
NIP. 196511051991021001

Pembimbing 1



Wid. Widayat, S.T., MT
NIP. 197408152000031001

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik



Nur Qudus, M. T., IPM,
NIP. 196911301994031001

PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik (sarjana, magister, dan/atau doktor), baik di Universitas Negeri Semarang (UNNES) maupun di perguruan tinggi lain.
2. Karya tulis ini adalah murni gagasan rumusan, dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan Pembimbing dan masukan Tim Penguji.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis untuk dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan tidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi ini.

Semarang, 13 Oktober 2020
pernyataan,

METERAI
TEMPEL

6000

Rainaldi Pranata
NIM. 5212414052

SARI ATAU RINGKASAN

Rainaldi Pranata, 2019. Pengaruh Kadar Silikon Terhadap Karakteristik Material Aluminium Sekrap Hasil *Remelting*. Skripsi. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang. Pembimbing (1) Widi Widayat, S.T., M.T.

Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pengaruh kadar unsur silikon pada *remelting* aluminium sekrap terhadap komposisi kimia aluminium, silikon, dan unsur lain sebagai zat pengotor, tegangan *bending*, regangan *bending*, modulus elastisitas *bending*, kekerasan *vickers*, dan struktur mikro. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh kadar unsur silikon pada *remelting* aluminium sekrap terhadap komposisi kimia aluminium, silikon, dan unsur lain sebagai zat pengotor, tegangan *bending*, regangan *bending*, modulus elastisitas *bending*, kekerasan *vickers*, dan struktur mikro.

Metode penelitian ini memvariasikan peningkatan unsur silikon 2,57%, 4,13%, dan 6,15% pada *remelting* aluminium sekrap dengan suhu peleburan 800°C menggunakan cetakan pasir dengan melakukan pengujian komposisi kimia, *bending*, *vickers hardness* dan pengamatan struktur mikro.

Hasil penelitian ini menunjukkan komposisi kimia aluminium pada aluminium sekrap adalah 86,21%, pada variasi 1 mengalami penurunan menjadi 84,63%, pada variasi 2 persentase aluminium kembali mengalami penurunan menjadi 82,44% dan pada variasi 3 mengalami hal yang sama yaitu mengalami penurunan menjadi 81,57%. Komposisi kimia silikon pada aluminium sekrap yaitu 9,65%, pada variasi 1 mengalami peningkatan menjadi 12,3%, peningkatan terjadi pula pada variasi 2 menjadi 14,2% dan pada variasi 3 peningkatan menjadi 15,2%. Pengujian *bending* pada aluminium sekrap menghasilkan tegangan *bending* 72,95 MPa, regangan *bending* 0,0052 dan modulus elastisitas *bending* 2,4 GPa. Pengujian *bending* pada variasi 1 menghasilkan tegangan *bending* 86,1 MPa, regangan *bending* 0,0048 dan modulus elastisitas *bending* 3,43 GPa. Pengujian *bending* pada variasi 2 menghasilkan tegangan *bending* 168,7 MPa, regangan *bending* 0,0066 dan modulus elastisitas *bending* 4,67 GPa. Pengujian *bending* pada variasi 3 menghasilkan tegangan *bending* 175,15 MPa, regangan *bending* 0,0072 dan modulus elastisitas *bending* 4,86 GPa. Pengujian kekerasan *vickers* menghasilkan nilai kekerasan pada aluminium sekrap adalah 76,63 Hv, pada variasi 1 meningkat menjadi 111,8 Hv, pada variasi 2 juga mengalami peningkatan menjadi 124,1 Hv dan begitu pula pada variasi 3 mengalami peningkatan menjadi 139,6 Hv. Pada pengamatan struktur mikro menunjukkan bahwa fasa silikon tersebar merata dengan ukuran yang semakin membesar berdasarkan kandungan silikon dalam paduan.

Kata Kunci: Silikon, *bending*, *vickers*, dan struktur mikro

MOTTO

“Berhentilah menyalahkan keadaan, lakukan apapun dengan sungguh-sungguh dan kendalikan keadaanmu sendiri”

(Ricky Elson)

“Salah satu pengkerdilan terkejam dalam hidup adalah membiarkan pikiran yang cemerlang menjadi budak bagi tubuh yang malas, yang mendahulukan istirahat sebelum lelah”

(Buya Hamka)

PRAKATA

Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi/TA yang berjudul Pengaruh Penambahan Unsur Silikon Terhadap Karakteristik Material Remelting Aluminium Sekrap. Skripsi ini disusun sebagai salah satu persyaratan meraih gelar Sarjana Teknik pada Program Studi S1 Teknik Mesin Universitas Negeri Semarang. Shalawat dan salam disampaikan kepada Nabi Muhammad SAW, mudah-mudahan kita semua mendapatkan safaat Nya di yaumil akhir nanti, Amin.

Penyelesaian karya tulis ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih serta penghargaan kepada:

1. Prof. Dr. Fathur Rokhman, M. Hum, Rektor Universitas Negeri Semarang atas kesempatan yang diberikan kepada penulis untuk menempuh studi di Universitas Negeri Semarang.
2. Dr. Nur Qudus, MT, Dekan Fakultas Teknik, Rusiyanto, S. Pd., M.T., Ketua Jurusan Teknik Mesin, Samsudin Anis S.T., M.T., Ph.D., Koordinator Program Studi Teknik Mesin S1 atas fasilitas yang disediakan bagi mahasiswa.
3. Widi Widayat, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah penuh perhatian dan atas berkenaan memberi bimbingan dan dapat dihubungi sewaktu-waktu disertai kemudahan menunjukkan sumber-sumber yang relevan dengan penulisan karya ini.

4. Dr. Rahmat Doni Widodo, S.T., M.T. dan Drs. Sunyoto, M.Si., Penguji yang telah memberi masukan yang sangat berharga berupa saran, ralat, perbaikan, pertanyaan, komentar, tanggapan, menambah bobot dan kualitas karya tulis ini.
5. Orangtua saya yang senantiasa mendoakan kelancaran penelitian yang akan saya lakukan.
6. Kawan-kawan Teknik Mesin yang selalu membantu baik pikiran maupun tenaga.

Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi siapapun yang berniat baik terhadap segala hal dalam skripsi ini, dan semoga pengembangan dan penelitian yang telah dilaksanakan oleh penulis dapat bermanfaat untuk referensi tentang perbaikan unsur material dengan penambahan silikon.

Semarang, 13 Oktober 2020



Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
PRAKATA.....	iii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR TABEL.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	2
1.3 Pembatasan Masalah.....	3
1.4 Rumusan Masalah.....	4
1.5 Tujuan.....	4
1.6 Manfaat.....	5
BAB II KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI ⁶	
2.1 Kajian Pustaka.....	6
2.2 Landasan Teori.....	8
2.2.1 Aluminium.....	8
2.2.2 Silikon.....	12
2.2.3 Paduan Al-Si.....	13
2.2.4 <i>Remelting</i>	16
2.2.5 Penambahan unsur silikon.....	17
2.2.6 Cetakan pasir.....	17
2.2.7 Sifat-sifat mekanis material.....	18
2.2.8 Uji komposisi kimia.....	19
2.2.9 Uji tekan (<i>bending</i>).....	19
2.2.10 Uji kekerasan <i>vickers</i>	21
2.2.11 Pengamatan struktur mikro.....	23

BAB III	METODE PENELITIAN	25
	Waktu dan Tempat.....	25
	3.1 Desain Penelitian	25
	3.1.1 Diagram Alir.....	26
	3.1.2 Prosedur Penelitian.....	27
	3.2 Alat dan Bahan	33
	3.2.1 Alat	33
	3.2.2 Bahan.....	37
	3.3 Parameter Penelitian	37
	3.3.1 Variabel bebas	38
	3.3.2 Variabel terikat	38
	3.3.3 Variabel kontrol.....	38
	3.4 Teknik Pengumpulan Data	38
	3.5 Kalibrasi Instrumen	40
	3.6 Teknik Analisis Data	40
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	42
	4.1 Deskripsi data	42
	4.1.1 Data uji komposisi kimia.....	43
	4.1.2 Data pengujian <i>bending</i>	44
	4.1.3 Data pengujian kekerasan <i>vickers</i>	47
	4.1.4 Data pengamatan struktur mikro	50
	4.2 Analisis data	51
	4.2.1 Uji komposisi kimia	51
	4.2.2 Uji <i>bending</i>	53
	4.2.2.1 Analisis tegangan <i>bending</i>	55
	4.2.2.2 Analisis regangan <i>bending</i>	56
	4.2.2.3 Analisis modulus elastisitas <i>bending</i>	57
	4.2.3 Kekerasan <i>vickers</i>	57
	4.2.4 Pengamatan struktur mikro.....	58
	4.3 Pembahasan	60
	4.3.1 Pengaruh silikon terhadap komposisi kimia.....	60
	4.3.2 Pengaruh silikon terhadap tegangan, regangan dan	

modulus elastisitas <i>Bending</i>	61
4.3.3 Pengaruh silikon terhadap kekerasan <i>vickers</i>	62
4.3.4 Pengaruh silikon terhadap pengamatan struktur mikro	63
BAB V PENUTUP	66
5.1 Kesimpulan	66
5.2 Saran	68
DAFTAR PUSTAKA	69
LAMPIRAN	71

DAFTAR SINGKATAN TEKNIS DAN LAMBANG

T = Temperatur ($^{\circ}\text{C}$)

Pengujian *bending*

σ_b = Kekuatan atau tegangan lengkung *bending* (MPa)

ε = Regangan *bending* (mm)

E_b = Modulus elastisitas *bending* (GPa)

b = lebar spesimen (mm)

D = Lendutan bagian tengah (mm)

d = Tebal (mm)

L = Jarak titik tumpu (mm)

m = Kemiringan garis singgung (N/mm)

Pengujian *Vickers*

Hv = Angka kekerasan Vickers (kg/mm^2)

F = Gaya tekan (kgf)

A = Luas indentitas (mm^2)

D = Diagonal rata-rata (mm^2)

d_1, d_2 = Diagonal lekukan (mm^2)

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Penggunaan aluminium dengan paduan yang diberikan.....	10
Tabel 2.2	Tingkat kemurnian Aluminium.....	10
Tabel 2.3	Sifat-sifat Fisis Aluminium.....	11
Tabel 2.4	Sifat-sifat Mekanis Aluminium.....	11
Tabel 2.5	Kandungan aluminium sekrap	19
Tabel 4.1	Hasil uji komposisi kimia aluminium sekrap.....	43
Tabel 4.2	Hasil uji komposisi kimia variasi 1.....	44
Tabel 4.3	Hasil uji komposisi kimia variasi 2.....	44
Tabel 4.4	Hasil uji komposisi kimia variasi 3.....	44
Tabel 4.5	Hasil uji <i>bending</i> aluminium sekrap	46
Tabel 4.6	Hasil uji <i>bending</i> variasi 1	46
Tabel 4.7	Hasil uji <i>bending</i> variasi 2	47
Tabel 4.8	Hasil uji <i>bending</i> variasi 3	47
Tabel 4.9	Hasil uji kekerasan <i>vickers</i> aluminium sekrap.....	48
Tabel 4.10	Hasil uji kekerasan <i>vickers</i> variasi 1	48
Tabel 4.11	Hasil uji kekerasan <i>vickers</i> variasi 2	49
Tabel 4.12	Hasil uji kekerasan <i>vickers</i> variasi 3	49
Tabel 4.13	Tegangan (σ_b), regangan (ϵ_b) dan modulus elastisitas (E_b).....	55
Tabel 4.14	Kekerasan <i>vickers</i> aluminium sekrap, variasi 1, variasi 2 dan variasi 3	58

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Unsur silikon	12
Gambar 2.2 Diagram fasa Al-Si.....	14
Gambar 2.3 Struktur mikro piston Vespa.....	15
Gambar 2.4 Struktur mikro piston Suzuki	15
Gambar 2.5 Struktur mikro piston Honda.....	16
Gambar 2.6 <i>Threepoint bending</i>	20
Gambar 2.7 Pengujian kekerasan metode <i>vickers</i>	22
Gambar 2.8 <i>Hypoeutectic</i> aluminium-silicon <i>alloy</i>	23
Gambar 2.9 <i>Eutectic</i> aluminium-silicon <i>alloy</i>	24
Gambar 2.10 <i>Hypereutectic</i> aluminium-silicon <i>alloy</i>	24
Gambar 2.11 Kristal silikon <i>eutectic</i>	24
Gambar 3.1 Diagram alir.....	26
Gambar 3.2 3 Kg aluminium sekrap dan 1 Kg aluminium silikon 20%	28
Gambar 3.3 3 Kg aluminium sekrap dan 2 Kg aluminium silikon 20%	28
Gambar 3.4 2 Kg aluminium sekrap dan 3 Kg aluminium silikon 20%	29
Gambar 3.5 <i>Thermocouple</i>	29
Gambar 3.6 Spesimen pengujian komposisi kimia	30
Gambar 3.7 Spesimen pengujian <i>bending</i>	30
Gambar 3.8 Spesimen pengujian kekerasan <i>vickers</i>	31
Gambar 3.9 Spesimen pengamatan struktur mikro	32
Gambar 3.10 Tungku peleburan.....	33
Gambar 3.11 <i>Thermocouple</i>	34
Gambar 3.12 Kowi dan alat bantu penuangan	34
Gambar 3.13 Kompresor	34
Gambar 3.14 Tabung bahan bakar	35
Gambar 3.15 Jangka sorong	35
Gambar 3.16 Alat uji <i>bending</i> Servo Toron Tech.....	35
Gambar 3.17 Alat uji kekerasan <i>vickers</i>	36
Gambar 3.18 Alat pengamatan struktur mikro.....	36
Gambar 3.19 Mesin <i>polishing</i>	36
Gambar 3.20 Aluminium sekrap hasil <i>remelting</i>	37

Gambar 3.21 Aluminium silikon 20%	37
Gambar 3.22 Larutan kimia HNO ₃ dan HF	37
Gambar 4.1 Spesimen uji <i>bending</i> aluminium sekrap	45
Gambar 4.2 Spesimen uji <i>bending</i> variasi 1	46
Gambar 4.3 Spesimen uji <i>bending</i> variasi 2.....	46
Gambar 4.4 Spesimen uji <i>bending</i> variasi 3.....	47
Gambar 4.5 Spesimen uji <i>vickers</i> aluminium sekrap	48
Gambar 4.6 Spesimen uji <i>vickers</i> variasi 1	48
Gambar 4.7 Spesimen uji <i>vickers</i> variasi 2	49
Gambar 4.8 Spesimen uji <i>vickers</i> variasi 3	49
Gambar 4.9 Struktur mikro aluminium sekrap dengan pembesaran 200x.....	50
Gambar 4.10 Struktur mikro Variasi 1 pembesaran 200x.....	50
Gambar 4.11 Struktur mikro Variasi 2 pembesaran 200x.....	51
Gambar 4.12 Struktur mikro Variasi 3 pembesaran 200x.....	51
Gambar 4.13 Kandungan aluminium	52
Gambar 4.14 Kandungan silikon.....	52
Gambar 4.15 Kandungan unsur lain.....	53
Gambar 4.16 Tegangan <i>bending</i>	56
Gambar 4.17 Regangan <i>bending</i>	56
Gambar 4.18 Modulus elastisitas <i>bending</i>	57
Gambar 4.19 Kekerasan <i>vickers</i> aluminium sekrap variasi 1, 2 dan 3.....	58
Gambar 4.20 Struktur mikro aluminium sekrap dengan pembesaran 200x.....	58
Gambar 4.21 Struktur mikro variasi 1 dengan pembesaran 200x	59
Gambar 4.22 Struktur mikro variasi 2 dengan pembesaran 200x	59
Gambar 4.23 Struktur mikro variasi 3 dengan pembesaran 200x	59
Gambar 4.24 Perpatahan pada spesimen uji <i>bending</i>	62
Gambar 4.25 <i>Hypoeutectic</i> aluminium silikon <i>alloy</i> (aluminium sekrap)	64
Gambar 4.26 <i>Hypoeutectic</i> aluminium silikon <i>alloy</i> (Variasi 1)	64
Gambar 4.27 <i>Hyperutectic</i> aluminium silikon <i>alloy</i> (Variasi 2).....	64
Gambar 4.25 <i>Hyperutectic</i> aluminium silikon <i>alloy</i> (Variasi 3)	65

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Komposisi kimia Politeknik Manufaktur Ceper	71
Lampiran 2. Pengujian <i>bending</i>	79
Lampiran 3. Pengujian kekerasan <i>vickers</i>	99
Lampiran 4. Pengamatan Struktur mikro	104

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Aluminium merupakan logam ringan yang mudah dijumpai pada kehidupan sehari-hari seperti pada kaleng minuman, peralatan rumah tangga dan komponen otomotif. Permintaan global untuk aluminium dan produk aluminium meningkat karena aluminium khususnya *alloy* dapat memberikan ketahanan korosi yang sangat baik dengan kekuatan yang baik dan kepadatan rendah dibandingkan dengan baja (Cui dan Roven, 2010:2057).

Pada penggunaannya aluminium jarang sekali dibuat tanpa penambahan unsur lain dengan tujuan meningkatkan sifat mekanis dari paduan aluminium tersebut. Paduan (*alloy*) merupakan campuran dari unsur yang mempunyai sifat-sifat logam, terdiri dari dua atau lebih unsur, dan setidaknya satu unsur utamanya adalah logam yang menghasilkan properti metalik.

Aluminium sekrup adalah aluminium yang sudah mengalami proses pembentukan atau sudah berbentuk barang dan umumnya sudah dalam bentuk paduan (*alloy*). Manfaat dari daur ulang limbah aluminium selain dari mengurangi dampak buruk sampah pada lingkungan yaitu untuk mengurangi penggunaan ekstraksi bijih murni sebagai bahan baku pembuatan sehingga menjaga ketersediaan di alam dan menjaga sumber daya yang tidak dapat diperbaharui (Wan *et al.*, 2017:37). Salah satu upaya dalam mendapatkan bahan untuk pengecoran logam (*metal casting*) yaitu dengan cara melebur kembali dari bahan aluminium

sekrap (bekas). Peleburan kembali aluminium sekrap mengakibatkan perubahan struktur material sehingga menurunkan kekuatan tarik, kekerasan, struktur dan komposisi kimia yang disebabkan oleh penurunan atau kehilangan unsur paduan pada saat proses peleburan pada tungku (Cagala *et al.*, 2013:243).

Upaya perbaikan sifat mekanis dari hasil *remelting* aluminium sekrap dapat dilakukan dengan penambahan unsur paduan dan melakukan *heat treatment*. Unsur penambah pada aluminium *alloy* untuk meningkatkan struktur mikro dan properti mekanis dibagi menjadi elemen mayor (Si, Cu, Mg, dan Mg-Si) dan minor (Ni dan Tin) (Rana *et al.*, 2012:1-2). Silikon menjadi unsur paduan yang paling umum digunakan dalam pengecoran karena memiliki *castability* yang baik (fluiditas tinggi dan penyusutan rendah), kepadatan rendah ($2,34 \text{ g/cm}^3$) dan memiliki kelarutan yang rendah (Rana *et al.*, 2012:1). Silikon menjadi bahan pengotor yang sering dijumpai pada aluminium murni komersial maupun aluminium paduan yang berpengaruh pada ketahanan aus yang menjadi lebih baik pada paduan *eutectic* daripada *hypoeutectic* dan *hypereutectic* (Kumar *et al.*, 2015:1326).

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan pada penjabaran latar belakang yang diuraikan di atas, dapat diidentifikasi beberapa masalah untuk mempermudah dalam proses penelitian. Identifikasi masalah yang dihadapi adalah sebagai berikut:

1. Proses daur ulang limbah aluminium sekrap yang tidak memperhatikan sifat mekanis dari logam itu sendiri.
2. Proses peleburan aluminium sekrap mengakibatkan kehilangan unsur paduan yang mengendap atau tertinggal dalam tungku pengecoran.

3. Pengecoran ulang (*remelting*) pada aluminium sekrap yang berkali-kali dapat menurunkan sifat mekanis aluminium paduan karena kehilangan unsur paduan pada proses peleburan.

1.3 Pembatasan Masalah

Pembatasan masalah dalam penelitian ini dibatasi pada faktor yang mempengaruhi karakteristik material yaitu sifat fisis dan mekanik. Pada penelitian ini batasan ditentukan dengan kadar silikon dalam persentase berat pada aluminium sekrap diketahui kadar silikon pada aluminium sekrap adalah 9,65% sehingga ditentukan 3 variasi peningkatan kadar silikon 12,225% (meningkat 2,57%), 13,78% (meningkat 4,13%) dan 15,8% (meningkat 6,15%) yang diketahui melalui pengujian komposisi kimia. Hasil dari 3 variasi tersebut dilakukan pengujian *bending*, pengujian kekerasan *vickers* dan pengamatan struktur mikro untuk mengetahui karakteristik aluminium sekrap dengan penambahan kadar silikon:

1. Penelitian dibatasi pada tiga variasi penambahan kadar silikon dalam persentase berat 12,25% (peningkatan 2,57% dari aluminium sekrap), 13,78% (peningkatan 4,13% dari aluminium sekrap) dan 15,8% (peningkatan 6,15% dari aluminium sekrap) untuk mengetahui perubahan yang terjadi pada karakteristik material yaitu sifat fisik dan mekanik (tegangan *bending*, regangan *bending*, modulus elastisitas *bending*, kekerasan *vickers* dan struktur mikro).
2. Bahan yang digunakan adalah aluminium sekrap hasil *remelting* dalam bentuk ingot.
3. Unsur penambah adalah aluminium silikon 20% untuk meningkatkan kadar silikon pada paduan. Penggunaan aluminium silikon 20% dibandingkan dengan

silikon murni disebabkan oleh proses peleburan lebih mudah dan hemat energi karena silikon murni memiliki titik lebur yang tinggi yaitu 1414°C .

4. Peleburan menggunakan tungku bahan bakar minyak dengan temperatur 800°C .
5. Cetakan yang digunakan adalah cetakan pasir jenis pasir lempung dengan butiran halus hasil penyaringan dan bahan penguat adalah air.
6. Parameter penelitian yang akan diteliti yaitu komposisi kimia aluminium, silikon dan unsur lain sebagai zat pengotor, kekuatan *bending* (tegangan, regangan dan modulus elastisitas *bending*), kekerasan *vicker* dan pengamatan struktur mikro.

1.4 Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh kadar silikon pada aluminium sekrap terhadap komposisi kimia aluminium, silikon dan unsur lain sebagai zat pengotor?
2. Bagaimana pengaruh kadar silikon pada aluminium sekrap terhadap tegangan *bending*, regangan *bending* dan modulus elastisitas *bending*?
3. Bagaimana pengaruh kadar silikon pada aluminium sekrap terhadap kekerasan *vickers*?
4. Bagaimana pengaruh kadar silikon pada aluminium sekrap terhadap struktur mikro?

1.5 Tujuan

1. Mengetahui pengaruh kadar silikon pada aluminium sekrap terhadap komposisi kimia aluminium silikon dan unsur lain sebagai zat pengotor.
2. Mengetahui pengaruh kadar silikon pada aluminium sekrap terhadap tegangan *bending*, regangan *bending* dan modulus elastisitas *bending*.

3. Mengetahui pengaruh kadar silikon pada aluminium sekrap terhadap kekerasan *vickers*.
4. Mengetahui pengaruh kadar silikon pada aluminium sekrap terhadap bentuk struktur mikro.

1.6 Manfaat

1. Diharapkan memberi kontribusi pada pengetahuan tentang pengaruh peningkatan kadar silikon dengan metode pengujian komposisi, pengujian *bending*, pengujian kekerasan *vickers* dan pengamatan struktur mikro.
2. Diharapkan dapat menjadi referensi dalam penelitian tentang pengaruh kadar silikon pada aluminium sekrap dengan metode yang berbeda.
3. Diharapkan dapat memberi hasil penelitian untuk memperbanyak referensi yang ada.
4. Diharapkan dapat berkontribusi dalam industri nasional terutama pada industri pengecoran logam.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1. Kajian pustaka

Penelitian tentang pengaruh kadar silikon terhadap sifat fisis dan mekanis yang telah dilakukan:

Pertama, penelitian tentang pengaruh peleburan kembali aluminium *alloy* terhadap struktur dan properti mekanis yang dilakukan oleh Cagala *et al.*, (2013: 239-243). Penelitian dilakukan pengujian kekuatan tarik, kekerasan mikro (*brinell*), komposisi kimia dan struktur paduan setelah hasil *remelting* paduan aluminium Al-Cu RR.350. Metode yang digunakan dengan melakukan proses empat kali *remelting* yang menunjukkan penurunan semua nilai dari pengujian. Selain menurunkan sifat-sifat mekanis, proses *remelting* menyebabkan perubahan komposisi kimia yang ditandai dengan menurunnya unsur paduan aluminium.

Kedua, penelitian tentang pengaruh silikon pada paduan aluminium terhadap sifat mekanis dan struktur mikro yang dilakukan oleh Sari *et al.*, (2016: 49-56). Tujuan penelitian mengetahui sifat mekanis dan struktur mikro dari hasil paduan aluminium dengan variasi penambahan silikon 6%, 8%, dan 10%, material yang digunakan adalah aluminium murni dan aluminium ADC12 dan pengecoran dilakukan pada tungku sampai temperatur 800°C dengan cetakan logam yang hasil menunjukkan hasil pengujian pengaruh silikon terhadap uji impak dan kekerasan mikro berbanding lurus dengan hasil uji impak yang menunjukkan bahwa daya serap meningkat berbanding lurus dengan peningkatan silikon dalam paduan aluminium.

Ketiga, penelitian tentang dampak kandungan silikon pada sifat mekanik paduan aluminium yang dilakukan oleh Kalhapure dan Dighe., (2013:38-39). Penelitian dilakukan pengujian kekuatan tarik dan kekerasan *vickers* dengan komposisi paduan terdiri dari aluminium komersial murni (99,7%) dan silikon (99,5%) pada wadah grafit dalam tungku induksi frekuensi tinggi dengan temperatur 720°C untuk mendapatkan komposisi yang homogen. Kandungan silikon dalam paduan adalah 5%-14% yang menunjukkan hasil bahwa nilai elongasi menurun berbanding terbalik dengan kandungan silikon dalam paduan, sedangkan nilai kekuatan tarik dan kekerasan meningkat dengan peningkatan kadar silikon dalam paduan.

Keempat, penelitian tentang pengaruh kandungan silikon terhadap properti mekanis paduan aluminium yang dilakukan oleh Kumar *et al*, (2015: 1327-1328). Penelitian dilakukan dengan memvariasikan persentase silikon dalam paduan aluminium. Proses peleburan dilakukan dengan cara memasukan logam dengan titik leleh tertinggi terlebih dahulu pada tungku karena jika dimasukan bersamaan akan mengakibatkan logam dengan titik lebur lebih rendah akan terbakar. Hasil peleburan dicetak dalam bentuk spesimen ASTM D638-02 untuk uji tarik dengan alat UTS (*Ultimate Tensile Strength*). Dari hasil variasi kandungan silikon sebesar 1,5%, 3%, 4,5%, dan 6% peningkatan nilai kekuatan tarik dari paduan aluminium rata-rata meningkat 10 N/mm² berbanding lurus dengan peningkatan kadar silikon.

Dari penelitian yang telah dilakukan sebelumnya diketahui bahwa kadar silikon pada paduan aluminium berpengaruh terhadap sifat mekanis dan bentuk struktur mikro. Metode pengujian pada penelitian sebelumnya menggunakan uji

tarik, uji dampak, uji kekerasan *brinell*, uji kekerasan *vickers* dan komposisi kimia. Bahan yang digunakan yaitu paduan aluminium Al-Cu RR.350, aluminium murni dipadukan dengan aluminium ADC12 dan paduan aluminium murni dan silikon murni. Pada penelitian yang akan dilakukan metode pengujian akan melakukan uji komposisi kimia, uji *bending*, uji kekerasan *vickers* dan pengamatan struktur mikro. Bahan yang digunakan adalah aluminium sekrap hasil *remelting* dan aluminium silikon 20% dengan tujuan mengetahui karakteristik hasil pengujian.

2.2. Landasan Teori

2.2.1 Aluminium

Aluminium adalah unsur kimia dengan lambang unsur kimianya adalah Al dan nomor atomnya adalah 13. Aluminium merupakan logam ringan paling berlimpah, sebanyak 8% senyawa aluminium terdapat di kulit bumi dengan dengan titik lebur $660,32^{\circ}\text{C}$ dan titik didih 2470°C . Sebelum ditemukannya proses elektrolisis aluminium hanya bisa diekstrak dari bijih bauksit dengan proses kimia *wohler* yang kurang ekonomis sehingga harga aluminium sangat mahal melebihi emas dan perak karena dianggap logam yang sangat berharga.

Aluminium di alam tidak ditemukan dalam keadaan dalam bentuk bijih bauksit, campuran aluminium oksida, besi oksida dan tanah liat. Penggunaan baja paduan lebih umum digunakan karena memiliki rasio kekuatan yang lebih tinggi namun memiliki kelemahan pada bobot dibandingkan aluminium. Oleh karena itu perhatian pada aluminium paduan ditingkatkan karena rasio kekuatan dan berat yang sama atau lebih besar dari baja. Keunggulan aluminium menjadikannya elemen yang umum digunakan dengan keunggulan tahan korosi, ringan dan

memiliki potensi untuk menaikkan nilai properti mekanis dengan dipadukan dengan bahan lain. Keunggulan pada paduan aluminium menjadikan penggunaannya kedua tertinggi setelah baja dengan pengaplikasian dalam bidang kedirgantaraan, konstruksi arsitektur, industri kelautan dan peralatan rumah tangga. Aluminium memiliki sifat mekanis yang buruk seperti kekuatan luluhnya 7 hingga 11 MPa dan kekuatan tarik maksimal 40 hingga 50 MPa (Shriwas dan Kale, 2016:16). Tujuan utama dari penambahan elemen dalam paduan aluminium yaitu untuk memperbaiki nilai properti mekanisnya, yaitu meningkatkan kekuatan dengan tetap mempertahankan sifat yang diinginkan dari aluminium itu sendiri, seperti penggunaan kawat kabel aluminium *alloy* dengan keuntungan bobot yang ringan dan memiliki daya hantar listrik yang baik, penggunaan dalam bidang transportasi sebagai gerbong kereta api maupun badan pesawat terbang bertujuan untuk meningkatkan kerja dan menghemat konsumsi bahan bakar. Pada umumnya sementara penambahan suatu elemen paduan dapat meningkatkan kekuatan mekanisnya namun dapat mengurangi ketahanan terhadap korosi, namun pengecualian pada paduan aluminium-magnesium, yang dapat meningkatkan resistensi korosi di lingkungan laut dan aluminium-tembaga yang memiliki ketahanan yang sangat buruk terhadap korosi sehingga diproduksi dalam bentuk *sandwich* dengan lapisan tipis aluminium tahan korosi murni pada bagian luar (Gandara, 2013:262).

Berikut adalah tabel tingkat kemurnian aluminium dan penggunaan aluminium dengan paduan yang diberikan:

Tabel 2.1 Penggunaan aluminium dengan paduan yang diberikan

Unsur penambah	Kandungan dalam fraksi massa, w/%	Produk	Penggunaan
Tembaga	>4,5	Cetakan lembaran ekstrusi	Komponen pesawat kekuatan tinggi
Mangan	1,25	Lembaran	Lembaran logam kerja, pot, dan panci
Silikon	>13	Cetakan	Komponen mesin dan macam-macam pengecoran
Magnesium	>5	Lembaran	Penggunaan dalam bidang kelautan.
Silikon dan magnesium	0,7 Si 0,4 Mg	Ekstrusi lembaran	Ekstrusi arsitektural
Zinc, Magnesium dan Tembaga	5,8 Zn 2,5 Mg 1,4 Cu	Ekstrusi lembaran	Pesawat kekuatan tinggi

(Sumber: Gandara, 2013:263)

Paduan aluminium disesuaikan dengan variasi komposisi dan pemrosesan seperti Al-Mg yang tidak dapat diproses dengan perlakuan panas sedangkan paduan Al-Mg-Si dapat diproses dengan perlakuan panas.

Tabel 2.2 Tingkat kemurnian aluminium

Kandungan aluminium dalam fraksi massa w/%	Silikon (w/%)	Besi (w/%)	Penggunaan
99,95 (Kemurnian tinggi)	< 0,006	< 0,006	Bengkel ekstrusi, konduktor listrik, trim anodik, foil.
99,80	< 0,15	< 0,15	Pipa, reflektor, perhiasan.
99,50	< 0,25	<0,40	Pabrik kimia, tangki, tabung.
99,50	w(Si + Fe) < 1,0 %		Panci, wajan, lembaran logam.

(Sumber: Gandara, 2013:262)

Pada industri otomotif aluminium sangat di butuhkan untuk di bentuk menjadi berbagai jenis komponen otomotif. Beberapa bagian badan mobil dan komponen mesin termasuk piston harus dibentuk dari aluminium paduan dengan

pertimbangan harga aluminium yang lebih murah, ringan, tahan korosi, tahan panas dan mampu cetak yang baik menjadikan aluminium sebagai bahan utama dalam industri otomotif. Begitu juga pada bidang industri *aerospace* (industri pesawat), penggunaan aluminium paduan sangat relevan dengan pertimbangan utama adalah bobotnya yang ringan dan rasio kekuatan yang baik.

Berikut adalah tabel dari sifat-sifat fisik dan mekanis aluminium:

Tabel 2.3 Sifat-sifat fisis aluminium

Sifat	Kemurnian Al (%)	
	>99,00	99,996
Masa jenis (gram/cm ³)	2,71	2,70
Titik lebur °C	653-657	660,2
Panas jenis (cal/g°C)	0,2297	0,2226
Hantaran listrik (%)	59 (dianil)	64,94
Tahanan listrik koefisien temperatur (/°C)	0,0115	0,00429
Koefisien pemuaian (20-100°C)	23,5 x 10 ⁻⁶	23,8 x 10 ⁻⁶
Jenis Kristal, Konstanta Kisi	fcc, α=4,04 kX	fcc, α=4,013 Kx

(Sumber: Surdia dan Saito., 1999:134)

Tabel 2.4 Sifat-sifat mekanis aluminium

Sifat	Kemurnian Al (%)			
	>99,00		99,996	
	Dianil	H18	Dianil	75% diroll dingin
Kekuatan Tarik (kg/mm)	9,5	16,9	4,9	11,6
Kekuatan Mulur 0.2%(kg/mm)	3,5	14,8	1,3	11,0
Perapanjangan (%)	35	5	48,8	5,5
Kekerasan Brinell (Mpa)	23	44	17	27

(Sumber: Surdia dan Saito., 1999:134)

Dari Tabel 2.3 dan 2.4 menunjukkan sifat fisis dan mekanis pada aluminium. Pada umumnya untuk ketahanan korosi digunakan aluminium dengan kemurnian 99,0% atau lebih sehingga dapat digunakan pada udara bebas selama bertahun-tahun.

2.2.2 Silikon

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



Gambar 2.1 Unsur silikon

Unsur silikon berbentuk padatan kristal keras namun rapuh berwarna biru keabu-abuan yang berkilau. Silikon tidak terlalu reaktif dengan oksigen meskipun memiliki afinitas kimia yang sangat tinggi terhadap oksigen. Ditemukan dalam bentuk murni pada tahun 1823 oleh Jöns Jakob Berzelius dengan titik leleh dan titik didihnya 1414°C dan 3265°C , adalah yang tertinggi kedua diantara semua logam dan non logam setelah Boron.

Silikon menjadi unsur paduan yang paling umum digunakan dalam pengecoran karena memiliki *castability* yang baik (fluiditas tinggi dan penyusutan rendah), kepadatan rendah ($2,34 \text{ g/cm}^3$) dan memiliki kelarutan yang rendah (Rana *et al.*, 2012:1). Silikon menjadi bahan pengotor yang sering dijumpai pada aluminium murni komersial maupun aluminium paduan yang berpengaruh pada

ketahanan aus yang menjadi lebih baik pada paduan *eutectic* daripada *hypoeutectic* dan *hypereutectic* (Kumar *et al.*, 2015:1326).

2.2.3 Paduan Al-Si

Paduan pengecoran aluminium yang paling umum adalah aluminium-silikon. Paduan aluminium-silikon memiliki sifat mekanis dan tribologis yang baik seperti ketahanan yang luar biasa terhadap korosi, konduktivitas termal yang tinggi dan kekuatan lelah yang tinggi (Mathavan dan Patnaik, 2016:2).

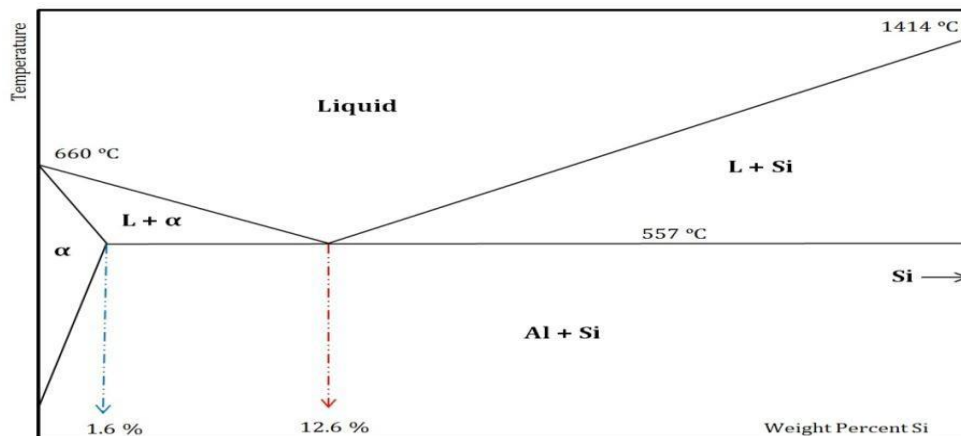
Di berbagai negara aluminium diklasifikasikan dalam berbagai standar, paduan aluminium diklasifikasikan menjadi dua yaitu paduan aluminium tuang/cor (*cast aluminium iron*) dan paduan aluminium tempa (*wrought aluminium alloys*). Struktur mikro pada paduan aluminium cor sangat berhubungan erat dengan sifat mekanisnya terutama 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. Hubungan antara struktur mikro dan mekanis sifat-sifat paduan aluminium-silikon adalah subjek penelitian yang kompleks, karena relevan dan cakupan yang luas, relevansinya adalah karena produk coran aluminium saat ini 90% didasarkan pada Al-Si, dengan memberikan *castability* yang baik dan biaya yang rendah maka penggunaannya sangat luas seperti dalam bidang otomotif (Mueller *et al.*, 2016:165).

Aluminium dipadukan dengan berbagai logam murni seperti silikon karena tidak menyebabkan kehilangan sifat ringan, sifat mekanis, dan sifat

mampu cor yang dapat diperbaiki dengan penambahan unsur tersebut. Paduan Al-Si merupakan paduan aluminium yang paling banyak digunakan dengan kadar silikon bervariasi antara 5-20%. Berdasarkan persentase silikon dalam paduan Al-Si ada 3 kategori (Zemani, 2015:4), yaitu:

1. *Hypoeutectic* yaitu apabila terdapat kandungan silikon dibawah 12,6%.
2. *Eutectic* yaitu apabila kandungan silikon yang terkandung didalamnya tepat 12,6%.
3. *Hypereutectic* yaitu apabila komposisi silikon di atas 12,6%.

Pada fasa *eutectic* struktur aluminium alloy Al-Si mengalami pematatan pada bagian utama dendrit, kemudian Al-Si pada fasa *hypoeutectic* aluminium primer mengalami pematatan dendrit dan tumbuh pada rentang 100 arah, sehingga pendinginan bawah tergantung pada laju pendinginan, konsentrasi unsur paduan dalam lelehan dan jenis elemen paduan (Zemani, 2015:4).

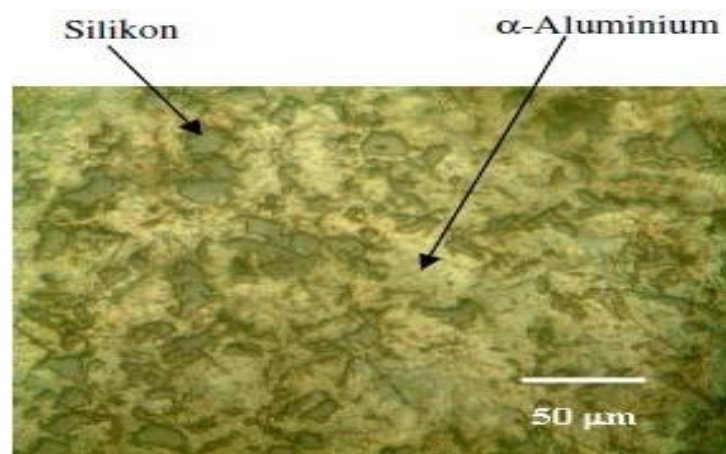


Gambar 2.2 Diagram fasa Al-Si (Sumber: Zemani, 2015:5)

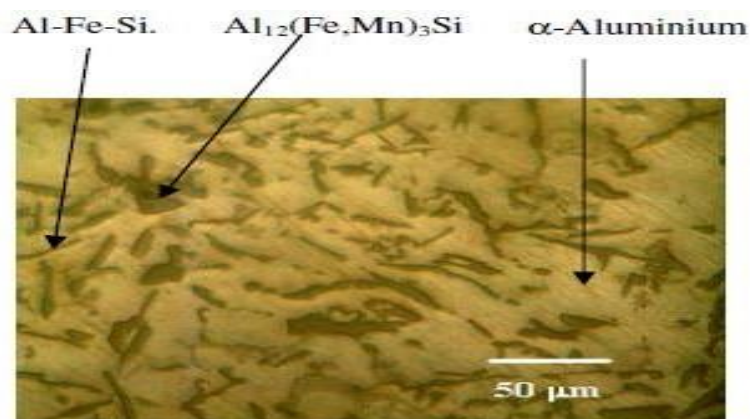
Paduan Al-Si *Hypereutektik* menjadi paduan yang paling banyak dipakai dalam bidang otomotif karena nilai ketahanan aus (*wear resistant*) yang mengandung partikel silikon primer dengan ukuran besar (*coarse*) dan memiliki

sudut (*angular*), selain itu memiliki fasa *eutectic* silikon. Partikel silikon primer adalah kunci untuk mendapatkan ketahanan aus yang baik.

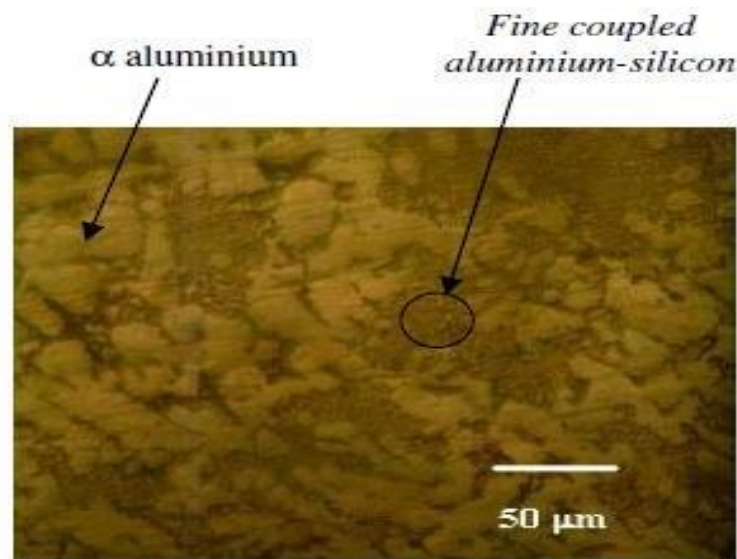
Paduan aluminium-silikon pada produk pabrik khususnya pada produk otomotif tidak berdiri sendiri sebagai paduan yang terdiri dari aluminium dan silikon saja melainkan ditambah dengan unsur lain dengan jumlah yang lebih sedikit dari aluminium dan silikon untuk mendapatkan nilai ketahanan aus yang tinggi. Berikut ini merupakan beberapa hasil pengamatan struktur mikro kandungan silikon dari beberapa macam piston dari beberapa merk perusahaan otomotif:



Gambar 2.3 Struktur mikro piston Vespa
(Sumber: Nindhia, 2010:32)



Gambar 2.4 Struktur mikro piston Suzuki
(Sumber: Nindhia, 2010:33)



Gambar 2.5 Struktur mikro piston Honda
(Sumber: Nindhia, 2010:33)

Perbedaan bentuk struktur mikro berkaitan dengan komposisi paduan pada bahan yang digunakan. Perbedaan tersebut berkaitan dengan proses pembakaran bahan bakar yang berbeda pada setiap jenis sepeda motor.

2.2.4 *Remelting*

Remelting merupakan proses peleburan logam yang sebelumnya pernah mengalami proses pembentukan melalui cetak tuang. *Remelting* merupakan metode yang digunakan untuk mendapatkan suatu material dengan sifat yang diinginkan dengan cara mengubah sifat dari material awal dengan bahan utamanya material sekrup atau *reject* material karena faktor utamanya harga relatif lebih murah jika dibandingkan dengan bahan murni. Pada umumnya remelting hanya mencetak kembali tanpa memperbaiki sifat mekanisnya dengan asumsi bahwa karakteristik dari material itu sendiri tidak mengalami degradasi nilai yang terlalu jauh. Biasanya pada industri kecil menggunakan bahan aluminium sekrup karena ketersediaannya yang mudah dicari mengingat penggunaan aluminium itu

sendiri sangat tinggi. Selain itu harga yang ditawarkan juga relatif lebih murah sehingga dapat memaksimalkan keuntungan yang akan didapat.

Proses *remelting* dapat dilakukan dengan berbagai metode dan jenis cetakan, pada intinya proses *remelting* meliputi pembuatan inti, pembuatan cetakan (cetakan pasir atau permanen), peleburan bahan baku, proses penuangan kedalam cetakan dan membersihkan hasil coran. Proses peleburan aluminium dapat dilakukan dengan berbagai metode namun umumnya peleburan dilakukan pada tanur krus besi cor maupun tanur krus nyala api.

2.2.5 Penambahan unsur silikon

Penambahan unsur silikon bertujuan untuk meningkatkan kadar unsur silikon dalam paduan. Peningkatan kadar silikon pada aluminium sekrap dapat dilakukan dengan menambahkan aluminium *alloy* dengan kadar silikon yang lebih tinggi dengan rumus:

$$\%Si = \frac{Al \text{ sekrap (Kg Si)} + Al \text{ penambah (Kg Si)}}{Al \text{ Sekrap (Kg)} + Al \text{ Penambah (Kg)}} \times 100\% \dots\dots\dots 2.1$$

2.2.6 Cetakan pasir

Cetakan pasir adalah cetakan yang berbahan utama pasir dengan bahan pengikat seperti tanah liat, air dan semen. Umumnya pasir yang digunakan adalah pasir silika (SiO₂) atau bisa juga dicampur dengan bahan lain seperti tanah lempung dan resin organik. Ukuran pasir mempengaruhi hasil cetakan, pasir yang halus akan mempengaruhi permukaan cetakan yang lebih rata dan pasir yang kasar dapat menghasilkan permeabilitas yang baik sehingga gas yang dihasilkan saat penuangan logam dapat keluar dari rongga cetak. Komposisi campuran berdasarkan

volume dapat mencapai 89% pasir, 7% tanah liat dan 4% air (Shahria *et al.*, 2017:155).

Keunggulan cetakan pasir:

1. Dapat mencetak logam dengan titik lebur yang tinggi.
2. Dapat mencetak logam dengan variasi bentuk dan ukuran.
3. Biaya produksi lebih murah.

Bagian-bagian cetakan pasir:

- a. *Core* (inti), pola inti dibuat sama dengan hasil cetakan yang diinginkan dengan penambahan ukuran toleransi.
- b. *Pouring*, merupakan lekukan pada cetakan dengan fungsi utama untuk mengurangi kecepatan laju aliran logam cair dari *ladle* ke *sprue* (saluran masuk).
- c. *Sprue* (saluran masuk), merupakan saluran masuk yang terhubung langsung pada *core* dengan posisi vertical.
- d. *Raiser* (saluran penambah), saluran untuk mengeluarkan gas yang dihasilkan dan dapat mengisi kembali *core* jika mengalami penyusutan.

2.2.7 Sifat-sifat mekanis material

Sifat mekanis merupakan kemampuan suatu bahan (komponen yang terbuat dari bahan tersebut) untuk menerima beban gaya atau tekanan tanpa menimbulkan kerusakan pada bahan atau komponen tersebut (Suarsana, 2017: 5). Untuk mendapatkan sifat mekanis dari material dilakukan pengujian mekanis. Pengujian mekanis bersifat merusak (*destructive test*), hasil pengujian tersebut dihasilkan sebuah kurva atau data yang mencerminkan keadaan dari material tersebut. Setiap material yang diuji dibuat dalam bentuk sampel atau spesimen.

Spesimen pengujian dianggap mewakili seluruh material apabila berasal dari jenis, komposisi dan perlakuan yang sama. Sifat mekanik dari pengujian tersebut meliputi antara lain: kekuatan tarik, ketangguhan, kelenturan, keuletan, kekerasan, ketahanan aus, kekuatan impak, kekuatan mulur, kekuatan leleh dan sebagainya.

2.2.8 Uji komposisi kimia

Uji komposisi kimia adalah pengujian untuk menguraikan unsur yang membentuk material. Unsur yang dapat terdeteksi pada base aluminium *alloy* antara 15 sampai 16 unsur (Si, Fe, Cu, Mn, Mg, Cr, Ni, Zn, Sn, Ti, Pb, Be, Ca, Sr, V, Zr). Berikut adalah komposisi kimia aluminium sekrap (Seo *et al.*, 2016:2):

Tabel 2.5 Kandungan aluminium sekrap

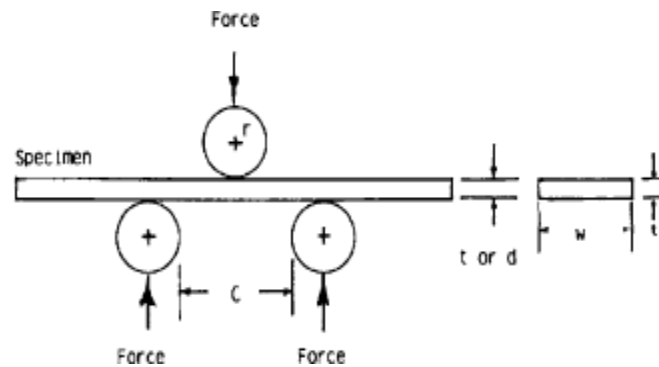
Si	Al	Ti	V	Cr	Co	Zn	Fe	Ni	Cu
10.730	84.986	0.036	0.010	0.044	0.006	0.873	0.792	0.067	1.885

(Sumber: Seo, 2016:2)

Dari pengujian komposisi kimia dapat mendukung dalam menganalisis hasil dari penelitian. Dengan melakukan pengujian komposisi maka mendapatkan informasi tentang bahan tersebut sehingga dapat memperkirakan langkah penelitian yang akan dilakukan.

2.2.9 Uji *bending*

Pembengkokan suatu material karena pembebanan dapat diukur menggunakan pengujian lengkung (*bending*). Dari pengujian *bending* dapat diketahui tegangan *bending*, regangan *bending* dan modulus elastisitas *bending*. Metode *threepoint bending* menggunakan 1 titik penekan dan 2 titik tumpuan. Penekan berada diantara 2 tumpuan. Standar yang digunakan pengujian *bending* adalah ASTM E290 Standar Metode Uji Tekan untuk Material Pengujian Keuletan (*ductility*) Material.



Gambar 2.6 *Threepoint bending*
(Sumber: ASTM E290:3)

Metode *threepoint bending* memiliki keunggulan dalam pembuatan spesimen dimana pada saat proses penekanan yang menggunakan satu titik tumpu memungkinkan memiliki toleransi terhadap tingkat kerataan material.

Tegangan *bending* dihitung dengan persamaan 2.2:

$$\sigma_b = \frac{3 \times P \times L}{2 \times b \times d^2} \dots\dots\dots 2.2$$

Dimana:

σ_b = Tegangan *bending*

P = Beban

L = Jarak titik tumpu

b = Lebar spesimen

d = Tebal spesimen

Regangan *bending* dihitung dengan persamaan 2.3:

$$\varepsilon = \frac{6 \times D \times d}{L^2} \dots\dots\dots 2.3$$

Dimana:

ε = Regangan *bending*

D = Defleksi

d = Tebal spesimen

L = Jarak titik tumpu

Modulus elastisitas *bending* dihitung dengan persamaan 2.4:

$$E_b = \frac{L^3 \times m}{4 \times b \times d^3} \dots\dots\dots 2.4$$

Dimana:

E_b = Modulus elastisitas *bending*

L = Jarak titik tumpu

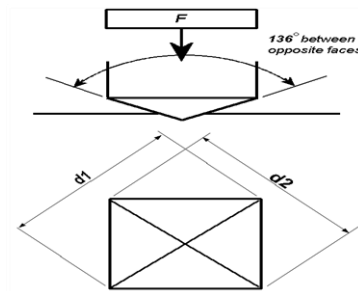
m = Kemiringan garis singgung

b = Lebar spesimen

d = Tebal spesimen

2.2.10 Uji kekerasan *vickers*

Kekerasan adalah ketahanan terhadap deformasi lokal dan permukaan, untuk material logam deformasi yang dimaksud adalah deformasi plastis. Deformasi plastis sendiri suatu keadaan dari suatu material ketika material tersebut diberikan gaya maka struktur mikro dari material tersebut tidak bisa kembali ke bentuk asal. Singkatnya kekerasan didefinisikan sebagai kemampuan suatu material untuk menahan beban indentasi atau penetrasi (penekanan). Dengan pertimbangan bahan yang akan diuji yaitu aluminium sekrup maka metode yang paling tepat yaitu *vickers* karena jangkauan atau rentang nilai yang luas. Pengujian kekerasan dengan metode *vickers* bertujuan menentukan kekerasan suatu material dalam yaitu daya tahan material terhadap indenter intan yang cukup kecil dan mempunyai bentuk geometri berbentuk piramid. Beban yang dikenakan juga jauh lebih kecil dibanding dengan pengujian *rockwell* dan *brinell* yaitu antara 1 sampai 1000 gram.



Gambar 2.7 Pengujian kekerasan *vickers*
(Sumber: ASTM E92)

Kekerasan *vickers* dihitung dengan persamaan 2.5 (Suarsana, 2017:19)

$$Hv = \frac{2P \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)}{d^2} = \frac{1,8541P}{d^2}$$

Hv = Angka kekerasan *vickers*

α = Sudut puncak indenter (136°)

P = Gaya tekan (kgf)

d = Diagonal tapak tekan rata-rata (mm)

Kelebihan pengujian *vickers* adalah skala kekerasan yang terus menerus untuk rentang yang luas dari material lunak dengan nilai 5 Hv maupun yang sangat keras dengan nilai 1500 Hv. Indentor intan pada *vickers* yang sangat keras dianjurkan untuk pengujian material yang sudah di proses *case hardening* dan proses pelapisan dengan logam lain yang lebih keras dapat dilakukan sampai pada ketipisan 0,006 inchi. Sedangkan kelemahan pengujian *vickers* membutuhkan waktu yang cukup lama untuk menentukan nilai kekerasan sehinggajarang dipakai untuk kebutuhan rutin. Pengujian kekerasan benda khususnya logam sangat diperlukan dalam dunia industri/manufaktur. Meskipun masing masing metode pengujian kekerasan tersebut mempunyai kelebihan dan kekurangan, dapat disesuaikan sesuai kebutuhan sehingga mendapatkan hasil material yang baik. Alasan utama penggunaan metode *vickers* adalah spesimen bekas pengujian dapat

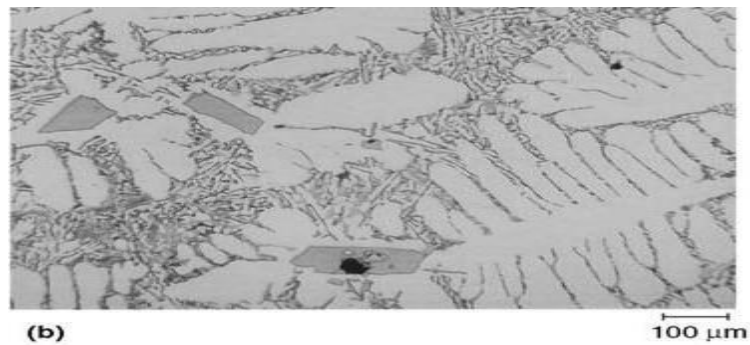
dipakai kembali untuk pengamat struktur mikro dikarenakan hasil pengujian menghasilkan jejak indentor yang kecil.

2.2.11 Pengamatan struktur mikro

Pengamatan struktur mikro terhadap material yang akan dilakukan uji mekanis dapat dijadikan sebagai data pendukung atau dengan kata lain sebagai proses identifikasi material. Mengetahui struktur mikro dari material sebelum dilakukan pengujian juga diperlukan untuk memastikan material tidak mengalami cacat internal seperti porositas, inklusi dan retak. Cacat-cacat internal pada material dapat mempengaruhi sifat mekanis dari material, semakin banyak cacat internal maka kekuatan mekanis material akan berkurang. Pengujian metalografi material pada saat sebelum dilakukan uji mekanis sangat membantu kelengkapan data material terutama dalam mengetahui kebenaran identifikasi material, kondisi cacat tidaknya material dan sesuai atau belumnya ketebalan pelapisan dan proses perlakuan panas sebagian material tersebut seperti yang telah dijelaskan di atas. Namun untuk mendapatkan hasil pengamatan metalografi yang baik, beberapa tahapan harus dilakukan antara lain pemilihan sampel, pemotongan sampel, mounting, pengamplasan dan pemolesan, pengamatan dan pemberian etsa dan pemotretan objek struktur mikro.



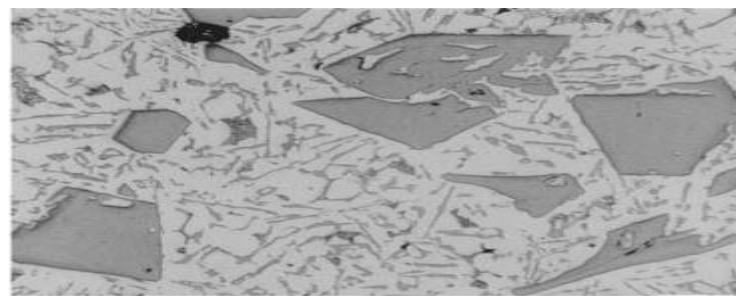
Gambar 2.8 *Hypoeutectic* aluminum-silicon alloy
(Sumber: Stefanescu dan Ruxanda, 2004:1)



(b)

100 μm

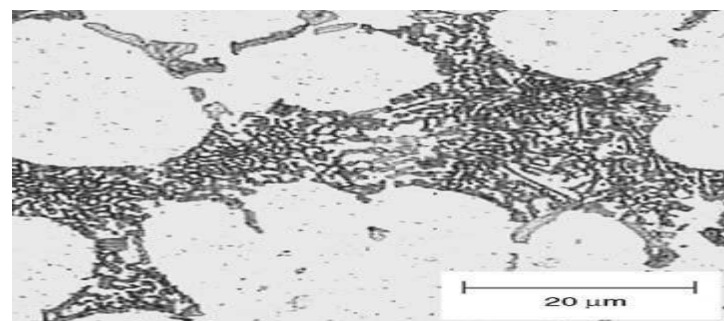
Gambar 2.9 *Eutectic* aluminum-silicon alloy
(Sumber: Stefanescu dan Ruxanda, 2004:1)



(c)

100 μm

Gambar 2.10 *Hypereutectic* aluminum-silicon alloy
(Sumber: Stefanescu dan Ruxanda, 2004:1)



Gambar 2.11 Kristal silikon *eutectic*
(Sumber: Stefanescu dan Ruxanda, 2004:4)

Sifat-sifat paduan cor mengandung jumlah eutektik panjang, seperti aluminium-silikon paduan yang lebih tergantung pada morfologi eutektik dan jarak lengan dendrit dari pada ukuran butir. Oleh karena itu, modifikasi fase silikon rapuh dari eutektik adalah hal utama yang digunakan saat memproses paduan aluminium- silikon (Stefanescu dan Ruxanda, 2004:2).

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Kadar unsur silikon meningkat 2,65% menghasilkan komposisi kimia alumunium 84,63%, silikon 12,3% dan unsur lain sebagai zat pengotor 3,03%.
Kadar unsur silikon meningkat 4,55% menghasilkan komposisi kimia alumunium 82,44%, silikon 14,2% dan unsur lain sebagai zat pengotor 3,36%.
Kadar unsur silikon meningkat 5,55% menghasilkan komposisi kimia alumunium 81,57%, silikon 15,2% dan unsur lain sebagai zat pengotor 3,23%.
2. Kadar unsur silikon 12,3% (meningkat 2,65% dari aluminium sekrap), 14,2% (meningkat 4,55% dari alumunium sekrap) dan 15,2% (meningkat 5,55% dari alumunium sekrap) pada alumunium sekrap menggunakan cetakan pasir berpengaruh terhadap tegangan *bending*, regangan *bending*, dan modulus elastisitas *bending* dimana semakin tinggi kadar silikon maka tekanan *bending*, regangan *bending*, tegangan *bending*, dan modulus elastisitas *bending* akan semakin tinggi. Dengan rincian tegangan *bending* pada kadar 12,3%, 14,2% dan 15,2% berturut-turut adalah 112,24 MPa, 168,7 MPa, 175,15MPa. Regangan *bending* pada kadar 12,3%, 14,2%, 15,2% berturut-turut adalah 0,0058, 0,0066 dan 0,0072. Modulus elastisitas *bending* berturut-turut adalah 3,43 GPa, 4,67GPa dan 4,86GPa
3. Kadar unsur silikon 12,3% (meningkat 2,65% dari alumunium sekrap), 14,2%

(meningkat 4,55% dari alumunium sekrap) dan 15,2% (meningkat 5,55% dari alumunium sekrap) pada aluminium sekrap menggunakan cetakan pasir berpengaruh terhadap kekerasan *vickers* dimana semakin tinggi kadar silikon maka nilai kekerasaran yang dihasilkan semakin tinggi yang ditunjukan dari hasil pengujian yang didapatkan berturut-turut sebesar 111,8 Hv, 124,1 Hv dan 139,6 Hv.

4. Kadar unsur silikon 12,3% (meningkat 2,65% dari alumunium sekrap), 14,2% (meningkat 4,55% dari alumunium sekrap) dan 15,2% (meningkat 5,55% dari alumunium sekrap) pada alumunium sekrap menggunakan cetakan pasir berpengaruh terhadap struktur mikro dimana semakin meningkat kadar silikon dalam paduan maka sebaran fasa silikon pada permukaan semakin besar.

5.2 Saran

Setelah melakukan penelitian dan menyimpulkan hasil penelitian maka disarankan:

1. Menggunakan kadar silikon 15,2% pada paduan aluminium silikon yang menghasilkan tegangan *bending*, regangan *bending* dan modulus elastisitas *bending* yang tinggi dibandingkan dengan kadar 12,3% dan 14,2%.
2. Menggunakan kadar silikon 15,2% pada paduan aluminium silikon yang menghasilkan kekerasan *vickers* tertinggi dibandingkan 12,3% dan 14,2%.
3. Menggunakan kadar silikon 15,2% dan 14,2% pada paduan aluminium silikon yang menghasilkan struktur *hypereutectic* yang memiliki keunggulan *wear resistance*.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM E290–14. 2015. *Standard Test Methods for Bend Testing of Material for Ductility*¹.
https://kupdf.net/download/astm-d7900356059efe2b6f5c57b8c34ac_pdf:
19 Agustus 2019 (20:14).
- ASTM E92-82. 1997. *Standard Test method for Hardness Vickers of Metallic Materials*¹.
http://repository.umi.ac.id/bitstream/handle/123456789/17671/n.%20Lampiran%20C%20ASTM_E92.pdf?sequence=13&isAllowed=y: 24 Juli 2019 (00:18).
- Cagala, M., M. Bruska., P. Lichy., J. Beno, dan N. Spiritova. 2013. Influence of Aluminium-Alloy Remelting on The Structure and Mechanical Properties. *MTAEC9* 47(2): 239-243.
- Cui, J. dan H.J. Roven. 2010. Recycling of Automotive Aluminium. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China* 20: 2057-2063.
- Gandara, M.J.F. 2013. Aluminium: The Metal of Choice. *MTAEC9* 47(3): 261-265.
- Kalhapure, M.G. dan P.M. Dighe. 2013. Impact of Silicon Content on Mechanical Properties of Aluminum Alloys. *International Journal of Science and Research (IJSR)* 4(6): 38-40.
- Kumar, V., M. Husain, dan A. Kumar. 2015. Effect of Silicon content on the Mechanical Properties of Aluminium Alloy. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)* 2(4): 1325-1330.
- Mathavan, J.J. dan A. Patnaik. 2016. Analysis of Wear Properties of Aluminium Based Journal Bearing Alloys with and Without Lubrication. *IOP Conf. Series: Material Science and Engineering* 149: 1-11.
- Mueller, M.G., M. Fornabaio., G. Zagar, dan A. Mortensen. 2016. Microscopic strength of silicon particles in an aluminium-silicon alloy. *Acta Materialia* 105: 165-175.
- Nindhia, T.G.D. 2010. Studi Struktur mikro Silikon dalam Paduan Aluminium-Silikon pada Piston dari Berbagai Merek Sepeda Motor. *Jurnal Teknik Mesin Cakram* 4(1):31-34.
- Rana, R.S., R. Purohit, dan S. Das. 2012. Reviews on the Influence of Alloying Elements on the Microstructure and Mechanical Properties of Aluminium Alloys and Aluminium Alloy Composites. *International Journal of Scientific and Research Publications* 2(6): 1-7.

- Rofandi, A dan M. A. Irfa'i. 2018. Studi Temperatur Tuang Terhadap Kekuatan Bending Paduan Al-Si dengan Menggunakan Cetakan Pasir. *JTM* 6(1):1-4.
- Sari, R.P.K., R. Siahaan, dan S. Darmawan. 2016. Pengaruh Unsur Silikon pada Aluminium Alloy (Al – Si) terhadap Sifat Mekanis dan Struktur Mikro. *POROS* 14(1): 49-56.
- Seo, K.H., J.B. Jeon., J.W. Youn., S.J. Kim, dan K.Y. Kim. 2016. Recycling of Al-Si Die Casting Scraps for Solar Si Feedstock. *Journal of Crystal Growth* 442:1-7.
- Shahria, S., Md Tariquzzaman., Md. H. Rahman., Md. A. Amin., Md. Dan A. Rahman. 2017. Optimization of Molding Sand Composition for Casting Al Alloy. *International Journal of Mechanical Engineering and Applications* 5(3): 155-161.
- Shirwas, A. K. dan V. C. Kale. 2016. Impact of Aluminum Alloys and Microstructures on Engineering Properties – Review. *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE)* 13(1): 16-22.
- Suarsana. 2017. *Ilmu Material Teknik*. Diktat. Universitas Udayana Denpasar. Denpasar.
- Sugiyono. 2015. *Metode Penelitian Pendidikan (Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D)*. Cetakan Ke-21. Bandung: ALFABETA.
- Surdia, T. dan S. Saito. 1999. *Pengetahuan Bahan Teknik*. 4th ed. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Wan, B., W. Chen., T. Lu., F. Liu., J. Jiang, dan M. Mao. 2017. Review of solidstate recycling of aluminium chips. *Resouces, Consrevation & Recycling* 125: 37-47.
- Zemani, M. 2015. Al-Si Cast Alloys-Microstructure and Mechanical Properties at Ambient and Elevated Temperature. School of Engineering. *Tesis*. Department of Materials and Manufacturing Jonkoping University. Sweden.