

PENYEDIAAN LARUTAN BAHAN PUNAR  
UNTUK ALOI-ALOI BUKAN FERUS

NUR FAZLINA BINTI AHMAD

Laporan in dikemukakan sebagai  
memenuhi sebahagian daripada syarat penganugerahan  
Ijazah Sarjana Muda Kejuruteraan Mekanikal (Struktur & Bahan)

Fakulti Kejuruteraan Mekanikal  
Universiti Teknikal Malaysia Melaka

APRIL 2009

“Saya/kami akui bahawa telah membaca  
karya ini dan pada pandangan saya/kami karya ini  
adalah memadai dari segi skop dan kualiti untuk tujuan penganugerahan  
Ijazah Sarjana Muda Kejuruteraan Mekanikal (Struktur dan Bahan)”

Tandatangan :.....

Nama Penyelia I :.....

Tarikh :.....

Tandatangan :.....

Nama Penyelia II :.....

Tarikh :.....

“Saya akui laporan ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali ringkasan dan petikan yang tiap-tiap satunya saya telah jelaskan sumbernya”

Tandatangan :.....

Nama Penulis :.....

Tarikh :.....

## PENGHARGAAN

“Dengan nama Allah yang Maha Pemurah lagi Maha Pengasihani”

Syukur ke hadrat Ilahi, kerana dengan limpah dan kurnia-Nya dapat saya menyiapkan Projek Sarjana Muda (PSM) ini dengan jayanya. Juga selawat dan salam ke atas junjungan besar kita Nabi Muhammad S.A.W.

Di kesempatan ini, saya ingin mengucapkan jutaan terima kasih kepada penyelia Projek Sarjana Muda saya iaitu En. Wan Mohd Farid Bin Wan Mohamad yang telah memberikan dorongan, bimbingan dan nasihat yang amat berguna kepada saya dalam menjayakan projek ini. Beliau sentiasa sabar dalam menyumbangkan idea yang berguna dan memberi tunjuk ajar kepada saya serta mengambil berat terhadap perkembangan kajian saya. Kerjasama dan tunjuk ajar daripada pihak pengurusan makmal, terutamanya En. Mahader bin Mohamad semasa saya menjalankan eksperimen di makmal amatlah dihargai.

Saya juga ingin merakamkan penghargaan saya kepada ibu, ayah dan keluarga, terima kasih buat sekian kalinya kerana sentiasa mendoakan kejayaan saya. Jasa dan pengorbanan kalian tidak akan saya lupakan. Semoga Allah S.W.T sentiasa merahmati dan membalas jasa baik kalian. Terima kasih juga saya tujukan kepada rakan-rakan seperjuangan atas segala bantuan dan tunjuk ajar kalian dalam membantu saya menyiapkan kajian ini. Akhir sekali, Penghargaan juga ditujukan kepada semua yang terlibat semada secara langsung atau tidak langsung membantu saya dalam menjayakan kajian ini. Semoga laporan ini akan menjadi sumber rujukan kepada pelajar lain kelak.  
Amin

Sekian.Wassalam

## ABSTRAK

Tujuan penghasilan larutan bahan punar ini adalah untuk mengkaji sempadan butir bagi aloi- aloi bukan ferus. Setiap larutan bahan punar bagi aloi bukan ferus yang hendak dikaji mempunyai komposisi yang khusus. Selain itu, kajian ini adalah bagi menyediakan satu garis panduan yang lengkap dalam penghasilan larutan bahan punar. Kajian ini melibatkan lima jenis aloi bukan ferus. Kelima-lima aloi tersebut adalah aloi aluminium, zink, nikel, kuprum dan yang terakhir sekali adalah loyang. Larutan bahan punar yang paling sesuai dikenalpasti bagi setiap aloi bukan ferus yang telah dipilih. Bahan kimia dan larutan kimia serta komposisi yang sesuai untuk setiap aloi-aloi bukan ferus tersebut turut dikenalpasti dan proses sintesis kimia dilakukan untuk menyediakan larutan bahan punar masing- masing. Spesimen aloi bukan ferus yang terlibat disediakan dengan menggunakan teknik matalografi manakala ujian mikrostruktur pula dijalankan untuk mengesahkan larutan-larutan bahan punar yang dihasilkan. Semasa penyediaan larutan bahan punar ini, langkah berjaga- jaga turut diberi keutamaan. Kajian ini lebih menjurus kepada pemilihan larutan bahan punar yang sesuai untuk melihat sempadan butir bagi setiap aloi bukan ferus yang telah dipilih pada awalnya. Komposisi bahan kimia ini diubah dengan menggunakan kaedah cuba dan jaya bagi melihat sempadan butir yang paling jelas. Larutan bahan punar yang sesuai bagi aloi aluminium adalah larutan Keller's. Komposisi larutan bahan punar yang paling sesuai digunakan ke atas aloi zink pula adalah asid hidroklorik 15 ml dan etanol 100 ml. Asid hidroklorik 30 ml, *ferric chloride* 10 gram dan etanol 120 ml adalah larutan bahan punar yang terbaik bagi loyang. Mikrostruktur bagi aloi nikel tidak dapat dilihat di dalam kajian ini. Spesimen yang direndam ke dalam larutan bahan punar yang berkomposisi asid hidroklorik 35 ml, *ferric chloride* 7 gram dan etanol 110 ml adalah paling sesuai untuk aloi kuprum.

## ABSTRACT

The objective of producing the etchant solution is to assess the grain boundaries for non ferrous alloy. Each etchant solution for non ferrous alloy has a specific composition. This study was done for the improvement activity and also for the learning programme in Material Science Lab, Universiti Teknikal Malaysia Melaka(UteM). In addition, this study also provide the complete guide in producing an etchant solution. This study includes five type of non ferrous alloys which are aluminium alloy, zinc, nikel, cuprome and brass. The chemical material, chemical assortment and the right composition for each non ferrous alloy also been identified and the chemical synthesis process was done to produce the etchant solution. The specimen for non ferrous alloy was produced by using metallurgy technic and the microstructure test was conducted to prove the product of etchant solution. This study is focussing to get the right etchant solution to assess the grain boundaries for selected non ferrous alloy in early stage. The chemical material composition being alter by using try and error methodology to asses the most clarity grain boundaries. Keller's solution is the best solution for aluminium alloy. For zinc alloy,the most suitable composition is hydrochloric acid 15 ml and ethanol 100 ml. For brass, the most suitable ethant solution is hydrochloric acid 30 ml, *ferric chloride* 10 gram and ethanol 120 ml. For nickel alloy, the result was not successful. Last but not least, the best composition for cuprum alloy is hydrochloric acid 35 ml, *ferric chloride* 7 gram and ethanol 110 ml

**KANDUNGAN**

<b>BAB</b>	<b>PERKARA</b>	<b>MUKA SURAT</b>
	<b>PENGAKUAN</b>	ii
	<b>DEDIKASI</b>	iii
	<b>PENGHARGAAN</b>	v
	<b>ABSTRAK</b>	vi
	<b><i>ABSTRACT</i></b>	vii
	<b>KANDUNGAN</b>	viii
	<b>SENARAI JADUAL</b>	xi
	<b>SENARAI RAJAH</b>	xiii
	<b>SENARAI LAMPIRAN</b>	xvii
<b>BAB I</b>	<b>Pengenalan</b>	
	1.1 Latar Belakang	1
	1.2 Pernyataan Masalah	3
	1.3 Objektif	4
	1.4 Skop Kajian	4
	1.5 Kepentingan Kajian	5

<b>BAB</b>	<b>PERKARA</b>	<b>MUKA SURAT</b>
<b>BAB II</b>	<b>KAJIAN ILMIAH</b>	6
2.1	Aloi	6
2.2	Aloi bukan ferus	7
2.3	Larutan Bahan Punar	9
2.4	Aloi aluminium dan larutan bahan punar	10
2.5	Aloi zink dan Larutan Bahan Punar	15
2.6	Loyang dan Larutan Bahan Punar	19
2.7	Aloi nikel dan Larutan Bahan Punar	23
2.8	Aloi kuprum dan Larutan Bahan Punar	27
<b>BAB III</b>	<b>METODOLOGI</b>	32
3.1	Pengenalan	32
3.2	Bahan mentah dan peralatan	35
3.3	Pemilihan bahan dan larutan	36
3.4	Penyediaan spesimen	37
3.5	Penyediaan larutan bahan punar	41
3.6	Ujian mikrostruktur	53
<b>BAB IV</b>	<b>KEPUTUSAN</b>	54
4.1	Pengenalan	54
4.2	Mikrostruktur aloi aluminium	55
4.3	Mikrostruktur aloi zink	57
4.4	Mikrostruktur loyang	58
4.5	Mikrostruktur aloi nikel	59
4.6	Mikrostruktur Aloi Kuprum	60



<b>BAB</b>	<b>PERKARA</b>	<b>MUKA SURAT</b>
<b>BAB V</b>	<b>PERBINCANGAN</b>	61
	5.1 Pengenalan	61
	5.2 Pemetongan spesimen	62
	5.3 Proses cagak	63
	5.4 Proses pencanaan	64
	5.5 Proses penggilapan	64
	5.6 Proses pembersihan	65
	5.7 Penyediaan larutan bahan punar	66
	5.8 Ujian mikrostruktur	68
	5.8.1 Aloi aluminium	69
	5.8.2 Aloi zink	72
	5.8.3 Loyang	73
	5.8.4 Aloi nikel	75
	5.8.5 Aloi kuprum	78
<b>BAB VI</b>	<b>KESIMPULAN</b>	81
	6.1 Kesimpulan	81
	6.2 Cadangan	83
	<b>RUJUKAN</b>	84
	<b>LAMPIRAN</b>	87

**SENARAI JADUAL**

<b>BIL</b>	<b>TAJUK</b>	<b>MUKA SURAT</b>
2.1	Komposisi penyediaan larutan bahan punar bagi aloi aluminium (sumber: George, 1984)	12
2.2	Komposisi penyediaan larutan bahan punar bagi aloi zink (sumber: George, 1984).	16
2.3	Komposisi penyediaan larutan bahan punar bagi loyang (sumber: George, 1984).	20
2.4	Komposisi penyediaan larutan bahan punar bagi aloi nikel (sumber: George, 1984).	25
2.5	Komposisi penyediaan larutan bahan punar bagi aloi kuprum (sumber: George, 1994).	29
3.1	Komposisi yang telah dipilih bagi setiap aloi	33
3.2	Penyediaan larutan bahan punar bagi aloi aluminium	42
3.3	Penyediaan larutan bahan punar bagi aloi zink	45

3.4	Penyediaan larutan bahan punar bagi loyang	47
3.5	Penyediaan larutan bahan punar bagi aloi nikel	49
3.6	Penyediaan larutan bahan punar bagi aloi kuprum	51

**SENARAI RAJAH**

<b>BIL</b>	<b>TAJUK</b>	<b>MUKA SURAT</b>
2.1 (a)	<i>Aluminum-Silicon Alloy, Polarized 400x</i>	14
2.1 (b)	<i>Aluminum-Silicon Alloy, Kellers etch, 200X</i>	14
2.2(a)	<i>Pure zinc</i>	18
2.2(b)	<i>Zinc- aluminium alloy</i>	18
2.3	<i>Manganes-Aluminum Bronze Alloy</i>	23
2.4	Aloi nikel	24
2.5	<i>Nimonic 90, 400 X</i>	27
2.6	Aloi kuprum	28
2.7	<i>Tough Pitch copper, etched, Mag. 100X</i>	31
3.1	Carta alir prosedur kajian	34
3.2(a)	Mesin pemotong	38

<b>BIL</b>	<b>TAJUK</b>	<b>MUKA SURAT</b>
3.2 (b)	Spesimen yang telah dipotong	38
3.3 (a)	<i>Hot mounting pressing machine</i>	38
3.3 (b)	Spesimen selepas <i>mounting</i>	38
3.4(a)	<i>Manual Grinding Machine</i>	39
3.4(b)	<i>Automatic Polishing Machine</i>	39
3.5(a)	<i>Ultrasonic water bath</i>	40
3.6(b)	<i>Hand Dryer</i>	40
3.6(c)	Bekas kedap udara	40
3.6(d)	<i>Inverted Microscope</i>	40
4.1 (a)	Spesimen A1 pada pembesaran (50x)	55
4.1 (b)	Spesimen A2 pada pembesaran (50x)	55
4.1 (c)	Spesimen A3 pada pembesaran (50x)	55
4.1 (d)	Spesimen A4 pada pembesaran (50x)	55

<b>BIL</b>	<b>TAJUK</b>	<b>MUKA SURAT</b>
4.1 (e)	Spesimen A5 pada pembesaran (50x)	56
4.1 (f)	Spesimen A6 pada pembesaran (50x)	56
4.1 (g)	Spesimen A7 pada pembesaran (50x)	56
4.2 (a)	Spesimen B1 pada pembesaran (50x)	57
4.2 (b)	Spesimen B2 pada pembesaran (50x)	57
4.2 (c)	Spesimen B3 pada pembesaran (50x)	57
4.2 (d)	Spesimen B4 pada pembesaran (50x)	57
4.3 (a)	Spesimen C1 pada pembesaran (50x)	58
4.3 (b)	Spesimen C2 pada pembesaran (50x)	58
4.3 (c)	Spesimen C3 pada pembesaran (50x)	58
4.3 (d)	Spesimen C4 pada pembesaran (50x)	58
4.3 (e)	Spesimen C5 pada pembesaran (50x)	58
4.3 (f)	Spesimen C6 pada pembesaran (50x)	58

<b>BIL</b>	<b>TAJUK</b>	<b>MUKA SURAT</b>
4.4 (a)	Spesimen D1 pada pembesaran (50x)	59
4.4 (b)	Spesimen D2 pada pembesaran (50x)	59
4.4 (c)	Spesimen D3 pada pembesaran (50x)	59
4.4 (d)	Spesimen D4 pada pembesaran (50x)	59
4.4 (e)	Spesimen D5 pada pembesaran (50x)	59
4.4 (f)	Spesimen D6 pada pembesaran (50x)	59
4.5 (a)	Spesimen E1 pada pembesaran (50x)	60
4.5 (b)	Spesimen E2 pada pembesaran (50x)	60
4.5 (c)	Spesimen E3 pada pembesaran (50x)	60
4.5 (d)	Spesimen E4 pada pembesaran (50x)	60
4.5 (e)	Spesimen E5 pada pembesaran (50x)	60
4.5 (f)	Spesimen E6 pada pembesaran (50x)	60

**SENARAI LAMPIRAN**

<b>BIL.</b>	<b>TAJUK</b>	<b>MUKA SURAT</b>
A	<i>Etching</i>	87
B	<i>Aluminum and Aluminum Alloys</i>	89
C	<i>Zinc Alloy Etchants</i>	90
D	<i>Brass and Bronze Alloys</i>	91
E	<i>Copper Alloys</i>	92
F	Bahan- Bahan Kimia	93
G	Radas dan peralatan	94
H	<i>Abrasive Cutting Machine</i>	95
I	<i>Compression Mounting Resin Properties</i>	98
J	<i>Ultrasonic water bath</i>	100
K	Carta gantt	101
L	Garis panduan	102



## BAB 1

### PENGENALAN

#### 1.1 Latar Belakang

Aloi didefinisikan sebagai campuran dua atau lebih unsur untuk membentuk bahan baru dengan komposisi yang khusus. Pada masa ini bahan logam yang berada di sekeliling kita ini terdiri daripada aloi. Hal ini kerana ciri-ciri logam asli biasanya lembut dan lemah. Aloi juga boleh diklasifikasikan kepada dua iaitu aloi ferus dan aloi bukan ferus (Philip, 2002).

Aloi ferus merujuk kepada aloi yang mengandungi unsur besi sebagai komposisi utama. Pada kebiasaannya, dalam bidang kejuruteraan, aloi yang digunakan adalah keluli, keluli karbon biasa dan juga besi tuang. Sebagai contohnya keluli karbon yang mempunyai kurang daripada 0.1% mempunyai ciri-ciri lembut dan mulur. Keluli lembut pula mempunyai 0.1% hingga 0.25% karbon. Keluli karbon tinggi pula mempunyai lebih dari 0.50% karbon. Ini membuatkan keluli karbon tinggi mempunyai ciri-ciri seperti kuat tetapi mempunyai kemuluran yang rendah (Philip, 2002).

Aloi bukan ferus pula merujuk kepada aloi yang tidak mempunyai besi sebagai komposisi utamanya. Dalam bidang kejuruteraan, aloi bukan ferus yang biasa digunakan terbahagi kepada dua, iaitu aloi ringan dan aloi berat. Aloi ringan ini mempunyai ciri-ciri seperti berketumpatan rendah, iaitu kira-kira 1.7 hingga 4.5 Mg/m<sup>3</sup>. Contoh bagi aloi ringan adalah aloi aluminium, magnesium, titanium dan

juga zink. Aloi berat pula berketumpatan tinggi dan kebiasaannya lebih  $8.8\text{Mg/m}^3$  dari logam aloi. Contoh aloi berat adalah aloi kuprum dan nikel (Philip, 2002).

Terdapat banyak kelebihan aloi bukan ferus berbanding aloi ferus. Antaranya ialah rintangan tahan karat yang baik tanpa perlu menjalani proses yang khusus. Selain itu kebanyakan aloi bukan ferus adalah berketumpatan rendah. Dengan ini, penggunaan aloi bukan ferus boleh menghasilkan produk yang lebih ringan. Aloi bukan ferus juga mempunyai takat lebur yang rendah dan kemuluran yang tinggi. Hal ini menjadikan proses penyejukan lebih mudah. Selain itu, aloi bukan ferus juga mempunyai keberalihan haba dan kealiran elektrik yang tinggi. Walaubagaimanapun aloi ferus juga mempunyai beberapa kebaikan dan kelebihan. Antaranya ialah kekuatan dan kekukuhan yang tinggi. Selain itu aloi ferus lebih sesuai digunakan untuk kimpalan dan ianya adalah lebih murah berbanding dengan aloi bukan ferus (William, 1993).

Setiap jenis aloi bukan ferus mempunyai mikrostruktur dan sifat-sifat yang berbeza. Ini semua bergantung kepada komposisinya. Perbezaan antara aloi-aloi bukan ferus tersebut dan ciri-cirinya dapat ditentukan dan dilihat dengan melakukan kajian ke atas mikrostruktur dari setiap aloi bukan ferus yang terbabit. Selepas melakukan proses seperti penggilapan, rawatan haba, dan sebagainya, aloi bukan ferus tersebut akan dicelup ke dalam larutan bahan punar sebelum diletakkan di bawah mikroskop supaya sempadan butir sesuatu mikrostruktur aloi bukan ferus tersebut kelihatan lebih jelas (William, 1993).

Larutan bahan punar adalah campuran antara bahan- bahan kimia tertentu dengan komposisi yang tertentu. Walaubagaimanapun ianya bergantung kepada keadaan kajian ke atas aloi tersebut samada melalui proses penyejukan atau pemanasan. Ianya juga bergantung kepada jenis sempadan butir yang ingin diperhatikan. Larutan bahan punar ini juga akan menghasilkan warna yang berbeza untuk juzuk yang tertentu dalam mikrostruktur, bergantung pada lapisan oksida, sulfida, molibdenum, kromat dan unsur sput selenium di atas lapisan yang telah di gilap yang mana akan menunjukkan juzuk disebabkan variasi dalam kesan gangguan cahaya ke atas struktur ferus aloi (William, 1993).

## 1.2 Pernyataan Masalah

Dalam industri kejuruteraan terutamanya dalam industri yang berasaskan logam, larutan bahan punar adalah sangat penting bagi mengkaji dan melihat mikrostruktur aloi ferus dan bukan ferus. Larutan bahan punar ini turut digunakan untuk menentukan ciri-ciri aloi ferus dan bukan ferus. Bagi tujuan pengajaran dan pembelajaran terutama matapelajaran berkaitan bidang bahan, penyediaan larutan bahan punar di dalam Makmal Sains Bahan, Universiti Teknikal Malaysia Melaka (UTeM) masih belum mempunyai garis panduan yang lengkap. Larutan bahan punar yang dibekalkan kepada pihak universiti tidak disediakan dalam bentuk yang telah disiapkan. Penghasilan larutan bahan punar ini perlu dilakukan oleh pelajar itu sendiri. Penghasilan larutan bahan punar ini melibatkan campuran beberapa bahan atau larutan kimia seperti asid, alkali, alkohol dan juga air suling. Kesemua bahan-bahan ini perlu disediakan mengikut komposisi dan peratusan yang tertentu bergantung kepada jenis aloi ferus dan bukan ferus yang hendak dikaji. Peratusan yang dimaksudkan di sini adalah peratusan isipadu atau peratusan berat sesuatu bahan kimia tersebut.

Dengan penerangan tentang permasalahan yang telah dinyatakan di atas, kajian ini dicadangkan untuk aktiviti penambahbaikan dan juga proses pengajaran dan pembelajaran di universiti. Kajian ini adalah bagi menentukan larutan bahan punar yang sesuai untuk aloi ferus dan bukan ferus mengikut peratusan dan komposisi bahan kimia yang tertentu. Kajian bagi penghasilan larutan bahan punar ini melibatkan aloi bukan ferus seperti aloi aluminium, kuprum, zink, nikel dan loyang.

### **1.3 Objektif**

Objektif kajian ini adalah untuk menentukan larutan bahan punar yang paling sesuai untuk setiap jenis aloi bukan ferus yang telah dipilih. Selain itu objektif kajian ini adalah untuk menentukan komposisi bahan kimia mengikut peratusan berat dan peratusan isipadu larutan kimia yang diperlukan bagi menghasilkan larutan bahan punar untuk setiap aloi bukan ferus yang telah dipilih. Komposisi ini diperlukan untuk melihat kejelasan setiap mikrostruktur yang dihasilkan.

### **1.4 Skop Kajian**

Kajian ini adalah bagi menyediakan satu garis panduan yang lengkap dalam penghasilan larutan bahan punar. Kajian ini melibatkan lima jenis aloi bukan ferus. Kelima-lima aloi tersebut adalah aloi aluminium, zink, nikel, kuprum dan yang terakhir sekali adalah loyang. Larutan bahan punar yang paling sesuai dikenalpasti bagi setiap aloi bukan ferus yang telah dipilih. Bahan kimia dan larutan kimia serta komposisi yang sesuai untuk setiap aloi-aloi bukan ferus tersebut turut dikenalpasti dan proses sintesis kimia dilakukan untuk menyediakan larutan bahan punar masing-masing. Spesimen aloi bukan ferus yang terlibat disediakan dengan menggunakan teknik matalografi manakala ujian mikrostruktur pula dijalankan untuk mengesahkan larutan-larutan bahan punar yang dihasilkan. Bahan-bahan dan proses yang dijalankan hanyalah melibatkan kerja-kerja sejuk sahaja.

## 1.5 Kepentingan Kajian

Hasil kajian ini boleh digunakan secara meluas dalam bidang kejuruteraan terutamanya yang melibatkan industri logam yang menggunakan larutan bahan punar untuk mengkaji mikrostruktur sesuatu aloi ferus dan bukan ferus. Selain itu kajian ini boleh digunakan dalam proses pengajaran dan pembelajaran. Ianya boleh digunakan di dalam makmal kimia, sains bahan dan makmal yang berkaitan dengannya di setiap universiti. Ini akan memudahkan para pengguna yang terlibat dalam industri kejuruteraan. Tambahan pula kajian ini turut membantu para pensyarah dan juga para pelajar dalam subjek berkaitan bidang bahan sekaligus memudahkan para pensyarah dan pelajar untuk mengkaji dan melihat mikrostruktur aloi ferus dan bukan ferus yang dikehendaki.

Daripada kajian ini adalah didapati bahawa kajian tentang sempadan butir dalam mikrostruktur aloi bukan ferus samada dari segi bentuk atau saiz adalah berbeza. Selain itu ia dapat menghubungkan antara bentuk dan saiz dengan sifat serta ciri-ciri yang terdapat pada aloi bukan ferus tersebut.

## BAB II

### KAJIAN ILMIAH

#### 2.1 Pengenalan

Aloi logam merupakan gabungan samada dalam bentuk cecair atau pepejal, dua atau lebih unsur, yang mana salah satunya merupakan logam. Biasanya, aloi mempunyai ciri-ciri yang lebih tinggi daripada unsur asalnya. Misalnya, keluli lebih kukuh dan loyang lebih tahan daripada tembaga tetapi lebih cantik dan menarik daripada zink. Tidak seperti logam tulen, kebanyakan aloi tidak mempunyai takat lebur yang tentu. Aloi mempunyai 'julat lebur' di mana aloi itu ialah campuran pepejal dan cecair. Suhu di mana aloi mula melebur dipanggil *solidus*, manakala suhu di mana aloi habis melebur dipanggil *liquidus*. Aloi-aloi tertentu dapat direka dengan satu takat lebur sahaja. Aloi-aloi ini lebih dikenali sebagai campuran eutektik (Higgins, 1994).

Pada masa ini bahan logam yang berada di sekeliling kita terdiri daripada aloi. Hal ini kerana ciri-ciri logam asli biasanya lembut dan lemah. Aloi juga boleh diklasifikasikan kepada dua iaitu aloi ferus dan bukan ferus. Aloi ferus merujuk kepada aloi yang mengandungi unsur ferum sebagai komposisi utama. Aloi bukan ferus pula merujuk kepada aloi yang tidak mempunyai ferum sebagai komposisi utamanya.

## 2.2 Aloi bukan ferus

Aloi bukan ferus pula merujuk kepada aloi yang tidak mempunyai besi sebagai komposisi utamanya. Dalam bidang kejuruteraan, aloi bukan ferus yang biasa digunakan terbahagi kepada dua, iaitu aloi ringan dan aloi berat. Aloi ringan ini mempunyai ciri-ciri seperti berketumpatan rendah, iaitu kira-kira 1.7 hingga 4.5 Mg/m<sup>3</sup>. Contoh bagi aloi ringan adalah aloi aluminium, magnesium, titanium dan juga zink. Aloi berat pula adalah aloi yang berketumpatan tinggi. Contoh aloi berat adalah aloi kuprum dan nikel (Higgins, 1994).

Sebagai contoh bagi aloi ringan, aloi aluminium mempunyai ketumpatan yang rendah, keberalihan haba yang baik dan rintangan tahan karat yang tinggi. Kekuatan tegangan bagi aloi aluminium adalah 150 hingga 400 MPa. Manakala modulus tegangan pula adalah 70GPa. Aloi aluminium ini biasanya digunakan dalam peralatan memasak dan bahagian- bahagian serta komponen di dalam kapal terbang (Higgins, 1994).

Aloi zink pula merupakan pengalir elektrik yang baik, keberalihan haba yang baik, rintangan karat yang tinggi dan juga mempunyai takat lebur yang rendah. Kekuatan tegangan bagi aloi zink adalah 300MPa manakala modulus tegangan pula adalah 100GPa. Aloi zink ini diaplikasikan pada pemegang pintu kereta dan badan serta komponen kaburetor bagi kereta. Secara umumnya aloi zink ini diaplikasikan dalam pembuatan yang melibatkan penuangan beracuan (Philip *et al*, 2002).

Contoh bagi aloi berat pula adalah aloi kuprum dan aloi nikel. Aloi kuprum termasuk loyang dan gangsa merupakan pengalir elektrik dan keberalihan haba yang baik serta rintangan karat yang tinggi. Kekuatan tegangan bagi aloi kuprum ini adalah 180 hingga 300MPa manakala modulus tegangan pula adalah 20 hingga 28GPa. Aloi kuprum ini digunakan sebagai komponen elektrik, syiling, bahagian pam dan injap, alat instrumentasi, spring dan juga skru (Philip *et al*, 2002).

Aloi nikel turut mempunyai ciri- ciri seperti pengalir elektrik dan keberalihan haba yang baik serta rintangan karat yang tinggi. Selain itu aloi nikel juga mempunyai takat lebur yang tinggi, kekuatan yang tinggi serta boleh mengekalkan sifat- sifatnya pada suhu yang tinggi. Kekuatan tegangan bagi aloi nikel ini adalah 350 hingga 1400MPa manakala modulus tegangannya pula adalah kira- kira 220GPa. Aloi nikel biasanya digunakan dalam peralatan pemprosesan makanan dan pembuatan paip dan tangki dalam industri kimia di mana sifat tahan karat ini amat diperlukan (Philip *et al*, 2002).

Terdapat banyak kelebihan aloi bukan ferus berbanding aloi ferus. Antaranya ialah rintangan karat yang baik tanpa perlu menjalani proses yang khusus, takat lebur yang rendah dan kemuluran yang tinggi serta berketumpatan rendah. Dengan ini, penggunaan aloi bukan ferus boleh menghasilkan produk yang lebih ringan. Selain itu, aloi bukan ferus juga mempunyai keberalihan haba yang tinggi dan kealiran elektrik yang baik.

Setiap jenis aloi bukan ferus mempunyai mikrostruktur dan sifat-sifat yang berbeza. Ini semua bergantung kepada komposisinya. Perbezaan antara aloi-aloi bukan ferus tersebut dan ciri-cirinya dapat ditentukan dan dilihat dengan melakukan kajian ke atas mikrostruktur setiap aloi bukan ferus yang terbabit. Selepas melakukan proses seperti penggilapan, rawatan haba, dan sebagainya, aloi bukan ferus tersebut akan dicelup ke dalam larutan bahan punar sebelum diletakkan di bawah mikroskop supaya sempadan butir sesuatu mikrostruktur aloi bukan ferus tersebut kelihatan dengan lebih jelas.