

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Purnomo (2004) dalam penelitiannya menyebutkan pengecoran Aluminium paduan 320 (72,37% Al, 11,39% Si, 6,82% Mg, 2,77% Cu) yang diulang sampai tiga (3) kali, akan berakibat penurunan sifat mekanis tarik dan impak pada logam yang terjadi dikarenakan peningkatan porositas.

Basuki, dkk (2005) aluminium yang dipadukan dan di *heat treatment* dapat meningkatkan kekerasan dan kekuatan tarik aluminium. Penambahan silikon dan atau tembaga pada aluminium akan meningkatkan kekerasan dan kekuatan tarik aluminium.

Mbuya, *et al.* (2010) dalam penelitiannya yang menjelaskan bahwa paduan *recycling* dapat digunakan kembali untuk menghasilkan produk yang sama tanpa mengalami penurunan kualitas yang signifikan.

2.2 Aluminium

Aluminium ialah unsur logam yang paling banyak ketiga setelah oksigen dan silikon. Aluminium termasuk jenis logam *non ferrous* yang banyak tersedia di belahan bumi tak terkecuali Indonesia. Aluminium merupakan logam ringan yang memiliki densitas 2,7 gram/cm³. Selain itu aluminium juga mempunyai titik cair yang rendah berkisar 660°C, sehingga dalam pengolahan bahan ini lebih mudah dan biaya yang dikeluarkan jelas lebih rendah.

Aluminium murni adalah logam yang lunak, tahan lama, ringan, dan dapat ditempa dengan penampilan luar bervariasi antara keperakan sampai abu-abu, yang bergantung pada kekasaran permukaannya. Kekuatan tensil Aluminium murni adalah 90 MPa, sedangkan aluminium *alloy* memiliki *Tensile Strength* berkisar 200-600 MPa dan modulus elastisitas rata-rata 70 MPa. Aluminium memiliki berat kira-kira satu pertiga baja, mudah ditekuk, diperlakukan dengan mesin, dicor, ditarik (*drawing*), dan diekstrusi. Ketahanan aluminium terhadap korosi dikarenakan pembentukan lapisan pelindung akibat reaksi logam terhadap komponen udara sehingga lapisan tersebut tahan korosi.

2.2.1 Sifat – Sifat Aluminium

Aluminium memiliki kemampuan tahan korosi yang baik dalam atmosfer biasa karena aluminium merupakan material yang reaktif sehingga mudah teroksidasi dengan oksigen membentuk lapisan aluminium oksida, alumina (Al_2O_3) dan membuatnya tahan korosi yang baik. Tetapi bila kadar Fe, Cu dan Ni ditambahkan akan menurunkan sifat tahan korosi karena kadar alumina menurun. Penambahan Mg, Mn tidak mempengaruhi sifat tahan korosinya.

Sifat aluminium yang ulet, mudah dimesin dan dibentuk dengan kekuatan tarik untuk aluminium murni sekitar $4\sim 5 \text{ kgf/mm}^2$ dan bila diproses penguatan regangan seperti dirol dingin kekuatan bisa mencapai $\pm 15 \text{ kgf/mm}^2$ menyebabkan aluminium aplikatif untuk berbagai jenis komponen mesin. Aluminium juga tidak beracun dan secara rutin digunakan dalam wadah untuk makanan dan minuman. Secara umum sifat fisik aluminium dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Sifat Fisik Aluminium Murni.

Sifat – Sifat	Kemurnian Al (%)	
	99,996	>99,0
Massa Jenis (20 °C)	2,6989	2,71
Titik Cair (°C)	660,2	653 – 657
Panas Jenis (cal/g°C) (100 °C)	0,2226	0,2297
Hantaran Listrik	64,94	59 (dianil)
Tahanan Listrik Koefisien Temperatur (°C)	0,00429	0,0115
Koefisien Pemuai (20–100 °C)	$23,86 \times 10^{-6}$	$23,5 \times 10^{-6}$
Jenis Kristal, konstanta kisi	FCC, $a = 4,013 \text{ Kx}$	FCC, $a = 4,04 \text{ kX}$

Sumber: Surdia dan Chijiwa, 1975

2.2.2 Unsur Paduan Aluminium

Penambahan unsur-unsur paduan sampai konsentrasi tertentu akan mempengaruhi sifat mekanis pada aluminium tersebut, paduan aluminium seperti: mangan, besi, chromium, magnesium, silikon, tembaga, dan *zinc* masing-masing memiliki pengaruh seperti sebagai berikut :

1. Besi (Fe) berguna untuk memperbaiki ketahanan *hot tearing*, dan mengurangi kecenderungan *soldering* dan atau *die sticking* dalam cetakan logam, memperbaiki keuletan dan mampu pemesinan. Tetapi jumlahnya harus dibatasi dikarenakan kecenderungan pembentukan campuran atau fasa tak larut akan berpengaruh pada hasil *casting*.
2. Chromium (Cr) digunakan pada paduan aluminium untuk mengurangi pertumbuhan butir, fenomena ini terjadi dikarenakan fasa Cr_7Al mempunyai kelarutan yang rendah dan Cr akan memperbaiki ketahanan korosi dalam paduan aluminium.
3. Magnesium (Mg) bertujuan untuk meningkatkan serta mempermudah pengerjaan mesin dan memiliki sifat ketahanan korosi yang cukup baik.
4. Manganese (Mn) dalam paduan aluminium dianggap sebagai pengotor dan keberadaannya dikontrol seminim mungkin. Bila digabungkan dengan *ferro* akan membentuk fasa *insoluble*.
5. Silikon (Si) digunakan untuk meningkatkan karakteristik proses pengecoran dengan memperbaiki fluiditas, ketahanan *feeding* dan *hot tearing*. Jumlah maksimum Si dalam proses pengecoran itu tergantung pada kebutuhannya, pada *slow solidification* (*sand* dan *investment*) sekitar 5-7%Si, sedangkan untuk cetakan *permanent* ialah sekitar 7-9%Si, dan untuk *die casting* sekitar 8-12%.
6. Tembaga (Cu) berguna untuk memperbaiki kekuatan maupun kekerasan dalam paduan *heat treatable*, tapi unsur ini akan menurunkan daya ketahanan korosi, *hot tearing*, dan mampu coranya.
7. *Zinc* (Zn) dipadukan kedalam aluminium karena memberikan pengaruh yang baik pada *age hardening*.

Tabel 2.2 Sistem Penamaan Aluminium Tuang

No. Seri	Komposisi Paduan
1xx.x	Aluminium murni
2xx.x	Paduan aluminium – tembaga
3xx.x	Paduan aluminium – silicon – magnesium
4xx.x	Paduan aluminium – silicon
5xx.x	Paduan aluminium – magnesium
6xx.x	Jarang digunakan
7xx.x	Paduan aluminium – seng
8xx.x	Paduan aluminium – timah

Sumber: ASM Handbook Vol. 2. 2004

2.2.3 Aluminium Struktur

Aluminium struktur adalah aluminium yang digunakan pada suatu struktural bangunan maupun otomotif. Umumnya, fungsi aluminium struktur adalah untuk menopang suatu beban tarik maupun fatik yang berhubungan dengan berapa lama ketahanan material tersebut sebelum terjadinya *failure* atau kegagalan. Pada umumnya, seri yang digunakan untuk aluminium struktur adalah seri Al-Mg (5000) dan seri Al-Mg-Si (6000) karena memiliki sifat *formability* dan tahan terhadap korosi dengan baik (Kissell, 2002). Sedangkan sistem paduan aluminium struktur yang digunakan dalam penelitian ini adalah seri Al-Mg-Si

2.3 Pengecoran logam

Pengecoran logam ialah merupakan proses yang mana logam dibentuk dengan cara dilburkan di dalam dapur kemudian menuangkannya ke dalam cetakan, kemudian dibiarkan untuk mengalami proses pembekuan (solidifikasi) sehingga terbentuk produk logam padat yang sesuai dengan cetakannya. Proses pengecoran dapat memproduksi komponen yang kompleks dalam jenis logam apapun, mulai berat kurang dari satu ons ataupun berat beberapa ratus ton. Pengecoran merupakan proses yang ekonomis untuk memproduksi bagian komponen.

Proses pengecoran logam memiliki kelebihan dibandingkan dengan proses pembentukan yang lain. Kelebihannya antara lain (Heine, 1990 : 1) :

1. Untuk berbagai macam logam.
2. Konstruksi dapat lebih sederhana
3. Dengan proses ini kita dapat memperoleh sifat-sifat yang diinginkan
4. Dapat digunakan untuk produksi massal
5. Ukuran bervariasi, baik besar maupun kecil

2.3.1 Macam-macam Pengecoran Logam

Teknik pengecoran adalah salah satu dari teknik produksi untuk menghasilkan suatu produk logam, kemampuan produksi yang dapat digunakan untuk produksi massal dengan tingkat ketelitian yang cukup baik dan biaya produksi dalam memproduksi benda-benda coran. Metode pengecoran logam memiliki banyak fungsional dan manfaat ekonomis yang ditawarkan dibandingkan dengan metode lain. Proses pengecoran dibagi menjadi dua macam, yaitu *Traditional casting* dan *Non-traditional/contemporary casting*.

a. Teknik Tradisional :

1. Pengecoran dengan cetakan pasir (*Sand-Mold Casting*).
2. Pengecoran dengan sistem vacum (*Vacuum-Mold Casting*).
3. Pengecoran dengan menggunakan Pasir Basah (*Dry-Sand Casting*).
4. *Shell-Mold Casting*.
5. Pengecoran dengan cetakan semen (*Cement-Mold Casting*).

b. Sedangkan teknik *non-traditional* terbagi atas :

1. Pengecoran dengan cara pola cetakan lilin (*Investment Casting*).
2. Pengecoran dengan pengaruh gaya sentrifugal (*Centrifugal Casting*)
3. Pengecoran dengan perpaduan antara casting dengan forging (*Squeeze casting*)
4. Pengecoran dengan Tekanan Rendah (*Low- Pressure Die Casting*)
5. Pengecoran dengan sistim *inject* (*Injection-Mold Casting*).
6. Pengecoran dengan sistim tiup, biasa digunakan untuk cetakan plastic (*Blow-mold casting*).
7. Pengecoran dengan Tekanan Tinggi (*High-Pressure Die Casting*).

Dari Perbedaan pada proses pengecoran diatas adalah saat proses dan hasil jadi coran yang terbentuk. Proses pengecoran dengan cetakan pasir yang terpengaruhi oleh gaya gravitasi masih banyak digunakan di industri-industri manufaktur yang berskala kecil karena biaya yang digunakan cukup rendah dibandingkan dengan metode lainnya. Produk

yang dihasilkan memiliki cacat yang cukup banyak dan menggunakan proses *finishing* yang akan memakan waktu lama. Sedangkan pada proses pengecoran *non-tradisional* dimana proses yang sudah dikerjakan dengan mesin-mesin yang terkontrol oleh program yang ada. Dari hasil produk coran tidak perlu adanya proses *finishing* karena tingkat kepresisian hasil coran sudah sangat baik dengan adanya gaya tekan yang diberikan. Waktu proses produksi yang digunakan pun juga *relatif* singkat.

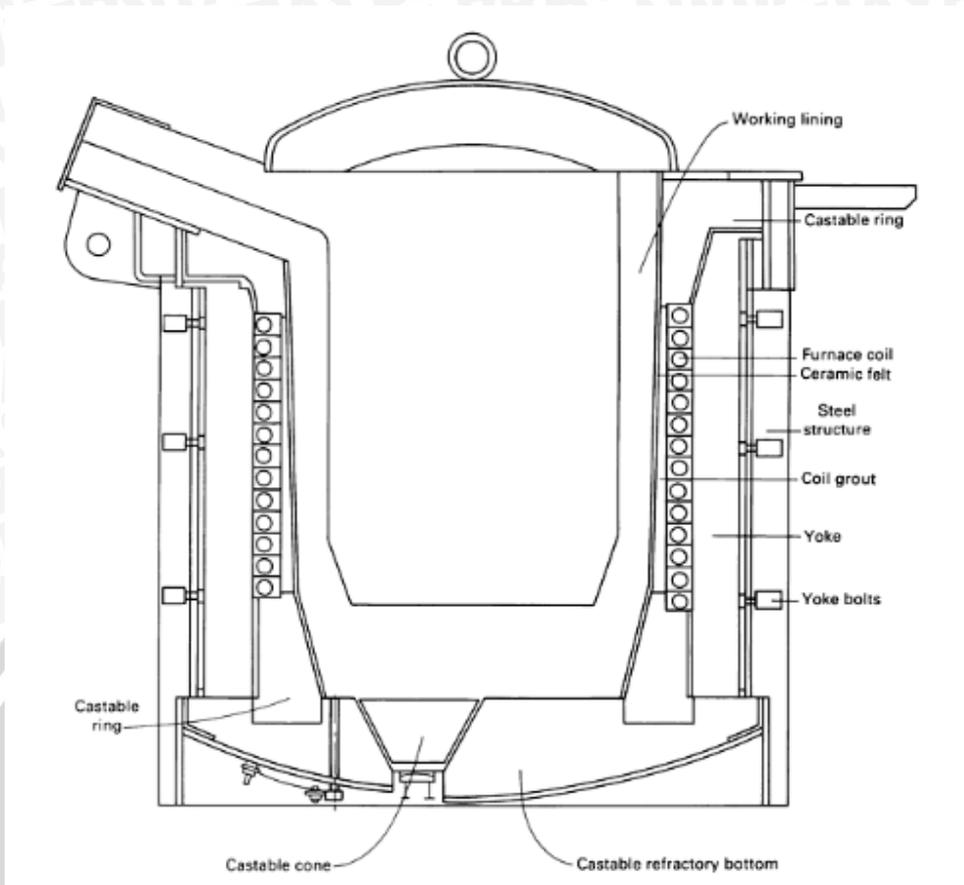
Ada beberapa jenis cetakan dalam proses pengecoran logam yaitu :

1. Cetakan tidak permanen (*expendable mold*); hanya dapat digunakan satu kali saja. Contohnya : cetakan pasir (*sand casting*), cetakan kulit (*shell mold casting*), cetakan presisi (*precision casting*).
2. Cetakan permanen (*permanent mold*); dapat digunakan berulang-ulang (biasanya dibuat dari logam). Contoh : *gravity permanent mold casting*, *pressure die casting*, *centrifugal die casting*.

2.3.2 *Electrical Furnace*

Dalam proses mencairkan logam diperlukan sebuah dapur peleburan, dimana sering disebut tanur atau furnace. Penggunaan dapur peleburan merupakan hal penting dalam proses pengecoran logam, baik ferro maupun non ferro. Ada banyak macam dan jenis dapur peleburan yang penggunaannya sangat tergantung kepada hasil yang diharapkan, dalam artian setiap jenis tanur umumnya didesain untuk dapat menghasilkan produk tertentu serta mempunyai kegunaan, keunggulan, dan kelemahan masing-masing. Dapur listrik atau *electrical furnace* ialah salah satu jenis dapur peleburan yang pengaplikasiannya sudah sangat sering digunakan dalam pembuatan besi, baja maupun aluminium.

Tanur ini juga menggunakan prinsip kerja yang dapat mengubah energi listrik menjadi energi panas dan mempunyai fungsi untuk memanaskan serta mencairkan logam. Dapur listrik mempunyai banyak kelebihan diantaranya temperatur yang dicapai cukup tinggi (dapat mencapai 2000°C) sehingga mampu untuk mencairkan logam-logam paduan yang mempunyai titik cair tinggi, misalnya paduan chrom, molybdenum, nikel, tungsten dan lain-lain. Selain itu dapat menghilangkan unsur-unsur yang merugikan terhadap sifat-sifat baja seperti Fosfor (P) dan Sulfur (S). Tetapi biaya energi yang tinggi merupakan kekurangan dalam penggunaan dapur listrik ini.

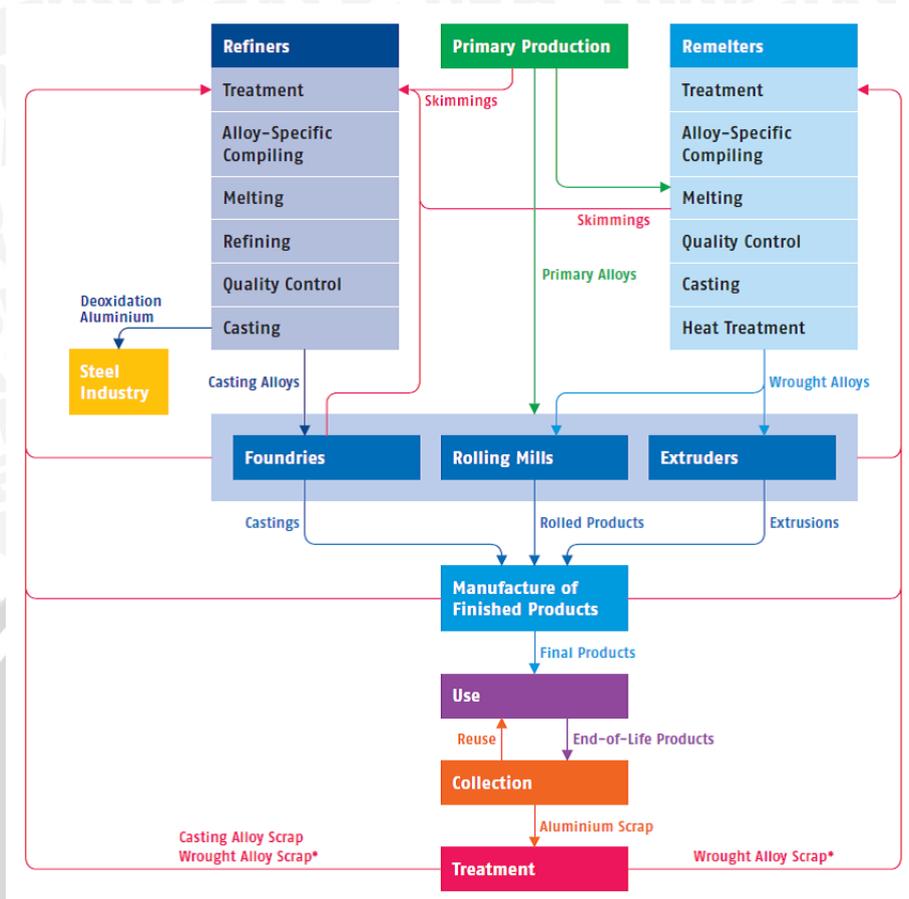


Gambar 2.1 *Electrical furnace*

Sumber : *ASM Handbook* Vol. 15, 2002:802

2.4 *Recycling Aluminium*

Daur ulang aluminium adalah proses pemakaian kembali dimana *scrap* dari logam ini dapat digunakan kembali untuk menghasilkan suatu produk. Prosesnya sangat sederhana, yaitu dengan melakukan *remelting* logam tersebut. Sekitar tahun 1900, proses *recycle* Aluminium masih jarang dilakukan dan belum menghasilkan keuntungan yang besar, dan proses ini mulai berkembang pada tahun 1968 saat kaleng kemasan minuman yang berasal dari logam aluminium mulai di daur ulang dan pada tahun 1972 menjadi sebesar 24.000 metrik ton kaleng kemasan minuman yang di daur ulang dan melonjak tajam pada tahun 2006 yang mencapai 525.000 metrik ton. Proses *recycling* dari Al memiliki beberapa keuntungan yaitu mengurangi konsumsi *energy/energy savings* di mana pada proses ini hanya dibutuhkan 5 % dari *energy* pada saat pengolahan Al dari bijih bauksit. Selain itu, *recycling* ini dapat mengurangi emisi gas buang yang dihasilkan dari saat proses pengolahan Al dari bauksit, terutama mereduksi CO₂ dan gas efek rumah kaca seperti CF₄, C₂F₆, dan PFC, sehingga lebih ramah lingkungan.



Gambar 2.2 Proses daur ulang aluminium

2.5 Fasa Intermetalik

Fasa intermetalik merupakan fasa yang mengendap pada struktur mikro aluminium paduan, yang terbentuk sebagai akibat dari komposisi kimia yang melebihi batas kelarutannya. Pengendapan fasa yang terjadi mengandung Fe dan atau Mn. Fasa yang paling sering muncul pada paduan Al-Si membentuk fasa Al_5FeSi dan $Al_{15}(MnFe)_3Si_2$. Mengenai pengaruh paduan terhadap sifat mekanis, jenis paduan Fe dan Mn memegang peranan penting dalam meningkatkan sifat mekanis.

Keberadaan Fe dalam membentuk fasa Al_5FeSi yang getas, sehingga dapat menurunkan keuletan. Fasa $Al_{15}(MnFe)_3Si_2$ yang berasal dari paduan Mn juga memiliki sifat yang getas dan keras seperti yang dihasilkan oleh Fe. Kedua fasa inipun akan menyulitkan proses suatu pemesinan. Salah satu yang mempengaruhi ukuran, bentuk dan distribusi fasa intermetalik ini adalah kecepatan pembekuan. Pembekuan dengan kecepatan yang lambat akan menghasilkan bentuk fasa intermetalik yang kasar. Sedangkan pada pembekuan yang cepat akan menghasilkan partikel yang lebih halus dan merata.

2.6 Sifat-Sifat Mekanis Material

Banyak material dalam aplikasinya mengalami pembebanan atau gaya, sebagai contohnya paduan aluminium yang digunakan sebagai bahan konstruksi sayap pesawat dan baja sebagai poros pada mobil. Sifat mekanis merupakan salah satu sifat penting, karena sifat mekanik menyatakan kemampuan suatu bahan untuk menerima beban, gaya atau energi tanpa menimbulkan kerusakan pada bahan/komponen tersebut. Sifat-sifat mekanis bahan mendefinisikan hubungan antara pembebanan yang diterima suatu bahan dengan reaksi yang diberikan atau deformasi yang akan terjadi. Sifat-sifat mekanis material sebagai berikut :

Tabel 2.3 Sifat Mekanis Bahan

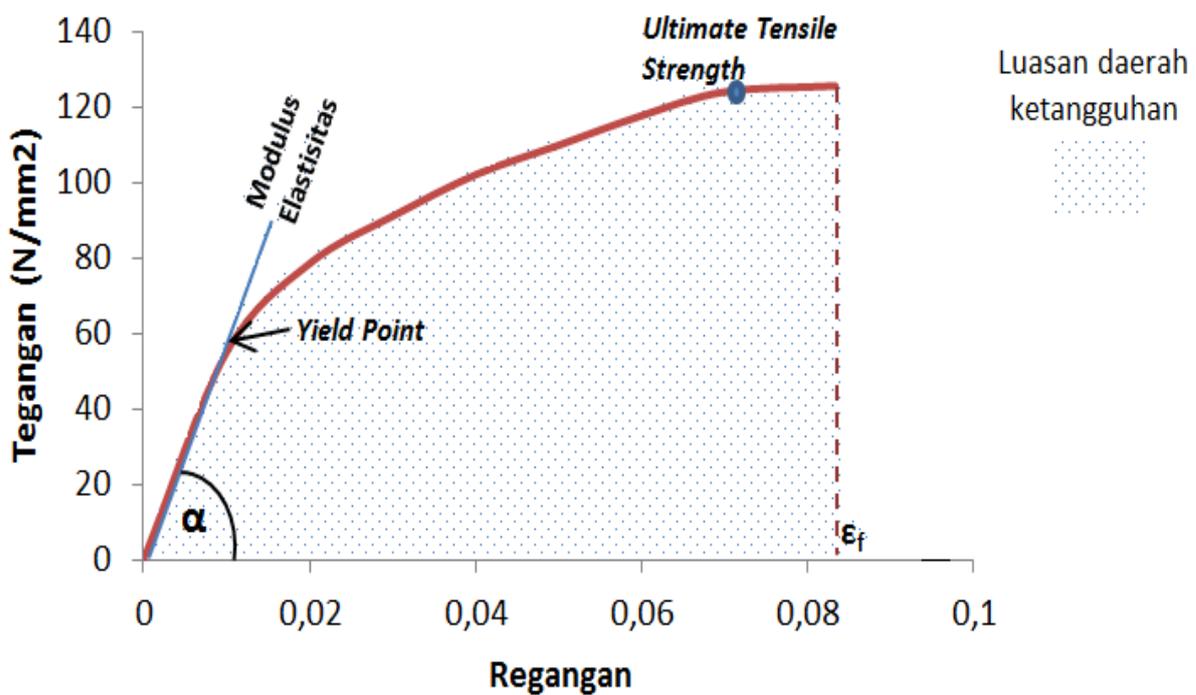
Sifat atau karakteristik	Lambang	Definisi	Satuan	
			SI	British
Tegangan	σ	Gaya / Satuan luas (F/A)	Pascal	psi
Regangan	ϵ	Fraksi Deformasi ($\Delta L/L$)	-	-
Modulus Elastisitas	E	Tegangan / regangan elastis	Pascal	psi
Kekuatan Tarik	S_t	Tegangan saat putus/patah Kekuatan maksimum	Pascal	psi
Luluh	S_y	Ketahanan terhadap deformasi plastis	Pascal	psi
Keuletan		Besar deformasi plastis sampai terjadi patah		
Perpanjangan	e	$(L_f - L_o) / L_o$	%	%
Susut penampang	R	$(A_o - A_f) / A_o$	%	%
Ketangguhan	Ut	Energi yang diperlukan sehingga terjadi patah	Joule	ft-lb

Sumber: Vlack dan Djaprie, 1983 : 7

2.7 Karakteristik Uji Tarik

Uji tarik adalah pemberian gaya atau tegangan tarik searah sumbu secara kontinyu kepada material dengan maksud untuk mengetahui dan atau mendeteksi kekuatan dari suatu material. Uji tarik dilakukan dengan cara penarikan secara terus menerus sehingga perpanjangan bahan akan meningkat dan akhirnya putus. Sedangkan karakteristik uji tarik adalah bagaimana material merespon beban yang bekerja terhadap deformasi yang terjadi.

Karakteristik Uji Tarik



Gambar 2.3 Profil data hasil uji tarik

2.8 Perilaku Mekanis Material Uji Tarik

2.8.1 Kekuatan Tarik

Kekuatan tarik atau kekuatan tarik maksimum (*Ultimate Tensile Strength* / UTS) adalah kemampuan bahan dalam menahan gaya tarik sebelum mengalami perubahan penampang. Tegangan tertinggi yang akan terlihat pada percobaan, bisa kita sebut kekuatan tarik, yang dihitung dari beban maksimum dibagi dengan luas penampang awal.

$$UTS = \frac{F_{max}}{A_0} \dots\dots\dots (2-1)$$

Dimana :

UTS = Ultimate Tensile Strength (N/mm²)

Fmax = Beban maksimum (KN)

Ao = Luas penampang awal (mm²)

Oleh karena batang saat percobaan uji tarik menjadi lebih kecil dari ukuran awalnya, maka untuk menentukan tegangan sesungguhnya kita harus membagi beban dengan luas penampang batang percobaan sesungguhnya saat dilakukan uji. Hasil yang diperoleh dari pembebanan tersebut akan menghasilkan grafik dari tegangan regangan melonjak naik. Tegangan saat dimana batang putus disebut kekuatan putus.

2.8.2 Tegangan luluh (*yield stress*)

Kekuatan luluh atau *yield strength* merupakan suatu kemampuan material dimana material akan terus mengalami deformasi tanpa adanya penambahan pembebanan. Pada logam aluminium hasil *casting* ialah termasuk jenis bahan ulet dengan titik luluh tidak jelas. Berbeda dengan produk yang dihasilkan dari proses penempaan. Untuk menentukan kekuatan luluh material jenis ini, maka digunakan suatu metode yang disebut *metode offset*, biasanya ditentukan 0,2% sampai 0,35% dari grafik keseluruhan tegangan regangan. Peningkatan beban melebihi kekuatan luluh (*yield point*) yang dimiliki material akan mengakibatkan aliran deformasi plastis sehingga material tidak akan kembali ke bentuk semula. Batas luluh ini harus dicapai ataupun dilewati jika material dipakai dalam proses manufaktur produk-produk logam.

Tegangan luluh (*yied stress*) yang mengakibatkan suatu bahan menunjukkan mekanisme luluh ini disebut tegangan luluh (*yield stress*).

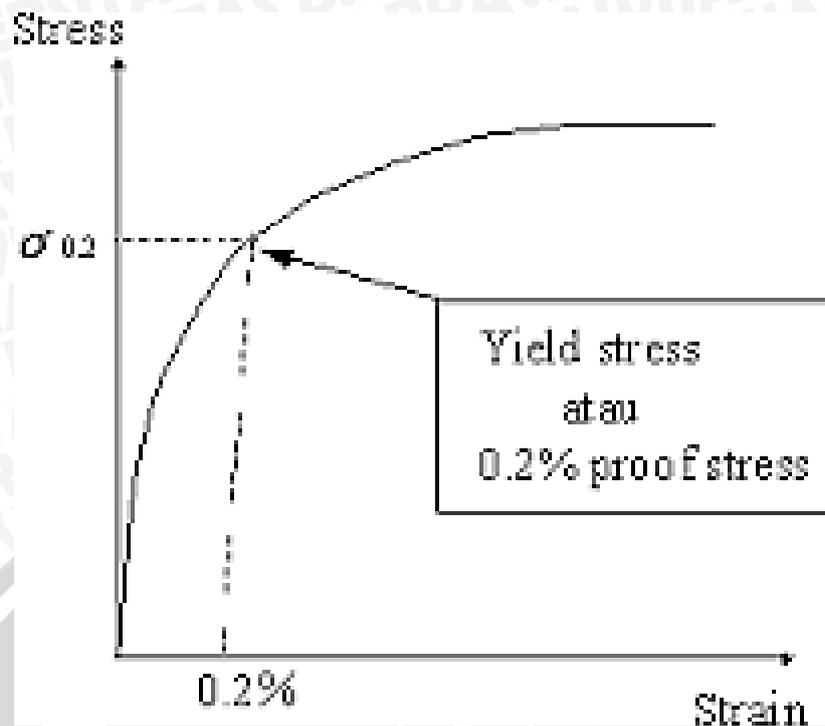
$$\sigma_y = \frac{F_y}{A_o} \dots\dots\dots (2-2)$$

Dimana :

σ_y = Tegangan luluh (N/mm²)

Fy = Beban di titik yield (N)

Ao = Luas penampang awal (mm²)



Gambar 2.4 Metode *offset*

2.8.3 Modulus Elastisitas (*E*)

Modulus elastisitas atau *modulus young* merupakan ukuran kekakuan suatu material. Jadi semakin besar harga modulus ini, maka semakin kecil regangan elastic yang terjadi pada suatu tingkat pembebanan tertentu, atau dapat dikatakan material tersebut semakin kaku (*stiff*). Pada grafik tegangan-regangan, modulus elastisitas dapat dihitung dari kemiringan garis elastic yang linier, diberikan oleh:

$$E = \frac{\sigma_y}{\epsilon_y} \dots\dots\dots (2-3)$$

atau

$$E = \tan. \alpha \dots\dots\dots (2-4)$$

Dimana :

E = Modulus Elastisitas (N/mm²)

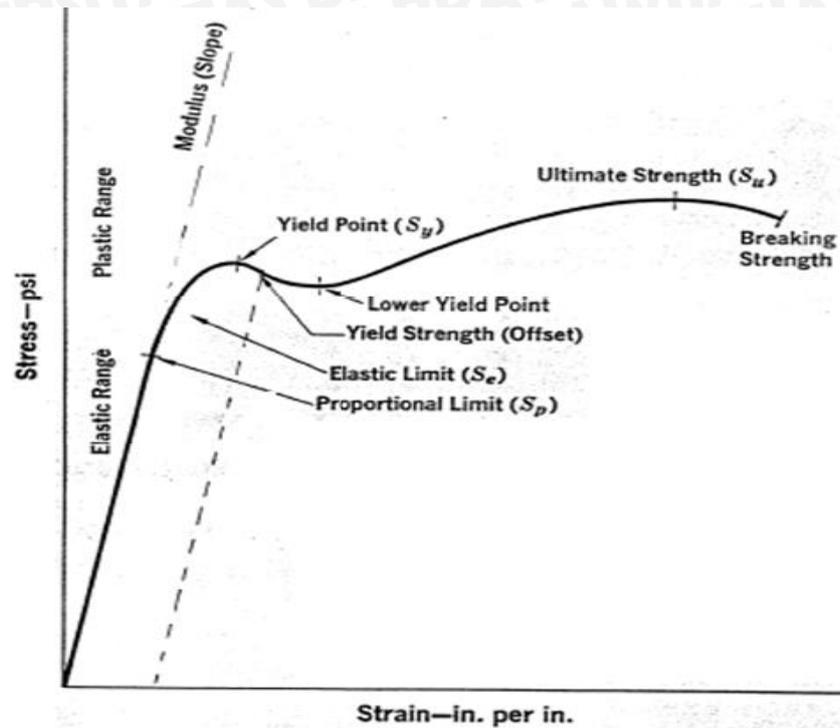
σ_y = Tegangan luluh (N/mm²)

ϵ_y = Regangan luluh

α = Sudut daerah elastis

Modulus elastisitas suatu material ditentukan oleh energi ikat antar atom-atom, sehingga besarnya nilai modulus ini tidak dapat dirubah oleh suatu proses tanpa merubah struktur bahan.



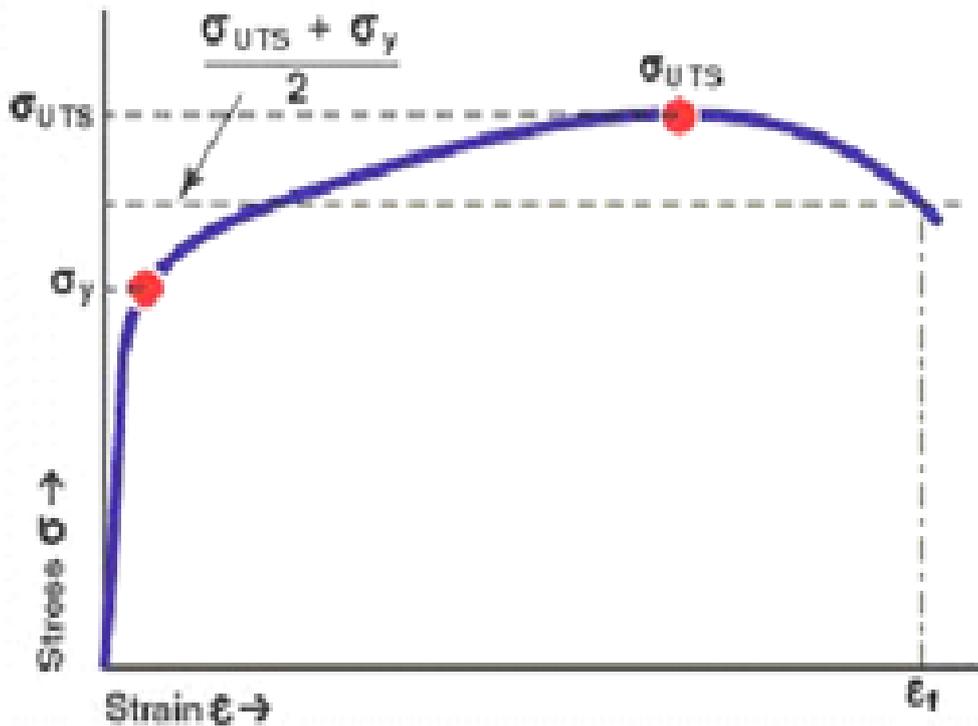


Gambar 2.5 Grafik tegangan - regangan

2.8.4 Ketangguhan (*Toughness*)

Ketangguhan adalah kapasitas suatu bahan menyerap energi dalam fase plastis sampai terjadinya perpatahan. Suatu bahan yang ulet dengan kekuatan yang sama besar dengan bahan yang rapuh akan memerlukan energi patah yang lebih besar serta mempunyai sifat ketangguhan yang *relatif* lebih baik. Hal ini menunjukkan bahwa ketangguhan ialah parameter yang menyangkut dua hal yakni tegangan serta keliatan dari bahan tersebut.

Salah satu cara menyatakan ketangguhan adalah meninjau energi tiap satuan volum yang dapat dikenakan kepada bahan tanpa mengakibatkan patah. Energi merupakan hasil kali gaya dan jarak, dinyatakan dalam joule, dan dapat ditentukan dari luas area keseluruhan di bawah kurva tegangan renggangan hasil pengujian tarik. Material dengan ketangguhan yang tinggi akan mengalami distorsi yang besar karena pembebanan berlebih, tetapi hal ini lebih baik dibandingkan material dengan ketangguhan yang rendah dimana perpatahan akan terjadi tanpa suatu peringatan terlebih dahulu.



Gambar 2.6 Diagram ketangguhan

Ketangguhan mempunyai persamaan sebagai berikut :

$$U_t = \frac{\sigma_y + \sigma_u}{2} \times \epsilon_f \dots\dots\dots (2-5)$$

Dimana :

- σ_y = Tegangan luluh (N/mm^2)
- σ_u = Tegangan Ultimate (N/mm^2)
- ϵ_f = Regangan Akhir

2.8.5 Keuletan (Ductility)

Keuletan merupakan suatu sifat yang menggambarkan kemampuan logam agar dapat menahan deformasi hingga terjadinya perpatahan. Secara umum pengukuran keuletan untuk menunjukkan perpanjangan dimana suatu logam dapat berdeformasi tanpa terjadi patah. Pengujian tarik dua metode pengukuran keuletan bahan yaitu:

- Persentase perpanjangan (*elongation*)

ialah ukuran pertambahan panjang benda setelah perpatahan terhadap panjang awalnya.

$$\epsilon (\%) = \frac{L_f - L_o}{L_o} \dots\dots\dots (2-6)$$



Dimana :

ε = elongation (%)

L_f = panjang akhir dari benda uji

L_o = panjang awal dari benda uji

- Persentase pengurangan/reduksi penampang

Adalah ukuran pengurangan luas penampang benda uji (*cross-section*) setelah perpatahan terhadap luas penampang awalnya.

$$R (\%) = \frac{A_o - A_f}{A_o} \dots\dots\dots (2-7)$$

Dimana :

R = reduksi penampang (%)

A_o = luas penampang awal

A_f = luas penampang akhir

2.9 Hipotesis

Berdasarkan tinjauan pustaka pada penelitian ini maka dapat diambil hipotesa yaitu karakteristik pengujian tarik logam paduan Aluminium akan menurun, jika di *recycling* berulang-ulang menggunakan peleburan *electrical furnace* terhadap pengujian tarik.