

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Aluminium

Aluminium berasal dari bahasa latin "*Alumen*" *Alum*. Orang-orang Yunani dan Romawi kuno menggunakan Aluminium sebagai cairan penutup pori-pori dan bahan penajam proses pewarnaan. Pada tahun 1761 *De Morveau* mengajukan nama *Alumine* untuk basa *Alum* dan *Lavosier*, pada tahun 1787, ia mengira bahwa ini adalah oksida logam yang belum ditemukan. Metode untuk mengambil logam aluminium adalah dengan cara mengelektrolisis alumina yang terlarut dalam *Cryolite*.

Metode ini ditemukan oleh *Hall* di AS pada tahun 1886 dan pada saat yang bersamaan oleh *Heroult* di Perancis. *Cryolite*, bijih alami yang ditemukan di *Greenland* sekarang ini tidak lagi digunakan untuk memproduksi aluminium secara komersil. Penggantinya adalah cairan buatan yang merupakan campuran natrium, aluminium dan kalsium flourida.

Senyawa yang memiliki kegunaan besar adalah aluminium oksida, sulfat, dan larutan sulfat dalam kalium. Oksida aluminium, alumina muncul secara alami sebagai *Ruby*, *Safir*, *Corundum* dan *Emery* dan digunakan dalam pembuatan kaca. Aluminium murni, logam putih keperak-perakan memiliki

karakteristik yang diinginkan pada logam. Unsur ini ringan, tidak magnetik dan tidak mudah terpercik, merupakan logam kedua termudah dalam soal pembentukan, dan keenam dalam soal *ductility*. Aluminium banyak digunakan sebagai peralatan dapur, bahan konstruksi bangunan dan ribuan aplikasi lainnya. (Surdia, Tata. dan Shinroku, 1992).

Umumnya aluminium dicampur dengan logam lainnya sehingga membentuk aluminium paduan. Material ini dimanfaatkan bukan saja untuk peralatan rumah tangga, tetapi juga dipakai untuk keperluan industri, konstruksi, dan lain sebagainya.

Sampai sekarang proses *Heroult Hall* masih dipakai untuk memproduksi aluminium. Penggunaan aluminium sebagai logam setiap tahunnya adalah pada urutan yang kedua setelah besi dan baja, yang tertinggi diantara logam *Non-Ferro*. Produksi aluminium tahunan di dunia mencapai 15 juta ton per tahun pada tahun 1981.

Dengan memadukan unsur-unsur lainnya, sifat murni aluminium dapat diperbaiki. Adanya penambahan unsur-unsur logam lain akan mengakibatkan berkurangnya sifat tahan korosi dan berkurangnya keuletan dari aluminium tersebut. Dengan penambahan sedikit mangan, besi, timah putih dan tembaga sangat berpengaruh terhadap sifat tahan korosinya.

Aluminium merupakan bahan logam yang proses penambangan dan ekskrasinya cukup sulit bila dibandingkan dengan besi. Hal ini menjadi salah satu penyebab mengapa besi jauh lebih banyak dipakai dibandingkan aluminium.

B. Penggunaan Aluminium

Selama 50 tahun terakhir, Aluminium telah menjadi logam yang luas penggunaannya setelah baja. perkembangan ini didasarkan pada sifatnya yang ringan, tahan korosi kekuatan dan *Ductility* yang cukup baik. Aluminium paduan mudah diproduksi dan cukup ekonomis. Aluminium daur ulang yang paling terkenal adalah penggunaan Aluminium sebagai bahan pembuat pesawat terbang yang memanfaatkan sifat ringan dan kuatnya, resistan terhadap korosi akibat fenomena pasivasi, yaitu terbentuknya lapisan aluminium oksidasi ketika Aluminium terpapar dengan udara bebas. Lapisan aluminium oksidasi ini mencegah terjadi oksidasi lebih jauh. Aluminium paduan dengan tembaga kurang tahan terhadap korosi akibat reaksi Galvanik dengan paduan tembaga, beberapa penggunaan aluminium antara lain:

1. Sektor industri otomotif, untuk membuat bak truk dan komponen kendaraan bermotor.
2. Untuk membuat badan pesawat terbang.
3. Sektor pembangunan perumahan, untuk kusen pintu dan jendela.
4. Sektor industri makanan, untuk kemasan berbagai jenis produk.
5. Sektor lain, misal untuk kabel listrik, perabotan rumah tangga dan barang kerajinan.

6. Membuat *termit*, yaitu campuran serbuk aluminium dengan serbuk besi (III) oksida, digunakan untuk mengelas baja ditempat, misalnya untuk menyambung rel kereta api.

C. Sifat-Sifat Aluminium

Aluminium merupakan logam yang lembut dan ringan, dengan rupa keperakan pudar, oleh karena kehadiran lapisan pengoksidaan yang nipis yang terbentuk apabila terkena udara. Aluminium tak bermagnet, dan tidak menghasilkan karat. Aluminium mempunyai kekuatan tegangan sebanyak 49 MPa dan 700 MPa setelah dibentuk menjadi *alloy*.

Sifat-sifat yang dimiliki aluminium antara lain :

1. Ringan, tahan korosi dan tidak beracun maka banyak digunakan untuk alat rumah tangga seperti panci, wajan dan lain-lain.
2. *Reflektif*, dalam bentuk aluminium *foil* digunakan sebagai pembungkus makanan, obat, dan rokok.
3. Daya hantar listrik dua kali lebih besar dari *Cu* maka *Al* digunakan sebagai kabel listrik.
4. Paduan *Al* dengan logam lainnya menghasilkan logam yang kuat seperti *Duralium* (campuran *Al*, *Cu*, *Mg*) untuk pembuatan badan pesawat.
5. *Al* sebagai zat reduktor untuk oksida MnO_2 dan Cr_2O_3 .

Temperatur lebur atau titik leleh aluminium murni adalah 600°C dan massa jenisnya adalah 2.79g/cm^3 . Aluminium memiliki sifat yang cukup tangguh pada temperatur udara luar yang sangat rendah, konduktivitas termal

aluminium sekitar lima kali lebih baik dari baja karbon rendah. Bisa kita lihat pada tabel 1 tentang karakteristik berbagai logam.

Tabel 1. Karakteristik Berbagai Logam. (Sonawan, dkk, 2003).

Jenis logam	Sel satuan	Titik cair (°C)
Timah Hitam, Pb	Fcc	327
Seng, Zn	Hcp	419
Magnesium, Mg	Hcp	650
Aluminium, Al	Fcc	660
Tembaga, Cu	Fcc	1.083
Nikel, Ni	Fcc	1.453
Titanium, Ti	Hcp > 900 °C Bcc < 900 °C Bcc < 910 °C	1668
Besi, Fe	Fcc, 910 < Tc < 1.350 Bcc > 1.350 °C	1.535

D. Aluminium Murni

Aluminium diperoleh dalam keadaan cair melalui suatu proses yang disebut elektrolisis, umumnya mencapai kemurnian 99,85%. Melalui proses elektrolisis kembali maka diperoleh aluminium dengan nilai kemurnian mencapai 99,99%. Ketahanan korosi berubah menurut kemurnian, aluminium 99,0% atau di atasnya dapat dipergunakan diudara tahan dalam waktu bertahun-tahun, bisa dilihat dari tabel 2 dimana menunjukkan sifat fisik aluminium.

Tabel 2. Sifat-Sifat Fisik Aluminium. (*Sonawan, dkk, 2003*).

sifat-sifat	Kemurnian Al (%)	
	99.996	99.0 – 99.996
Massa jenis (20°)g/cm ³	2.6989	2.71
Titik cair °c	660.2	653.657
Panas jenis (cal/g.°C) (100%)	0.2226	0.2297
Hantaran listrik (%)	64.94	59 (Dianil)
koefisien listrik	0.00429	0.0115
Koefisien pemuaian (20-100%)	23.86x10 ⁻⁶	23.5x10 ⁻⁶
Jenis kristal, konstanta kisi	Fcc, a= 4.013 kX	Fcc, a= 4.04 kX

Note : Fcc (face centered cubic) = kubus berpusat muka

kX = konstanta kisi

Aluminium dapat digunakan untuk campuran kabel dan dalam berbagai kebutuhan dapat kita jumpai aluminium dalam bentuk lembaran seperti *aluminium foil*, dalam hal ini aluminium yang digunakan sebesar 99.0%. sedangkan untuk *reflector* yang memerlukan *refleksitas* yang tinggi juga untuk kondensor elektrolitik digunakan aluminium dengan kemurnian 99,99%.

E. Sifat Mekanik Aluminium

Sifat teknik bahan aluminium murni dan aluminium paduan dipengaruhi oleh konsentrasi bahan dan perlakuan yang diberikan terhadap bahan tersebut. Aluminium terkenal sebagai bahan yang tahan terhadap korosi. Hal ini

disebabkan oleh fenomena pasivasi, yaitu proses pembentukan lapisan aluminium oksida di permukaan logam aluminium segera setelah logam terpapar oleh udara bebas. Lapisan aluminium oksida ini mencegah terjadinya oksidasi lebih jauh. Namun, pasivasi dapat terjadi lebih lambat jika dipadukan dengan logam yang bersifat lebih katodik, karena dapat mencegah oksidasi aluminium.

1. Kekuatan tarik (*tensile strenght*).

Kekuatan tarik (*tensile strenght*) adalah besar tegangan yang didapatkan ketika dilakukan pengujian Kekuatan tarik (*tensile strenght*). Kekuatan tarik (*tensile strenght*) ditunjukkan oleh nilai tertinggi dari tegangan pada kurva tegangan-regangan hasil pengujian, dan biasanya terjadi ketika terjadinya necking. Kekuatan tarik (*tensile strenght*) bukanlah ukuran kekuatan yang sebenarnya dapat terjadi dilapangan, namun dapat dijadikan sebagai suatu acuan terhadap kekuatan bahan.

2. Kekerasan (*hardness*)

Kekerasan gabungan dari berbagai sifat yang terdapat dalam suatu bahan yang mencegah terjadinya suatu deformasi terhadap bahan tersebut ketika diaplikasikan suatu gaya. Kekerasan suatu bahan dipengaruhi oleh elastisitas, plastisitas, viskoelastisitas, kekuatan tensil, *ductility*, dan sebagainya. Kekerasan dapat diuji dan diukur dengan berbagai metode. Yang paling umum adalah metode Brinell, Vickers, Mohs, dan Rockwell.

3. Keuletan (*Ductility*)

Ductility didefinisikan sebagai sifat mekanis dari suatu bahan untuk menerangkan seberapa jauh bahan dapat diubah bentuknya secara plastis tanpa terjadinya retakan. Dalam suatu pengujian tarik, *ductility* ditunjukkan dengan bentuk *necking*-nya; material dengan *ductility* yang tinggi akan mengalami *necking* yang sangat sempit, sedangkan bahan yang memiliki *ductility* rendah, hampir tidak mengalami *necking*.

Selanjutnya dapat dilihat ditabel 3 yaitu penjabaran tentang sifat sifat mekanik aluminium dibawah ini.

Tabel 3. Sifat-Sifat Mekanik Aluminium. (*Sonawan, dkk, 2003*).

Sifat-Sifat	Kemurnian Al (%)	
	Dianil	75% Dirol Dingin
Kekuatan Tarik (Kg/mm ²)	4.9	11.6
Kekuatan Mulur (0.2%)(Kg/mm ²)	1.3	11.0
Perpanjangan	48.8	5.5
Kekerasan	17	27

F. Klasifikasi Paduan Aluminium

Paduan aluminium diklasifikasikan dalam berbagai standar oleh negara di dunia. Saat ini klasifikasi yang digunakan adalah *Aluminium Association*

(AA) di Amerika yang didasarkan atas standar terdahulu dari *ALCOA* (*Aluminium Company Of America*). Paduan tempaan dinyatakan dengan satu angka dan dua angka “S” standar AA menggunakan penandaan 4 angka.

Tabel 4. Klasifikasi Paduan Aluminium Tempaan. (*Sonawan, dkk,2003*).

Standar	Standar ALCOA terdahulu	Keterangan
1001	IS	Al murni 99,5%
1100	2S	Al murni 99,0%
2010 – 2029	10S – 29S	Cu merupakan unsur paduan utama
3003 – 4039	3S – 39S	Mn merupakan unsur paduan utama
4030 – 4039	30S – 39S	Si merupakan unsur paduan utama
5050 – 5086	50S – 69S	Mg merupakan unsur paduan utama
6061 – 6069	50S – 69S	Mg ₂ merupakan unsur paduan utama
7070 – 7079	70S – 79S	Zn merupakan unsur paduan utama

→ Angka pertama menyatakan sistem paduan dengan unsur-unsur yang ditambahkan, seperti: *Cu, Mn, Zn, Si*, dan lain-lain.

→ Angka kedua menyatakan kemurnian dalam paduan yang dimodifikasi dan Aluminium murni.

Dua angka terakhir dimaksudkan untuk tanda *Alcoa* terdahulu kecuali “S”. sebagai contoh: 3 S sebagai 3003 dan 6 S sebagai 6063.

Secara garis besar aluminium dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu:

1. *Wrought aluminium alloys*

Wrought aluminium alloys adalah paduan aluminium yang dapat mengalami pengerjaan panas (*heat treatment*) dan pengerjaan dingin (*cold working*), dengan kata lain paduan ini dapat mengalami deformasi plastis. Paduan aluminium yang diproduksi dalam bentuk *wrought* yaitu: *sheet*, *plate*, *extrusion*, *rod*, dan *wire* dan diklasifikasikan menurut unsur utama logam paduannya.

a. *Duralumin* (juga disebut duraluminum, duraluminium atau dural).

Adalah nama dagang dari salah satu jenis paduan aluminium awal usia *Hardenable*. Unsur paduan utama adalah tembaga, mangan, dan magnesium. Sebuah setara modern yang umum digunakan jenis ini adalah paduan AA2024, yang mengandung tembaga 4,4%, 1,5% magnesium, mangan 0,6% dan 93,5% aluminium. Kekuatan luluh adalah 450 MPa, dengan variasi tergantung pada komposisi.

b. *Silumin*.

Adalah material ringan, dan memiliki kekuatan paduan aluminium tinggi dengan kadar silikon sebesar 12%. Diantara keuntungan dari *silumin* adalah memiliki resistensi tinggi terhadap korosi, sehingga bermanfaat dalam lingkungan lembab. Penambahan silikon untuk aluminium juga membuat cairan kurang kental, yang bersama-sama dengan biaya murah (kedua elemen komponen relatif murah untuk mengekstrak), membuatnya menjadi paduan casting sangat bagus dibandingkan dengan logam murni. Hal ini juga digunakan pada motor 3 fasa untuk memungkinkan pengaturan kecepatan.

c. Hidronallium.

Paduan *Al-Mg*, sering disebut *Hidronalium*, merupakan paduan dengan tingkat ketahanan korosi yang paling baik dibandingkan dengan paduan aluminium lainnya, selain itu paduan *Al-Mg* 5% merupakan *Non Heat-Treatable Alloy*. Sehingga dengan dilakukannya proses *Solution Treatment* 300°C menurunkan kekerasan hingga 18,06%, kekuatan tarik 6,14% dan regangan 41,04 %.

Matriks aluminium sekitar endapan dasar pada bidang-bidang kisi relatif tidak terdistorsi sehingga dislokasi dapat bergerak dengan bebas pada tempat tersebut di antara endapan. Sedangkan atom pada larutan dan endapan pada dispersi yang halus menimbulkan distorsi pada seluruh kisi, sehingga menghalangi pergerakan semua dislokasi. Kekuatan pada paduan *Non Heat-Treatable* akan bertambah dengan *Cold Hardening*, tapi elongasi akan menurun dengan drastis. Paduan ini memiliki aplikasi luas. Jika diperlukan paduan rendah sampai menengah maka lebih dipakai paduan ini daripada paduan *Heat-Treatable* atau aluminium murni, karena mudah difabrikasi dan tidak sensitif terhadap peralatan panas.

2. *Casting Alloys*

Paduan aluminium berupa *Casting Alloy* dikembangkan untuk memperbaiki kualitas pengecoran seperti *Fluidity*. Disamping itu tetap pula diperhatikan sifat-sifat mekanik seperti kekuatan, keuletan dan ketahanan korosinya. Komposisi kimia *Casting Alloy* berbeda dengan

Wrought Alloy demikian juga dengan penomorannya. Penambahan unsur silikon sebanyak 5–2% merupakan unsur pepadu utama pada *casting alloy* karena penambahan ini meningkatkan *Fluidity* aluminium cair, disamping meningkatkan kekuatannya. Penambahan magnesium sebanyak 0.3–1% dapat meningkatkan kekuatan terutama dengan mekanisme penguatan presipitasi. Penambahan *copper* sebanyak 2% juga dapat meningkatkan kekuatan terutama untuk pemakaian pada temperatur tinggi.

G. Aluminium dan Paduannya

Paduan Al di klasifikasikan dalam berbagai standard oleh berbagai negara di dunia. *Standard Aluminium Association (AA)* di Amerika menggunakan penandaan dengan empat angka sebagai berikut :

1xxx adalah Al Murni

2xxx adalah Al – Cu

3xxx adalah Al – Mn

4xxx adalah Al – Si

5xxx adalah Al – Mg

6xxx adalah Al – Mg – Si

7xxx adalah Al – Zn

Sebagai contoh paduan Al-Cu dinyatakan dengan angka 2xxx atau 2000, angka pada tempat kedua menyatakan modifikasi paduan. Jika angka kedua dalam penandaan ini menunjukkan nol, hal ini menyatakan paduan yang

orisinil. Urutan angka 1 sampai 9 digunakan untuk menunjukkan modifikasi dari paduan orisinil, untuk paduan percobaan diberi penandaan awalan X.

Tabel dalam paduan Al;

Tabel 5. Paduan dan seri Penamaan. (*Sonawan, dkk,2003*).

Paduan	Seri Penamaan
Aluminium dengan kemurnian min. 99%	1xxx
Aluminium – Tembaga (<i>Al - Cu</i>)	2xxx
Aluminium – Mangan (<i>Al - Mn</i>)	3xxx
Aluminium – Silikon (<i>Al - Si</i>)	4xxx
Aluminium – Magnesium (<i>Al - Mg</i>)	5xxx
Aluminium – Magnesium – Silikon	6xxx
Aluminium – Seng (<i>Zn</i>)	7xxx
Paduan lainnya	8xxx

a. Paduan Al – Cu dan Al – Cu – Mg (seri 2000)

Mengandung 4% Cu dan 0.5% Mg dan paduan ini dinamakan duralumin. Salah satu duralumin adalah paduan 2017, komposisi standarnya adalah aluminium dengan kandungan 4% Cu, 0.5% Mg, 0.5% Mn. Paduan yang ditingkatkan magnesiumnya dari komposisi standar, yaitu aluminium dengan kandungan 4.5% Cu, 1.5% Mg, 0.5% Mn yang disebut paduan 2024. Paduan yang mengandung Cu mempunyai ketahanan korosi yang jelek, jadi apabila ketahanan korosi diperlukan permukaannya dilapisi dengan Al murni atau paduan Al yang tahan korosi, material yang telah dilapisi tersebut disebut *Al clad*.

b. Paduan Al – Mn (seri 3000)

Mn (mangan) adalah unsur yang memperkuat Al tanpa mengurangi ketahanan korosi, dan digunakan untuk membuat paduan yang tahan korosi. Paduan aluminium dengan kandungan 1.2% Mn dan 1% Mg disebut paduan 3003 yang dipergunakan sebagai paduan tahan korosi.

c. Paduan Al – Si (seri 4000)

Paduan Al – Si sangat baik kecairannya dan cocok untuk paduan coran. Paduan ini mempunyai ketahanan korosi yang baik, sangat ringan, koefisien pemuaian yang rendah dan sebagai penghantar panas dan listrik yang baik. Material ini biasa dipakai untuk torak motor dan sebagai filler las (setelah dilakukan beberapa perbaikan komposisi).

d. Paduan Al – Mg (seri 5000)

Mempunyai ketahanan korosi yang sangat baik, dengan kandungan 2–3% Mg (magnesium) mempunyai sifat mudah ditempa, diroll dan diekstrusi. Paduan 5056 merupakan paduan yang paling kuat dalam seri ini. Paduan 5083 yang dianil adalah paduan dengan 4.5% Mg, sifatnya kuat dan mudah dilas, digunakan sebagai tangki *LNG*.

e. Paduan Al - Mg – Si (seri 6000)

Paduan ini mempunyai kekuatan yang kurang baik sebagai bahan tempaan dibandingkan dengan paduan-paduan lainnya. Tetapi sangat liat, sangat baik mampu bentuknya untuk penempaan, ekstrusi dan lain-lain. Salah satu paduan seri 6000 adalah 6063 yang banyak digunakan untuk rangka konstruksi.

f. Paduan Al – Zn (serie 7000)

Yaitu suatu paduan yang terdiri dari aluminium, 5.5% Zn, 2.5% Mn, 1.5% Cu, 0.3% Cr, 0.2% Mn ini dinamakan paduan 7075. Paduan ini mempunyai kekuatan tertinggi diantara paduan-paduan lainnya. Penggunaan paduan ini kebanyakan untuk bahan konstruksi pesawat terbang, selain itu banyak digunakan sebagai bahan konstruksi. (*Agus Rohimat, 1993*).

H. Aluminium Daur

Aluminium daur adalah aluminium yang dipadukan dengan logam lain yang memiliki keterikatan senyawa atom satu sama lain. Paduan logam tersebut berguna untuk meningkatkan kekuatan dari aluminium yang bersifat lunak dan tidak tahan terhadap panas. Jumlah dan distribusi penyebaran partikel penguat komposit matriks logam sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat mekanis dari komposit. Penambahan jumlah partikel yang tersebar belum tentu mampu meningkatkan kekerasan dari komposit. Untuk itu perlu diketahui jumlah fraksi partikel yang tersebar secara optimal pada logam sehingga akan diperoleh kekerasan yang optimal.

Cor ulang yang dilakukan pada aluminium dapat menyebabkan kekerasan meningkat dan ketangguhan menurun, serta porositasnya bertambah. Porositasnya ini tentunya akan mengurangi kekuatan dari aluminium cor, akan tetapi disamping itu, dikemukakan bahwa porositasnya dalam kondisi tertentu akan memperbaiki karakteristik tribologi logam karena membentuk

reservoir bagi pelumas dan memudahkan untuk bersirkulasi sehingga menghasilkan pelumasan yang lebih baik.

I. Tungku listrik

Perubahan energi listrik menjadi energi kalor dapat kita amati pada alat-alat seperti setrika listrik, kompor listrik, solder, dan teko listrik. Alat-alat tersebut dapat menghasilkan kalor karena memiliki elemen pemanas.

Elemen pemanas merupakan sejenis hambatan listrik. Ketika elemen pemanas dialiri arus listrik selama waktu tertentu, maka sebagian arus listrik ini akan berubah menjadi energi kalor. Adanya energi kalor menyebabkan benda-benda yang berhubungan dengan konduktor elemen pemanas, seperti pakaian pada setrika listrik, bahan makanan pada kompor listrik, timah pada solder, dan air pada teko listrik, akan mengalami kenaikan suhu.

Elemen pemanas biasanya terbuat dari kawat nikelin yang dililitkan pada lempeng isolator tahan panas, seperti asbes mika. Seluruh bagian lilitan ini ditutupi lagi dengan bahan isolator yang tahan panas, seperti keramik. Alat-alat listrik tersebut aman untuk disentuh karena bagian elemen pemanas telah disekat dengan isolator tahan panas. Besarnya kalor yang dihasilkan elemen pemanas tergantung pada panjang kawat, luas penampang kawat, dan jenis kawat.

J. Pengecoran

Pengecoran dapat diartikan membuat komponen dengan cara menuangkan bahan yang telah dicairkan ke dalam cetakan. Bahan ini dapat berupa *Metal* ataupun *Non-Metal*. Untuk mencairkan bahan digunakan *Furnace* (dapur kupola).

Furnace adalah sebuah dapur dimana dilengkapi dengan *Heater* (pemanas), bahan dapat dicairkan sampai titik cair dan dapat ditambahkan campuran bahan seperti : chrom, silikon, titanium, aluminium dan lain-lain agar bahan menjadi baik sesuai dengan yang kita kehendaki.

Kebanyakan logam cair yang dituangkan menggunakan pengaruh gaya berat, walaupun kadang-kadang dipergunakan tekanan pada logam cair selama atau setelah penuangan. Pengecoran dapat dibedakan menjadi beberapa macam, yaitu:

1. Pengecoran sentrifugal.

Adalah suatu metode pengecoran dimana cetakan diputar dan logam cair dituangkan ke dalamnya, sehingga logam cair mendapat gaya sentrifugal yang kemudian cairan logam tersebut akan mengeras. Contoh: pembuatan pipa.

2. Pengecoran cetak.

Adalah suatu cara pengecoran dimana logam cair ditekan ke dalam cetakan dengan tekanan tinggi. Coran tipis dapat menggunakan metode ini.

3. Pengecoran tekanan rendah.

Adalah suatu cara pengecoran diberikan tekanan yang sedikit lebih tinggi dari tekanan atmosfer pada permukaan logam dalam tanur, tekanan ini mengakibatkan mengalirnya logam cair ke atas melalui pipa ke dalam cetakan.

4. Pengecoran Dengan Gaya Tarik Bumi (*Die*).

Pengecoran dalam cetakan pasir dilaksanakan dengan menuangkan logam cair ke dalam cetakan pasir, cara ini berbeda dengan pengecoran cetak, dimana tidak dipergunakan tekanan kecuali tekanan yang berasal dari tinggi cairan logam dalam cetakan. Bahan utama cetakan ini adalah pasir silika yang dapat bertahan terhadap temperatur tinggi. Metode ini dapat menghasilkan coran yang memiliki ketelitian dan kualitas tinggi karena pasir silika memiliki ketahanan yang baik terhadap temperatur tinggi, selain itu pengecoran menggunakan cetakan pasir lebih ekonomis dibandingkan dengan menggunakan cetakan logam.

K. Pengujian Bahan

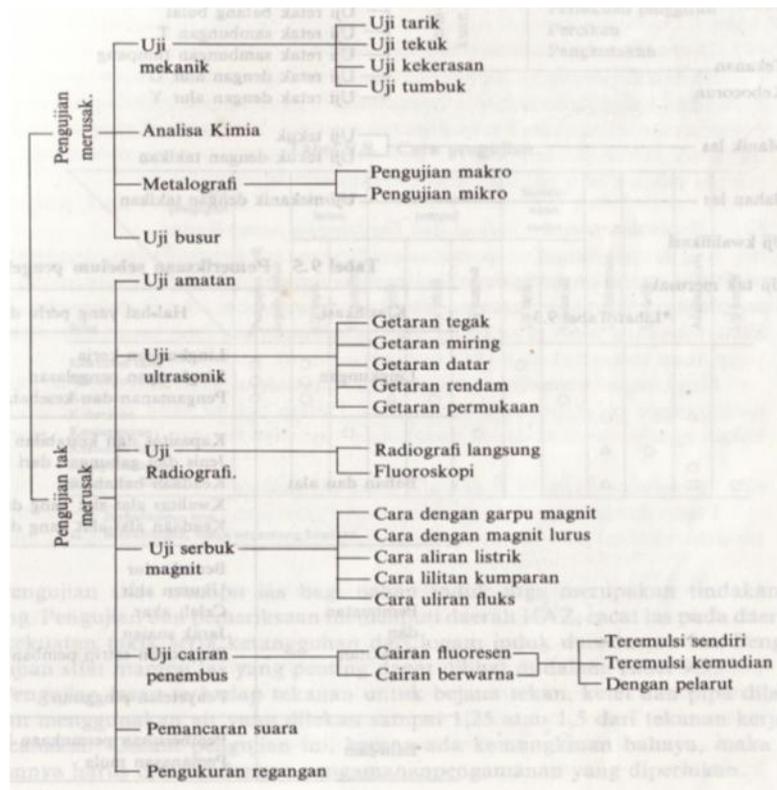
Pengujian mekanik bertujuan untuk mengetahui kemampuan mekanik bahan ketika menerima gaya dari luar. Sifat-sifat ini meliputi kekuatan, kekerasan dan ketanguhan. Sedangkan pengujian *Thermal* bertujuan untuk melihat kemampuan suatu bahan ketika menerima perlakuan panas. Pada dasarnya ada dua metode yang umum dilakukan pada pengujian bahan, yaitu:

1. Metode Destruktif.

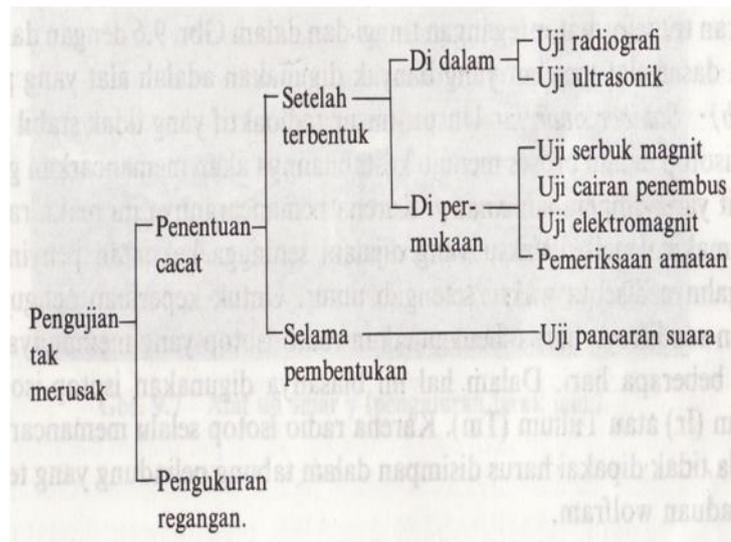
Pada metode ini bahan sengaja dirusak untuk mengetahui sifat-sifat yang dimiliki oleh suatu bahan.

2. Metode Non-Destruktif.

Pada metode ini bahan tidak dirusak, cara mengetahui atau menguji bahan adalah dengan pengamatan visual, pemberian larutan-larutan atau yang lebih canggih lagi dengan menggunakan *Ultrasonic Testing*, *Magnetic Testing*. Namun metode ini sangat mahal dan kompleks karena diperlukan pengetahuan yang tinggi untuk melakukan pengujian ini.



Gambar 1. Pengujian Dan Pemeriksaan Logam. Sumber: Wiryosumarto, 1996



Gambar 2. Klasifikasi Pengujiian Tak Merusak. Sumber: Wiryo Sumarto, 1996

L. Uji Impak

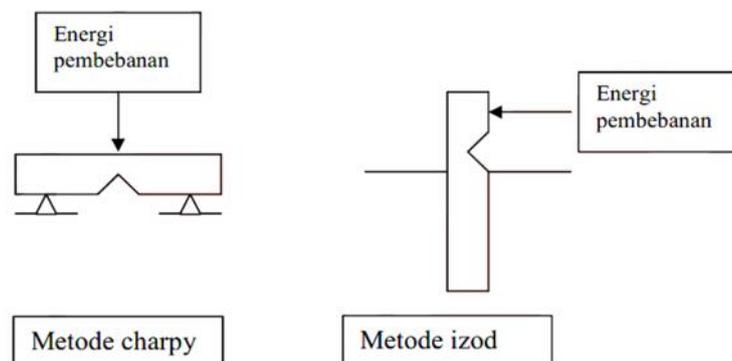
Menurut Dieter, George E (1988) uji impak digunakan dalam menentukan kecenderungan material untuk rapuh atau ulet berdasarkan sifat ketangguhannya. Uji ini akan mendeteksi perbedaan yang tidak diperoleh dari pengujian tegangan regangan. Hasil uji impak juga tidak dapat membaca secara langsung kondisi perpatahan batang uji, sebab tidak dapat mengukur komponen gaya-gaya tegangan tiga dimensi yang terjadi pada batang uji.

Hasil yang diperoleh dari pengujian impak ini, juga tidak ada persetujuan secara umum mengenai interpretasi atau pemanfaatannya. Sejumlah uji impak batang uji bertakik dengan berbagai desain telah dilakukan dalam menentukan perpatahan rapuh pada logam.

Metode yang telah menjadi standar untuk uji impak ini ada 2, yaitu uji impak metode Charpy dan metode Izod. Metode Charpy banyak digunakan di

Amerika Serikat, sedangkan metode izod lebih sering digunakan di sebagian besar dataran Eropa.

Batang uji metode charpy memiliki spesifikasi, luas penampang 10 mm x 10 mm, takik berbentuk V. Proses pembebanan uji impak pada metode charpy dan metode izod dengan sudut 45° batang uji charpy kemudian diletakkan horizontal pada batang penumpu dan diberi beban secara tiba-tiba dibelakang sisi takik oleh pendulum berat berayun (kecepatan pembebanan ± 5 m/s). Batang uji diberi energi untuk melengkung sampai kemudian patah pada laju regangan yang tinggi hingga orde $10^3 s^{-1}$, kedalaman takik 2 mm dengan radius pusat 0.25 mm. Batang uji izod, lebih banyak dipergunakan saat ini, memiliki luas penampang berbeda dan takik berbentuk V yang lebih dekat pada ujung batang. Dua metode ini juga memiliki perbedaan pada proses pembebanan. (Dieter, George E., 1988)



Gambar 3 . Pembebanan metode charpy dan izod.

1. Pengujian Impak Metode Charpy

Pengujian impak Charpy (juga dikenal sebagai tes *Charpy v-notch*) merupakan standar pengujian laju regangan tinggi yang menentukan

jumlah energi yang diserap oleh bahan selama terjadi patahan. Energi yang diserap adalah ukuran ketangguhan bahan tertentu dan bertindak sebagai alat untuk belajar bergantung pada suhu transisi ulet getas. Metode ini banyak digunakan pada industri dengan keselamatan yang kritis, karena mudah untuk dipersiapkan dan dilakukan. Kemudian hasil pengujian dapat diperoleh dengan cepat dan murah.

Tes ini dikembangkan pada 1905 oleh ilmuwan Perancis Georges Charpy. Pengujian ini penting dilakukan dalam memahami masalah patahan kapal selama Perang Dunia II. Metode pengujian material ini sekarang digunakan di banyak industri untuk menguji material yang digunakan dalam pembangunan kapal, jembatan, dan untuk menentukan bagaimana keadaan alam (badai, gempa bumi, d.l.l.) akan mempengaruhi bahan yang digunakan dalam berbagai macam aplikasi industri.

Tujuan uji impact charpy adalah untuk mengetahui kegetasan atau keuletan suatu bahan(spesimen) yang akan diuji dengan cara pembebanan secara tiba-tiba terhadap benda yang akan diuji secara statik. Dimana benda uji dibuat takikan terlebih dahulu sesuai dengan standar ASTM E23 05 dan hasil pengujian pada benda uji tersebut akan terjadi perubahan bentuk seperti bengkakan atau patahan sesuai dengan keuletan atau kegetasan terhadap benda uji tersebut. Percobaan uji impact charpy dilakukan dengan cara pembebanan secara tiba-tiba terhadap benda uji yang akan diuji secara statik, dimana pada benda uji dibuat terlebih

dahulu sesuai dengan ukuran standar ASTM E23 05. Adapun perlengkapan yang digunakan dalam pengujian impact yaitu alat uji impact tipe charpy dan benda uji.

a. Mesin Uji Impak

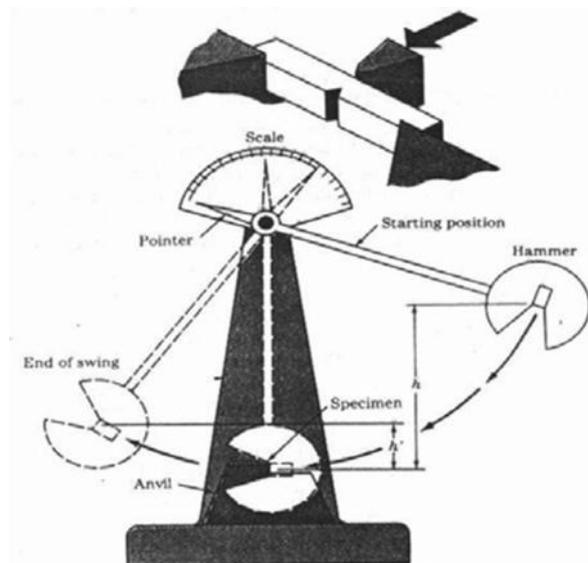
Mesin uji bentur (impak) yang digunakan untuk mengetahui harga impact suatu bahan yang diakibatkan oleh gaya kejut pada bahan uji tersebut. Tipe dan bentuk konstruksi mesin uji bentur beranekaragam mulai dari jenis konvensional sampai dengan sistem digital yang lebih maju. Dalam pembebanan statis dapat juga terjadi laju deformasi yang tinggi kalau bahan diberi takikan, maka tajam takikan makin besar deformasi yang terkonsentrasikan pada takikan, yang memungkinkan meningkatkan laju regangan beberapa kali lipat. Patah getas menjadi permasalahan penting pada baja dan besi.

Pengujian impact charpy banyak dipergunakan untuk menentukan kualitas bahan. Benda uji takikan berbentuk V yang mempunyai keadaan takikan 2 mm banyak dipakai. Permukaan benda uji pada impact charpy dikerjakan halus pada semua permukaan. Takikan dibuat dengan mesin freis atau alat notch khusus takik. Semua dikerjakan menurut standar yang ditetapkan. Pada pengujian adalah suatu bahan uji yang ditakikan, dipukul oleh pendulum (godam) yang mengayun dengan pengujian ini dapat diketahui sifat kegetasan suatu bahan.

Cara ini dapat dilakukan dengan cara Charpy. Pada pengujian kegetasan bahan dengan cara impact Charpy, pendulum diarahkan pada bagian belakang takik dari batang uji sedangkan pada pengujian impact cara Izod adalah pukulan pukulan pendulum diarahkan pada jarak 22 mm dari penjepit dan takikannya menghadap pendulum.

Perbedaan Charpy dengan Izod adalah peletakan spesimen. Pengujian dengan menggunakan Charpy lebih akurat karena pada Izod, pemegang spesimen juga turut menyerap energi, sehingga energi yang terukur bukanlah energi yang mampu diserap material seutuhnya. (Surdia, Tata dan Kenji Chijiwa. 2000.)

b. Perinsip dasar alat uji impact



Gambar 4. Skematis alat uji impact

Usaha yang dilakukan pendulum waktu memukul benda uji atau energi yang diserap benda uji sampai patah didapat rumus yaitu :

$$\begin{aligned}
 \text{Energi yang Diserap (Joule)} &= E_p - E_m \\
 &= m \cdot g \cdot h_1 - m \cdot g \cdot h_2 \\
 &= m \cdot g (h_1 - h_2) \\
 &= m \cdot g \left((1 - \cos a) - (\cos \beta - \cos a) \right) \\
 &= m \cdot g \cdot (\cos \beta - \cos a)
 \end{aligned}$$

$$\text{Energi yang diserap} = m \cdot g \cdot (\cos \beta - \cos a)$$

Keterangan :

E_p = Energi Potensial

E_m = Energi Mekanik

m = Berat Pendulum (Kg)

g = Gravitasi 9,81 m/s

h_1 = Jarak awal antara pendulum dengan benda uji (m)

h_2 = Jarak akhir antara pendulum dengan benda uji (m)

= Jarak lengan pengayun (m)

$\cos a$ = Sudut posisi awal pendulum

$\cos \beta$ = Sudut posisi akhir pendulum

dari persamaan rumus diatas didapatkan besarnya harga impact yaitu :

$$K = \frac{\text{Energi yang diserap.(J)}}{A}$$

dimana ,

K = Nilai Impact (Kgm/mm²)

J = Energi Yang Diserap (Joule)

A = Luas penampang dibawah takikan (mm²)

M. Macam patahan uji impak

Adapun macam-macam patah impak ialah sebagai berikut :

1. Patahan getas : Patahan yang terjadi pada bahan yang getas.

Ciri – ciri : Permukaan rata dan mengkilap, potongan dapat dipasangkan kembali, keretakan tidak diiringi deformasi, dan nilai pukulan takik rendah
misal : besi tuang

2. Patahan liat :Patahan yang terjadi pada bahan yang lunak.

Ciri – ciri : Permukaan tidak rata, buram dan berserat, pasangan potongan tidak bisa untuk dipasangkan lagi, terdapat deformasi pada keretakan, nilai pukulan takik tinggi.

misal : baja lunak, tembaga dsb

3. Patahan campuran :Patahan yang terjadi pada bahan yang cukup kuat, namun ulet.

Ciri – ciri : Gabungan patahan getas dan patahan liat, permukaan agak kusam dan sedikit berserat potongan masih dapat dipasangkan, ada deformasi pada retakan paling banyak terjadi.

misal : pada baja temper (*Ismail, 2012*)