

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

2.1.1 Aluminium

Aluminium ditemukan oleh Sir Humphrey Davy pada tahun 1809 sebagai unsur, dan pertama kali direduksi sebagai logam oleh H.C. Oersted tahun 1825. Secara industrial tahun 1886, Paul Heroult di Perancis dan C.M. Hall di Amerika Serikat secara terpisah telah mengolah logam aluminium dari alumina dengan cara elektrolisa dari garamnya yang terfusi. Sampai sekarang proses Heroult Hall masih dipakai untuk memproduksi aluminium. Penggunaan aluminium sebagai logam setiap tahunnya berada pada urutan kedua setelah besi dan baja, yang tertinggi di antara logam non ferrous.

Aluminium banyak digunakan pada industri manufaktur karena aluminium ringan, dapat dengan mudah dikombinasikan dengan unsur lain (alloying) untuk mengatur karakteristik seperti sifat mekanis, sifat mampu cor (castability), sifat mampu mesin (machineability), surface finish, ketahanan korosi, konduktivitas panas dan listrik, sifat mampu las (weldability), dan ketahanan terhadap hot tear (hot tear resistance). Kualitas dari produk hasil pengecoran tersebut juga masih dapat ditingkatkan dengan metode modifikasi, penghalusan butir serta perlakuan panas (heat treatment).

Selama 50 tahun terakhir, aluminium telah menjadi logam yang luas penggunaannya setelah baja. Perkembangan ini didasarkan pada sifat-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.

Aluminium murni adalah logam yang lunak, tahan lama, ringan, dan dapat ditempa dengan penampilan luar bervariasi antara keperakan hingga abu-abu, tergantung kekasaran permukaannya. Kekuatan tensil aluminium murni adalah 90 MPa, sedangkan aluminium paduan memiliki kekuatan tensil berkisar 200- 600 MPa. Aluminium memiliki berat sekitar satu pertiga baja, mudah ditekuk, diperlakukan dengan mesin, dicor, ditarik (drawing), dan diekstrusi.

Resistansi terhadap fenomena pasivasi, terbentuknya lapisan aluminium oksida ketika aluminium terpapar dengan udara bebas. Lapisan aluminium oksida ini mencegah terjadinya oksidasi lebih jauh. Aluminium paduan dengan tembaga kurang tahan terhadap korosi akibat reaksi galvanik dengan paduan tembaga. Aluminium juga merupakan konduktor panas dan elektrik yang baik. Jika dibandingkan dengan massanya, aluminium memiliki keunggulan dibandingkan dengan tembaga, yang saat ini merupakan logam konduktor panas dan listrik yang cukup baik, namun cukup berat.

Aluminium murni 100% tidak memiliki kandungan unsur apapun selain aluminium itu sendiri, namun aluminium murni yang dijual di pasaran tidak pernah mengandung 100% aluminium, melainkan selalu ada pengotor yang terkandung di dalamnya. Pengotor yang mungkin berada di dalam aluminium murni biasanya adalah gelembung gas di dalam yang masuk akibat proses peleburan dan pendinginan/pegecoran yang tidak sempurna, material cetakan akibat kualitas cetakan yang tidak baik, atau pengotor lainnya akibat kualitas bahan baku yang tidak baik (misalnya pada proses daur ulang aluminium). Umumnya, aluminium murni yang dijual di pasaran adalah aluminium murni 99%, misalnya aluminium foil.

Pada aluminium paduan, kandungan unsur yang berada di dalamnya dapat bervariasi tergantung jenis paduannya. Pada paduan 7075, yang merupakan bahan baku pembuatan pesawat terbang, memiliki kandungan sebesar 5,5% Zn, 2,5% Mg, 1,5% Cu, dan 0,3% Cr.

Aluminium 2014, yang umum digunakan dalam penempaan, memiliki kandungan 4,5% Cu, 0,8% Si, 0,8% Mn, dan 1,5% Mg. Aluminium 5086 yang umum digunakan sebagai bahan pembuat badan kapal pesiar, memiliki kandungan 4,5% Mg, 0,7% Mn, 0,4% Si, 0,25% Cr, 0,25% Zn, dan 0,1% Cu.

Tabel 2.1 Sifat-sifat mekanis Al murni

Sifat-sifat	Kemurnian			
	99,996		>99,9	
	Dianil	75% dirol dingin	Dianil	H18
Kekuatan tarik (kg/mm ²)	4,9	11,6	9,3	16,9
Kekuatan mulur (0,2%) (kg/mm ²)	1,3	11,0	3,5	14,8
Perpanjangan (%)	48,8	5,5	35	5
Kekerasan Brinell	17	27	23	44

2.1.2 Paduan Aluminium

Aluminium dipakai sebagai paduan berbagai logam murni, sebab tidak kehilangan sifat ringan, sifat – sifat mekanisnya, sifat mampu cornya yang dapat diperbaiki dengan menambah unsur–unsur lain. Unsur–unsur paduan itu adalah tembaga, silisium, magnesium, mangan, nikel, dan sebagainya yang dapat merubah sifat paduan aluminium. Macam–macam Unsur paduan aluminium dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

a. Paduan Al-Si

Paduan Al-Si ditemukan oleh A. Pacz tahun 1921. paduan Al-Si yang telah diperlakukan panas dinamakan Silumin. Sifat – sifat silumin sangat diperbaiki oleh perlakuan panas dan sedikit diperbaiki oleh unsur paduan. Paduan Al-Si umumnya dipakai dengan 0,15% – 0,4% Mn dan 0,5 % Mg. Paduan yang diberi perlakuan pelarutan (solution heat treatment), quenching, dan aging dinamakan silumin, dan yang hanya mendapat perlakuan aging saja dinamakan silumin. Paduan Al-Si yang memerlukan perlakuan panas ditambah dengan Mg juga Cu serta Ni untuk memberikan kekerasan pada saat panas. Bahan paduan ini biasa dipakai untuk torak motor.¹

b. Paduan Al-Cu dan Al-Cu-Mg

Paduan Al-Cu-Mg adalah paduan yang mengandung 4% Cu dan 0,5% Mg serta dapat mengeras dalam beberapa hari oleh penuaan, dalam temperatur biasa atau natural aging setelah solution heat treatment dan quenching. Studi tentang logam paduan ini telah banyak dilakukan salah satunya adalah Nishimura yang telah berhasil dalam menemukan senyawa terner yang berada dalam keseimbangan dengan Al, yang kemudian dinamakan senyawa S dan T. Ternyata senyawa S (Al_2CuMg) mempunyai kemampuan penuaan pada temperatur biasa. Paduan Al-Cu dan Al-Cu-Mg dipakai sebagai bahan dalam industri pesawat terbang.

c. Paduan Al-Mn

Mangan (Mn) adalah unsur yang memperkuat Aluminium tanpa mengurangi ketahanan korosi dan dipakai untuk membuat paduan yang tahan terhadap korosi. Paduan Al-Mn dalam penamaan standar AA adalah paduan Al 3003 dan Al 3004. Komposisi standar

¹ (Tata & Saito, 1992)

dari paduan Al 3003 adalah Al, 1,2 % Mn, sedangkan komposisi standar Al 3004 adalah Al, 1,2 % Mn, 1,0 % Mg. Paduan Al 3003 dan Al 3004 digunakan sebagai paduan tahan korosi tanpa perlakuan panas.²

d. Paduan Al-Mg

Paduan dengan 2 – 3 % Mg dapat mudah ditempa, dirol dan diekstrusi, paduan Al 5052 adalah paduan yang biasa dipakai sebagai bahan tempaan. Paduan Al 5052 adalah paduan yang paling kuat dalam sistem ini, dipakai setelah dikeraskan oleh pengerasan regangan apabila diperlukan kekerasan tinggi. Paduan Al 5083 yang dianil adalah paduan antara (4,5 % Mg) kuat dan mudah dilas oleh karena itu sekarang dipakai sebagai bahan untuk tangki LNG.³

e. Paduan Al-Mg-Si

Sebagai paduan Al-Mg-Si dalam sistem klasifikasi AA dapat diperoleh paduan Al 6063 dan Al 6061. Paduan dalam sistem ini mempunyai kekuatan kurang sebagai bahan tempaan dibandingkan dengan paduan – paduan lainnya, tetapi sangat liat, sangat baik mampu bentuknya untuk penempaan, ekstrusi dan sebagainya. Paduan 6063 dipergunakan untuk rangka – rangka konstruksi, karena paduan dalam sistem ini mempunyai kekuatan yang cukup baik tanpa mengurangi hantaran listrik, maka selain dipergunakan untuk rangka konstruksi juga, digunakan untuk kabel tenaga.⁴

f. Paduan Al-Mn-Zn

² (Tata & Saito, 1992)

³ (Tata & Saito, 1992)

⁴

Di Jepang pada permulaan tahun 1940 Iragashi dan kawan-kawan mengadakan studi dan berhasil dalam pengembangan suatu paduan dengan penambahan kira – kira 0,3 % Mn atau Cr dimana butir kristal padat diperhalus dan mengubah bentuk presipitasi serta retakan korosi tegangan tidak terjadi. Pada saat itu paduan tersebut dinamakan ESD atau duralumin super ekstra. Selama perang dunia ke dua di Amerika serikat dengan maksud yang hampir sama telah dikembangkan pula suatu paduan yaitu suatu paduan yang terdiri dari: Al, 5,5 % Zn, 2,5 % Mn, 1,5% Cu, 0,3 % Cr, 0,2 % Mn sekarang dinamakan paduan Al- 7075. Paduan ini mempunyai kekuatan tertinggi diantara paduan-paduan lainnya. Penggunaan paduan ini paling besar adalah untuk bahan konstruksi pesawat udara, disamping itu juga digunakan dalam bidang konstruksi.

2.1.2 Pengaruh Unsur Mayor pada Aluminium

Unsur paduan utama yang terdapat pada aluminium memiliki pengaruh terhadap karakteristik dan sifat mekanis aluminium. Unsur paduan utama yang terdapat pada paduan aluminium diantaranya adalah Cu, Cr, Fe, Mg, Mn, Ni, Zn, dan Si.

1. Silikon (Si)

Silikon adalah unsur yang paling sering ditemui pada paduan aluminium karena dapat memperbaiki sifat mampu alir dan dapat menurunkan pembentukan shrinkage sehingga memperlancar produksi. Silikon ini juga memiliki berat jenis yang lebih rendah daripada aluminium sehingga tidak memberikan kontribusi penambahan berat produk. Sifat silikon yang keras digunakan sebagai peningkat kekerasan dan menahan keausan pada aluminium, tetapi kadar paduan yang berlebih dapat menurunkan keuletan.

2. Copper (Cu)

Paduan Aluminium-copper mengandung 2-10% Cu, biasanya dengan paduan lain menghasilkan keluarga paduan lainnya. Baik casting dan wrought aluminium- copper alloy respons dengan heat treatment dan proses ageing dengan kenaikan kekuatan dan kekerasan dan penurunan elongasi. Penguatan maksimum terjadi pada penambahan Cu sebesar 4-6%, tergantung dari keberadaan paduan lain dan dengan Al membentuk fasa CuAl_2 .

3. Magnesium (Mg)

Magnesium adalah elemen paduan utama pada paduan seri 5xxx. Maksimum kelarutan padat pada Al ialah 17,4%, tapi kandungan pada paduan tempa sekarang tidak melebihi 5,5%. Penambahan Mg meningkatkan kekuatan secara mencolok Aluminium tanpa terlalu menurunkan sifat keuletan. Mempunyai Ketahanan korosi dan weldability yang bagus, selain itu dengan Si membentuk fasa Mg_2Si .

4. Chromium (Cr)

Paduan ini memberikan efek besar pada electrical resistivity. Chromium biasanya ditambahkan pada banyak paduan aluminium seperti aluminium- magnesium, aluminium-magnesium-silikon, dan aluminium-magnesium-zinc, penambahannya biasanya tidak melebihi 0,35%. Jika penambahannya berlebihan dari batas tersebut maka akan menghasilkan konstituen yang kasar dengan impurities lain atau penambahan elemen lain seperti mangan, besi dan titanium. Chromium memiliki laju difusi yang rendah dan membuat fasa halus yang terdispersi pada produk tempa. Fasa terdispersi ini mencegah nukleasi dan pertumbuhan butir. Chromium digunakan untuk mengontrol struktur butir, untuk menjaga pertumbuhan butir pada paduan aluminium-magnesium-zinc selama proses hot working atau heat treatment.

5. Iron (Fe)

Iron ialah impurity (kotoran) paling umum yang terdapat pada Aluminium. Ini mempunyai kelarutan yang tinggi pada Al cair dan oleh karena itu iron mudah larut pada semua tahap lelehan produksi. Kelarutan Besi pada saat solid sangat rendah (~0,04%) dan oleh karena itu, kebanyakan besi yang hadir pada Aluminium melebihi dari jumlah ini, muncul sebagai fasa kedua intermetallic pada kombinasi dengan Al dan juga dengan elemen lain.

6. Manganese (Mn)

Manganese atau mangan ialah impurity yang umum pada Aluminium primer, konsentrasinya biasanya dari 5 sampai 50 ppm. Mangan menurunkan resistivity (daya hambat). Mn meningkatkan kekuatan baik pada solid solution atau sebagai endapan yang bagus pada fasa intermetallic. Ini tidak mempunyai efek merugikan pada ketahanan korosi. Mn mempunyai keterbatasan kelarutan solid pada Al dengan kehadiran dari normal impurities tapi sisanya pada larutan ketika chill cast sehingga kebanyakan penambahan Mn pada pokoknya pita pada larutan, meski pada ingot yang besar.

7. Nickel (Ni)

Kelarutan solid dari Ni pada Al tidak melebihi 0.04%. Jika lebih dari jumlah ini, maka Ni hadir sebagai intermetalik ($Al_{15}(MnFe)_3Si_2$) yang tidak larut, biasanya dikombinasikan dengan besi. Ni (naik hingga 2%) meningkatkan kekuatan dari high-purity Aluminium tapi mengurangi keuletan. Paduan biner Al- Ni tidak lagi digunakan, namun Ni ditambahkan pada paduan Al-Cu dan Al-Si untuk meningkatkan kekerasan dan kekuatan pada peningkatan temperatur dan mengurangi koefisien ekspansi.

8. Zinc (Zn)

Paduan Aluminium-Zinc telah dikenal selama bertahun-tahun, tapi hot cracking dari paduan casting dan kerentanan akan retak tegangan-korosi dari paduan tempa mengurangi penggunaannya. Paduan Al-Zn mengandung elemen lain memberi kombinasi sangat tinggi dari tensile properties pada paduan Al tempa.

2.1.3 Pengaruh Unsur Minor pada Aluminium

Selain unsur paduan utama, terdapat unsur paduan lain dalam aluminium diantaranya arsenik, beryllium, boron, cadmium, calcium, carbon, cerium, cobalt dan titanium yang memiliki pengaruh pada paduan.

1. Arsenic

Paduan AsAl adalah semikonduktor. Arsenic sangat beracun (dalam bentuk AsO_3) dan harus dikontrol untuk batas yang sangat rendah untuk aluminium yang digunakan untuk pembungkus pengemasan makanan.

2. Beryllium

Beryllium digunakan dalam paduan aluminium yang mengandung magnesium untuk mengurangi oksidasi pada temperatur tinggi. Be Hingga kandungan 0,1% digunakan untuk aluminizing bath untuk baja yang digunakan untuk meningkatkan adhesi dari film aluminium dan mencegah pembentukan iron-aluminium complex yang sangat berbahaya.

3. Bismuth

Logam dengan titik lebur yang rendah seperti bismuth, timbal, timah dan cadmium ditambahkan ke aluminium untuk membuat paduan dengan kemampuan machining. Paduan-paduan ini memiliki kelarutan yang terbatas dalam aluminium solid dan membentuk fasa yang soft, dan fasa

dengan titik lebur yang rendah yang dapat memicu chip breaking dan membantu untuk melumasi alat potong. Keunggulan bismuth adalah nilai ekspansi pada proses solidifikasi menghambat shrinkage. Rasio 1 : 1 antara timbal dan bismuth digunakan untuk paduan aluminium-tembaga, 2011 dan pada paduan aluminium-magnesium-silikon, 6262. Sedikit penambahan bismuth (20 – 200 ppm) dapat ditambahkan untuk paduan aluminium-magnesium untuk mencegah efek berbahaya dari sodium pada hot cracking.

4. Boron

Boron digunakan pada aluminium dan paduannya sebagai grain refiner dan untuk meningkatkan konduktivitas dengan pengendapan vanadium, titanium, chromium dan molybdenum. Boron dapat digunakan sendiri (pada level 0,005% - 0,1%) sebagai grain refiner selama proses solidifikasi, namun menjadi lebih efektif saat digunakan dengan titanium berlebih. Grain refiner komersial biasanya mengandung titanium dan boron dengan rasio 5 : 1.

5. Cadmium

Cadmium adalah elemen dengan titik lebur yang relatif rendah yang ditemukan terbatas pada penggunaan aluminium. Penambahan hingga 0,3% Cd pada paduan aluminium-tembaga menghasilkan percepatan akselerasi laju age hardening, peningkatan kekuatan, dan peningkatan ketahanan korosi. Pada level 0,005% - 0,5%, Cd digunakan untuk mengurangi waktu ageing dari paduan aluminium-zink-magnesium.

6. Calcium

Kalsium memiliki kelarutan yang sangat rendah dalam aluminium dan membentuk senyawa intermetallic CaAl_4 . Grup aluminium paduan yang memiliki sifat superplastik mengandung 5%

Ca dan 5% Zn. Kalsium berkombinasi dengan silikon membentuk CaSi_2 , dimana senyawa ini tidak terlarut dalam aluminium. Akibatnya akan meningkatkan konduktivitas dari paduan tersebut. Pada paduan aluminium-magnesium-silikon, kalsium akan menurunkan age hardening. Efeknya pada paduan aluminium-silikon adalah untuk meningkatkan kekuatan dan menurunkan elongasi, namun tidak membuat paduan ini heat treatable.

7. Carbon

Karbon biasanya terdapat dalam aluminium sebagai impurities dalam bentuk Al_4C_3 dan karbida yang bentuknya adalah Al_4C_3 . Namun pembentukan karbida dengan dengan impurities lain dapat saja terjadi, misalnya dengan titanium. Al_4C_3 membusuk dengan keberadaan air dan uap air, hal ini akan memicu pitting pada permukaan.

8. Cerium

Cerium biasanya dalam bentuk mischmetal (senyawa langka dengan kandungan 50% - 60% Ce), ditambahkan pada paduan untuk meningkatkan fluiditas dan mengurangi die sticking.

9. Cobalt

Cobalt bukan elemen paduan yang biasa ditambahkan pada paduan aluminium. Co ditambahkan untuk beberapa paduan aluminium-silikon yang mengandung besi, dimana cobalt dapat mengubah acicular β (aluminum-iron- silicon) menjadi fasa aluminum-cobalt-iron yang lebih bulat yang nantinya akan meningkatkan kekuatan dan elongasi. Paduan aluminum-zinc-magnesium- tembaga mengandung 0,2-1,9% Co dihasilkan dengan powder metallurgy.

10. Titanium

Titanium yang merupakan unsur minor pada aluminium biasa digunakan sebagai elemen penghalus butir (grain refiner) jika dipadu dengan boron seperti AlB_2 atau $(Al,Ti)B_2$.

2.2 Aluminium 7075

Paduan ini digunakan pada industri pesawat terbang dengan paduan pokok Al-Zn ditambahkan Mg,Cu, dan Cr. Kekuatan tarik yang dapat dicapai lebih dari 504 MPa, sehingga paduan ini dinamakan juga ultra duralumin yang sering digunakan untuk struktur rangka pesawat. Berlawanan dengan kekuatan tariknya, sifat mampu las dan daya tahannya terhadap korosi kurang.

Tabel 2.2 Komposisi aluminium 7075⁵

Element	Weight %
Al	91,4
Zn	5,6-6,1
Mg	2,1-2,5
Cu	1,2-1,6
Si	0,4
Fe	0,5
Cr	0,18-0,28
Mn	0,3
Ti	0,2

Tabel 2.3 Sifat Fisik dan Mekanik Al seri AA 7075⁶

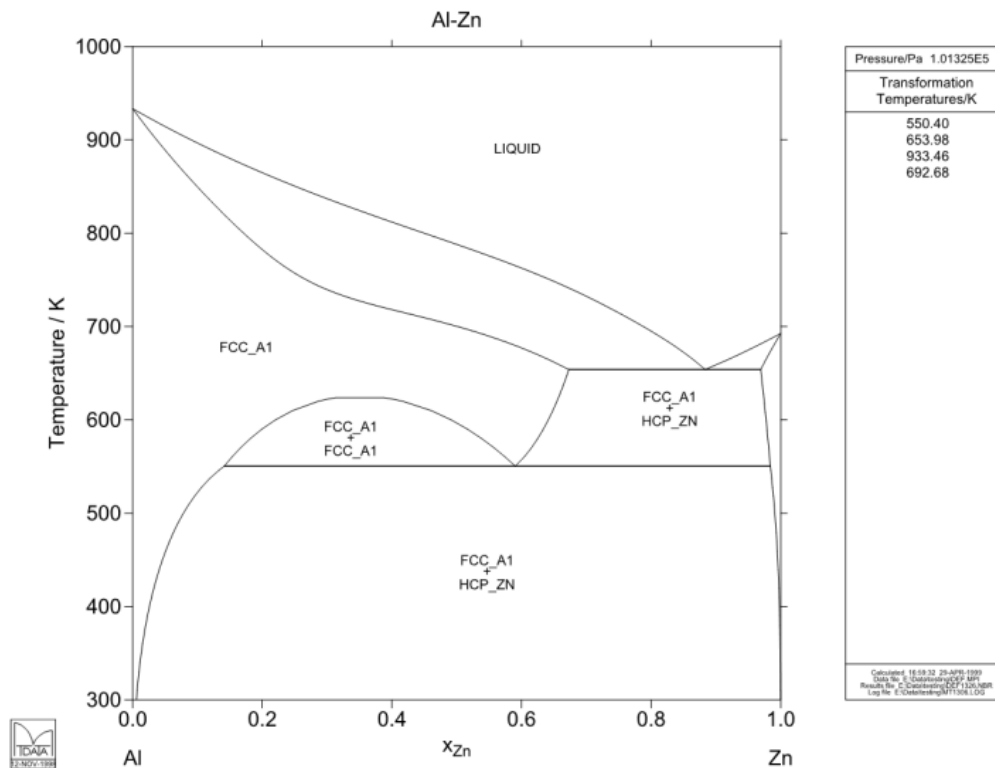
Kekerasan, Knoop	191	191	Dikonversi dari Brinell Hardness Nilai
Kekerasan, Rockwell A	53.5	53.5	Dikonversi dari Brinell Hardness Nilai
Kekerasan, Rockwell B	87	87	Dikonversi dari Brinell Hardness Nilai
Kekerasan, Vickers	175	175	Dikonversi dari Brinell Hardness Nilai

⁵ (asm.matwebs.com)

Kekuatan tarik Ultimate	<u>572 MPa</u>	83000 psi	AA; Khas
Tarik Yield Strength	<u>503 MPa</u>	73000 psi	AA; Khas
Perpanjangan Istirahat	<u>11%</u>	11%	AA; Khas; 1/16 inci (1,6 mm) Tebal
Perpanjangan Istirahat	<u>11%</u>	11%	AA; Khas; 1/2 inci (12,7 mm) Diameter
Rasio Poisson	0.33	0.33	
Kelelahan Kekuatan	<u>159 MPa</u>	23000 psi	AA; 500.000.000 siklus benar-benar terbalik stres; RR Moore mesin / spesimen
Fraktur	<u>20 MPa-m ½</u>	18,2 ksi-in ½	K (IC) di SL Arah
Fraktur	<u>25 MPa-m ½</u>	22,8 ksi-in ½	K (IC) di TL Arah
Fraktur	<u>29 MPa-m ½</u>	26,4 ksi-in ½	K (IC) di LT Arah
Machinability	<u>70%</u>	70%	0-100 Skala Aluminium Paduan
Shear Modulus	<u>26,9 GPa</u>	3900 ksi	
Kekuatan Geser	<u>331 MPa</u>	48000 psi	AA; Khas
Sifat Listrik			
Tahanan listrik	<u>5.15e-006 ohm-cm</u>	5.15e-006 ohm-cm	AA; Khas pada 68 ° F
Thermal Properties			
CTE, linear 68 ° F	<u>23,6 µm/m- ° C</u>	13.1 µin/in- ° F	AA; Khas; Rata-rata lebih dari 68-212 ° F jangkauan.
CTE, linear 250 ° C	<u>25,2 µm/m- ° C</u>	14 µin/in- ° F	Rata-rata selama rentang 20-300 ° C
Kapasitas Panas Spesifik	<u>0.96 J/g- ° C</u>	0.229 BTU/lb- ° F	
Konduktivitas termal	<u>130 W / mK</u>	900 BTU-in/hr-ft ² - ° F	AA; Khas pada 77 ° F
Melting Point	<u>477-635 ° C</u>	890 - 1175 ° F	AA; Kisaran khas berdasarkan komposisi khas untuk produk tempa 1/4 inci tebal atau lebih. Homogenisasi dapat meningkatkan suhu leleh eutektik 20-40 ° F tetapi biasanya tidak menghilangkan eutektik mencair.
Solidus	<u>477 ° C</u>	890 ° F	AA; Khas
Likuidus	<u>635 ° C</u>	1175 ° F	AA; Khas

Properti Pengolahan

Suhu Anil	413 ° C	775 ° F
Solusi Suhu	466-482 ° C	870-900 ° F
Penuaan Suhu	121 ° C	250 ° F



Gambar 2.1 Diagram Fasa Al-Zn

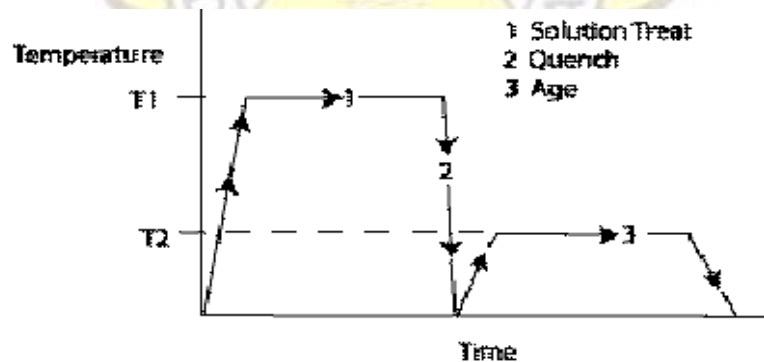
2.3 Proses Perlakuan Panas

Perlakuan panas merupakan suatu proses kombinasi antara pemanasan dan pendinginan terhadap logam dalam bentuk padat selama waktu tertentu, dengan tujuan mendapatkan sifat-sifat mekanik tertentu. Proses perlakuan panas ini bergantung pada pemakaiannya, dapat digunakan

untuk mengeraskan, melunakkan, menghilangkan tegangan sisa (residual stresses), meningkatkan keuletan, dan untuk meningkatkan mampu mesin.

Pemanasan pelarutan yaitu memanaskan paduan pada temperatur tinggi (diatas solvusline) dan diberikan waktu penahanan yang cukup, hingga mencapai batas kelarutannya atau mencapai fasa tunggal, dimana unsur unsur pemuad larut secara sempurna kedalam fasa tersebut, kemudian diikuti dengan pendinginan cepat quenching yaitu dengan mencelupkan ke dalam air atau media pendingin lainnya yang dilakukan pada temperatur rendah untuk memperoleh larutan padat jenuh.

Proses perlakuan panas yang digambarkan Kusuma dan Tjitro, seperti pada gambar 2.2 menunjukkan adanya tiga proses yang penting dilakukan pada perlakuan panas untuk memperbaiki sifat mekanik dan korosi paduan aluminium, yaitu (1) pemanasan pelarutan (*solution treat*), (2) pendinginan cepat (*quenching*) dan (3) penuaan (*ageing*).



Gambar 2.2 Diagram proses heat treatment sampel uji⁷

Menurut⁸, Quenching atau pendinginan cepat, bertujuan mempertahankan larutan padatyang telah terbentuk, dapat pula dikatakan bahwa proses ini berguna untuk menahan atomatom yang larut

⁷ (Kusuma dan Tjitro, 2008)

⁸ (WilliamF. Smith, 1990)

dalam atom pelarut. Jadi ketika paduan didinginkan dari temperatur pelarutan dalam keadaan cepat. Proses pembentukan presipitat dalam aluminium terjadi dengan cepat pada temperatur 260 – 400 pendinginan cepat akan menciptakan tegangan sisa dan distorsi tetapi ini juga menjadi suatu pertimbangan tersendiri pada setiap proses desain paduan. Pendinginan cepat juga memperbaiki ketahanan terhadap korosi (Schulz, 2000). Perlakuan penuaan (aging) yaitu perlakuan panas dengan menahannya pada suatu temperatur tertentu (temperatur kamar atau temperatur di bawah solvus line/ batas pelarut) untuk jangka waktu tertentu. Penuaan dapat dibagi menjadi dua yaitu; (1) Penuaan yang dilakukan dengan membiarkan larutan padat jenuh itu pada temperatur kamar selama beberapa waktu, dinamakan naturalpenuaan yang terjadi secara alamiah. (2) Penuaan dengan memanaskan kembali larutan padat jenuh itu ke suatu temperatur di bawah garis solvus dan dibiarkan pada temperatur tersebut selama beberapa saat, dinamakan *artificial ageing* (*ageing buatan / ageing treatment*).

Menurut⁹, aging terjadi proses presipitasi dari atom solution melalui nukleasi dan pertumbuhan butir dari atom solute menjadi nuclei presipitat beberapa material, proses aging mencapai kekuatan dan kekerasan maksimum dapat terjadi dalam kurun waktu yang. ¹⁰Pada temperatur terlalu tinggi atau terlalu panjang maka partikel halus yang terdispersi dalam jumlah banyak secara beransur-ansur akan menjadi kasar kembali dengan jumlah yang lebih sedikit dan jarak antara partikel lebih besar, sehingga penguatannya akan menurun, proses tersebut lazim dinamakan over aged.

2.3.1 Proses Artificial Aging

⁹ (Kusuma & Citro, 2008)

¹⁰ DeGarmo dkk (1987)

Sampel akan dipanaskan selama 4 jam dengan variasi temperatur 530 °C kemudian dicelupkan kedalam air dengan temperatur suhu kamar. Proses pemanasan selanjutnya yaitu semua sampel yang telah dicelup di dalam air dipanaskan kembali dengan variasi temperatur 150°C 180°C dan 200°C kemudian didinginkan di udara bebas.

2.5 Pengujian Tarik

Pengujian tarik merupakan pengujian yang sering digunakan untuk menentukan sifat-sifat mekanis dari suatu material seperti tegangan maksimal, tegangan luluh dan tegangan. Umumnya benda uji yang digunakan adalah padat dan silindris, beberapa ada yang berbentuk lembaran plat maupun berbentuk seperti pipa dalam berbagai ukuran.¹¹ Specimen kemudian dicekam diantara kedua penjepit pada mesin uji tarik dimana mesin ini dilengkapi dengan berbagai control sehingga specimen dapat diuji pada laju peregangan dan temperatur yang berbeda. Beban yang bekerja pada specimen serta perubahan panjang yang terjadi akibat beban itu semua dicatat pada suatu diagram. Dimana diagram tersebut dinamakan diagram tegangan regangan.

Dengan menggunakan diagram kita bisa meneliti apa yang terjadi apabila batang uji tersebut diregangkan secara berangsur-angsur dari uji tarik suatu material. Dimana sumbu horizontal adalah sumbu perpanjangan batang akibat gaya yang meregangkan yang dinyatakan dalam (N/mm^2) dan sumbu yang garisnya vertical adalah sumbu gaya peregangannya yang dinyatakan dalam persen (%). Dari keterangan ini dapat ditulis persamaan yang berlaku. Besarnya harga kekuatan tarik atau tegangan maksimum adalah Besarnya harga tegangan adalah:

¹¹ (Gunduz, 2008)

$$\sigma = \frac{P}{A_0} \quad (2.1)$$

Dimana:

σ = Kekuatan Tarik Maksimum (N/mm²)

P = Beban atau Gaya (N)

A₀ = Luas Penampang Batang Mula-mula (mm²)

Besarnya harga regangan adalah:

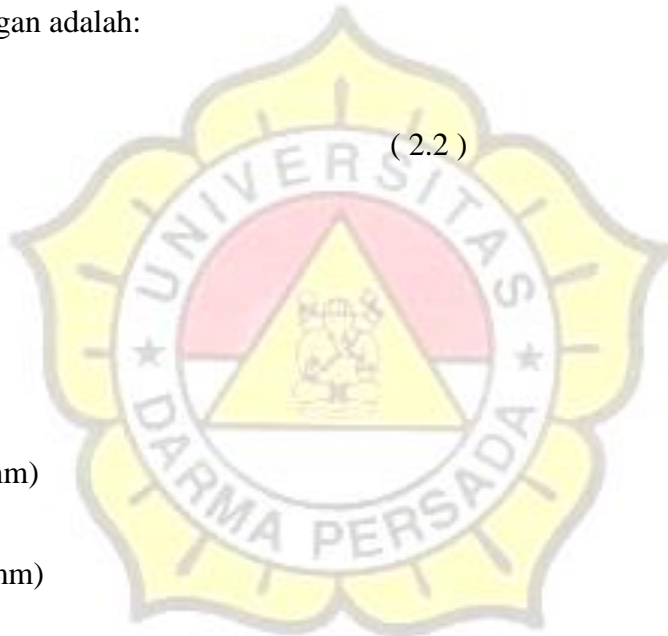
$$\varepsilon = \frac{l_1 - l_0}{l_0} \times 100\% \quad (2.2)$$

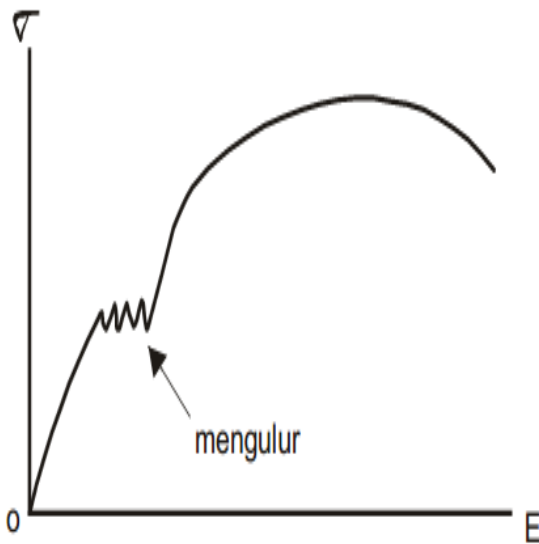
Dimana:

ε = Regangan (%)

L₀ = Panjang Awal (mm)

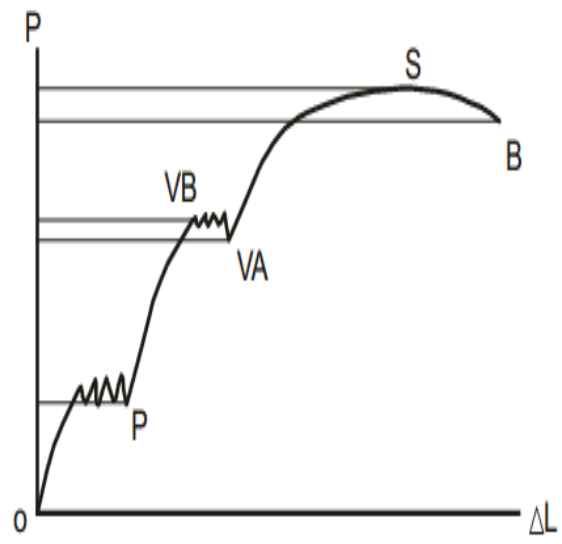
L₁ = Panjang Akhir (mm)





Gambar 2.3

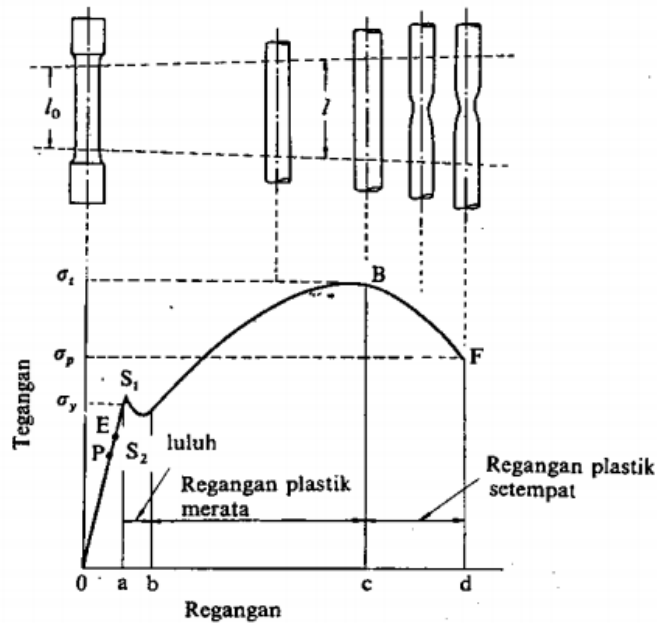
Diagram Tegangan-Regangan



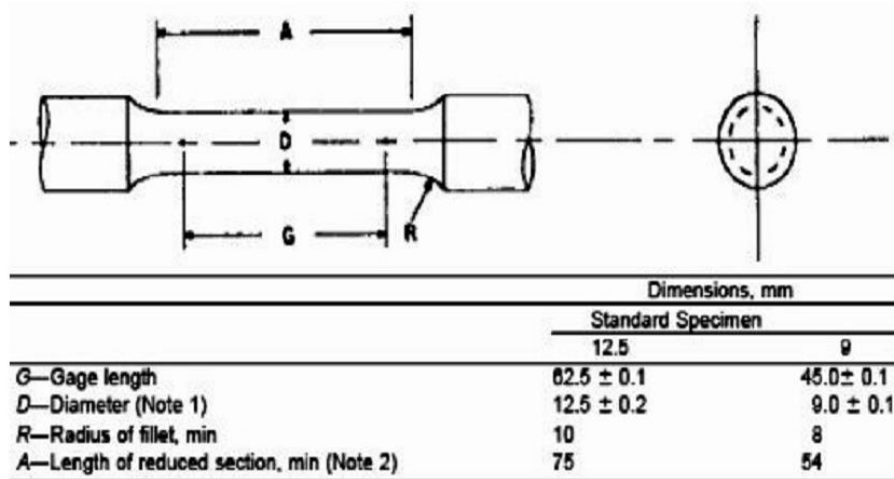
Gambar 2.4

Diagram perpanjangan terhadap beban

Pada awalnya dari titik 0 sampai dititik P berupa panjang yang elastic, dimana perpanjangan berbanding lurus dengan beban. Pada pembebanan tertentu dititik P garis mulai melengkung dan masih terjadi deformasi elastic. Apabila beban dinaikan lagi sampai titik VB maka akan terjadi deformasi plastis dan permanen yang cukup kuat, gejala ini disebut mulur atau mengulur. Karena terjadi proses mengulur maka beban akan turun sampai titik VA setelah melampaui fasa penguluran, benda akan bertambah sampai harga maksimum dititik S disertai deformasi yang permanen. Dari grafik dapat dihasilkan atau menunjukkan adanya deformasi elastic dan deformasi permanen.



Gambar 2.5 Kurva tegangan-regangan



Gambar 2.6 Sampel standar uji tarik E8 ASTM volume 3¹²

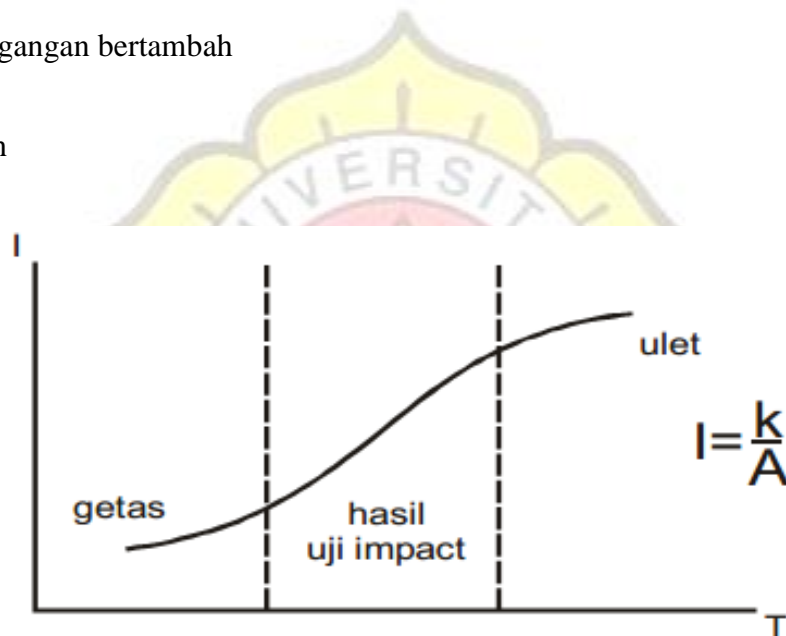
2.6 Pengujian Impak

Pengujian impak adalah suatu pengujian yang digunakan untuk menentukan sifat-sifat suatu material yang mendapatkan beban dinamis, sehingga dari pengujian ini dapat diketahui

¹² (Wirjosumarto, 2000)

sifat ketangguhan suatu material baik dalam wujud liat maupun ulet serta getas. Dengan catatan bahwa apabila nilai atau harga impact semakin tinggi maka material tersebut memiliki keuletan yang tinggi. Dimana material uji dikatakan ulet jika patahan yang terjadi pada bidang patah tidak rata dan tampak berserat-serat. Tetapi apabila material getas, hasil dari patahan tampak tara dan mengkilap. Pada kondisi material ulet dapat mengalami patah getas dengan deformasi plastis yang sangat kecil, fenomena ini terjadi jika:

1. Temperatur rendah
2. Laju tegangan bertambah
3. Tarikan



Gambar 2.7 nilai impact dipengaruhi temperatur

Karena temperature dapat mempengaruhi material uji maka dalam melakukan pengujian, sebaiknya dilakukan pada suhu antara 20 °smpai 22°Alat yang digunakan adalah charpy test. Ada dua jenis batang uji standar yang digunakan, yaitu tarikan berbentuk V dan U. Dalam pengujian ini menggunakan tarikan berbentuk V. Bentuk material yang digunakantarik berbentuk V karena dapat melokalisir energy patahan.

Harga impact dapat dicari dengan persamaan:

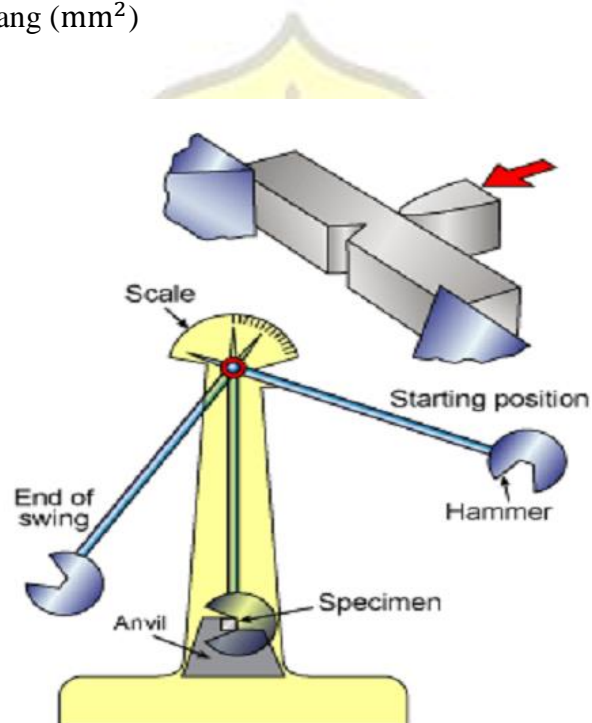
$$I = \frac{k}{A} \quad (2.3)$$

Dimana:

I= Nilai Impact (Joule/ mm²)

k = Energi Impact yang terserap (Joule)

A = Luas Penampang (mm²)



Gambar 2.8 Alat uji impact charpy

Pada spesimen yang telah dilakukan pengujian impact, akan dapat diketahui jenis patahan yang dihasilkan. Adapun jenis-jenis patahan tersebut antara lain:

1. Patahan Getas

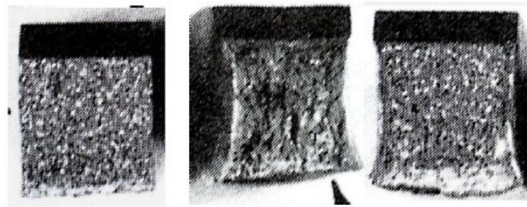
Ciri-ciri patahan getas adalah memiliki permukaan rata dan mengkilap, apabila potongan ini disambung kembali maka kedua potongan ini akan menyambung dengan baik dan rapat. Hal ini disebabkan pada saat proses patahnya, spesimen tidak mengalami deformasi. Bahan yang memiliki jenis patahan ini mempunyai kekuatan impak yang rendah.

2. Patahan Liat

Ciri-ciri permukaan patahan jenis ini tidak rata dan tampak seperti beludru, buram dan berserat. Jika potongan disambungkan kembali maka sambungan tidak akan rapat. Bahan yang memiliki jenis patahan ini mempunyai kekuatan impak yang tinggi, karena sebelum patah bahan mengalami deformasi terlebih dahulu.

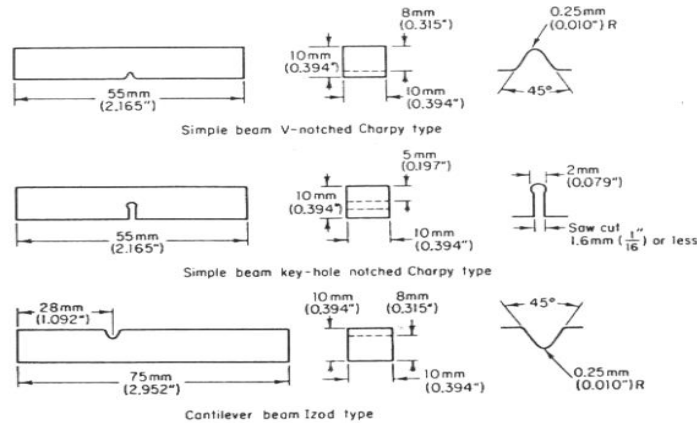
3. Patahan Campuran

Ciri-cirinya patahan jenis ini adalah permukaan patahan sebagian terdiri dari patahan getas dan sebagian yang lain adalah patahan liat.



Gambar 2.9 : Sifat-sifat Patahan (a) Patahan getas, (b) Patahan liat, dan(c) Patahan campuran

Bentuk dan dimensi dari uji impak Charpy dengan ukuran yang telah ditentukan berdasarkan ASTM E23-02a. Dapat dilihat bentuk dan dimensinya pada gambar di bawah ini :



Gambar 2.10 : Bentuk Dan Dimensi Uji Impak Berdasarkan ASTM E23-02a

2.7 Pengujian kekerasan

Pengujian kekerasan merupakan suatu pengujian yang digunakan untuk mengetahui harga kekerasan dari suatu material, dimana kekerasan dapat didefinisikan sebagai ketahanan suatu material terhadap deformasi permanen oleh penekanan. Kekerasan dapat diukur dengan cara pengujian, dimana dalam praktikum ini pengujian kekerasan dilakukan dengan menggunakan alat kekerasan Uji kekerasan ini berupa pembentukan lekukan pada permukaan logam memakai bola baja yang dikeraskan yang ditekan dengan beban tertentu. Beban diterapkan selama waktu tertentu, biasanya 30 detik, dan diameter lekukan diukur dengan mikroskop, setelah beban tersebut dihilangkan. Permukaan yang akan dibuat lekukan harus relatif halus, rata dan bersih dari debu atau kerak. Angka kekerasan brinell (BHN) dinyatakan sebagai beban P dibagi luas permukaan lekukan. Pada prakteknya, luas ini dihitung dari pengukuran mikroskopik panjang diameter jejak. BHN dapat ditentukan dari persamaan berikut:

$$\text{BHN} = \frac{P}{(\pi D / 2)(D - \sqrt{D^2 - d^2})} = \frac{2P}{(\pi D)(D - \sqrt{D^2 - d^2})} \quad (2.4)$$

dengan:

P = beban yang digunakan (kg)

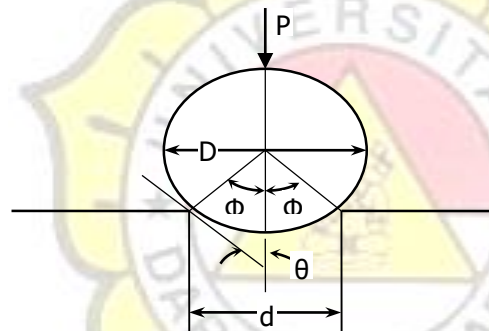
D = diameter bola baja (mm)

d = diameter lekukan (mm)

Dari gambar 1, tampak bahwa $d=D\sin\Phi$. Dengan memasukkan harga ini ke dalam persamaan

(1) akan dihasilkan bentuk persamaan kekerasan brinell yang lain, yaitu:

$$BHN = \frac{P}{(\pi/2)D^2 (1 \cos \theta)} \quad (2.5)$$



Gambar 2.11 Parameter-parameter dasar pada pengujian Brinell

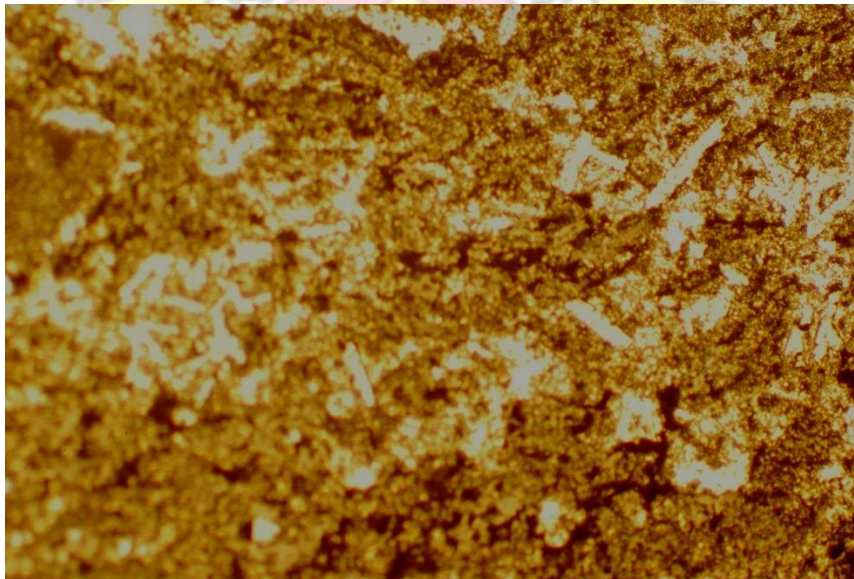
Jejak penekanan yang relatif besar pada uji kekerasan brinell memberikan keuntungan dalam membagikan secara pukuk rata ketidak seragaman lokal. Selain itu, uji brinell tidak begitu dipengaruhi oleh goresan dan kekasaran permukaan dibandingkan uji kekerasan yang lain. Sebaliknya, jejak penekanan yang besar ukurannya, dapat menghalangi pemakaian uji ini untuk benda uji yang kecil atau tipis, atau pada bagian yang kritis terhadap tegangan sehingga lekukan yang terjadi dapat menyebabkan kegagalan (*failure*).¹³

2.8 Struktur Mikro

¹³ (Dieter, 1987)

Struktur mikro adalah struktur terkecil yang terdapat dalam suatu bahan yang keberadaannya tidak dapat di lihat dengan mata telanjang, tetapi harus menggunakan alat pengamat struktur mikro diantaranya; mikroskop cahaya, mikroskop *electron*, mikroskop *field ion*, mikroskop *field emission* dan mikroskop sinar X.

Struktur mikro logam merupakan penggabungan dari satu atau lebih struktur kristal. Pada umumnya logam terdiri dari banyak kristal (majemuk), walaupun ada diantaranya hanya terdiri dari satu kristal saja (tunggal). Tetapi logam dengan kristal majemuk memungkinkan pengembangan berbagai sifat-sifat yang dapat memperluas ruang lingkup pemakaiannya. Dalam logam, kristal sering disebut sebagai butiran. Batas pemisah antara dua kristal pemisah antara dua kristal disebut batas butir (*Grain Boundary*).



Gambar 2.12 struktur mikro aluminium seri AA 7075

2.9 Perhitungan Butiran Kristal

Untuk menghitung jumlah butir Kristal pada struktur mikro penelitian dilakukan dengan menggunakan metode *Intercept (Heyne)* ukuran butir dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$LK = \frac{n \times L \times 10^3}{V \times P_K} \quad (2.6)$$

$V \times P_K$

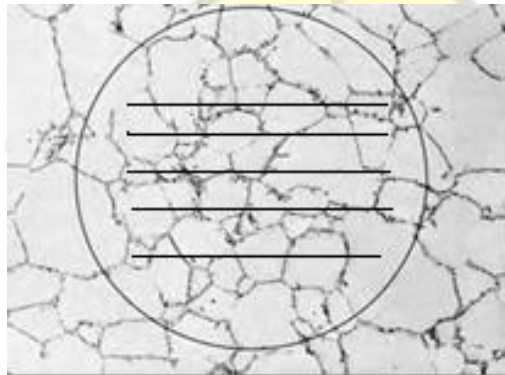
Dimana: LK = Ukuran Butir

n = Jumlah Garis

L = Panjang, 80 mm

V = Perbesaran 500x

P_K = Jumlah Perpotongan



Gambar 2.13 Skema Perhitungan Jumlah Butir¹⁴

¹⁴ (Vlack V, 1991)

