



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian Aluminium

Aluminium diambil 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 1787, Lavoisier menduga bahwa unsur ini adalah Oksida logam yang belum ditemukan. Pada tahun 1761, de Morveau mengajukan nama alumine untuk basa alum. Pada Tahun 1827, Wohler disebut sebagai ilmuwan yang berhasil mengisolasi logam ini. Pada 1807, Davy memberikan proposal untuk menamakan logam ini Aluminum, walau pada akhirnya setuju untuk menggantinya dengan Aluminium. Nama yang terakhir ini sama dengan nama banyak unsur lainnya yang berakhir dengan "ium".

Aluminium ditemukan pada tahun 1825 oleh Hans Christian Oersted. Baru diakui secara pasti oleh F. Wohler pada tahun 1827. Sumber unsur ini tidak terdapat bebas, bijih utamanya adalah bauksit. Penggunaan Aluminium antara lain untuk pembuatan kabel, kerangka kapal terbang, mobil dan berbagai produk peralatan rumah tangga. Senyawanya dapat digunakan sebagai obat, penjernih air, fotografi serta sebagai ramuan cat, bahan pewarna, ampelas dan permata sintesis. 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 tarik Aluminium murni adalah 90 MPa, sedangkan aluminium paduan memiliki kekuatan tarik berkisar hingga 600 MPa. Aluminium memiliki berat sekitar satu pertiga baja, mudah diteuk, diperlakukan dengan mesin, dicor, ditarik (drawing), dan diekstrusi.

Resistensi terhadap korosi terjadi akibat fenomena pasivasi, yaitu terbentuknya.

Lapisan Aluminium Oksida ketika Aluminium terpapar dengan udara bebas. Lapisan Aluminium Oksida ini mencegah terjadinya oksidasi lebih jauh. Dalam keadaan murni aluminium terlalu lunak, terutama kekuatannya sangat rendah untuk dapat dipergunakan pada berbagai keperluan teknik. Dengan pemaduan



ini dapat diperbaiki Jenis dan pengaruh unsur-unsur paduan terhadap perbaikansifat aluminium antara lain:

1. Silikon (Si)

Dengan atau tanpa paduan lainnya silikon mempunyai ketahanan terhadap korosi. Bila bersama aluminium ia akan mempunyai kekuatan yang tinggi setelah perlakuan panas, tetapi silikon mempunyai kualitas pengerjaan mesin yang jelek, selain itu juga mempunyai ketahanan koefisien panas yang rendah.

2. Tembaga (Cu)

Dengan unsur tembaga pada aluminium akan meningkatkan kekerasannya dan kekuatannya karena tembaga bisa memperhalus struktur butir dan akan mempunyai kualitas pengerjaan mesin yang baik, mampu tempa, keuletan yang baik dan mudah dibentuk.

3. Magnesium (Mg)

Dengan unsur magnesium pada aluminium akan mempunyai ketahanan korosi yang baik dan kualitas pengerjaan mesin yang baik, mampu las serta kekuatannya cukup.

4. Nikel (Ni)

Dengan unsur nikel aluminium dapat bekerja pada temperature tinggi, misalnya piston dan silinder head untuk motor.

5 Mangan (Mn)

Dengan unsur mangan aluminium sangat mudah dibentuk, tahan korosi baik, sifat dan mampu lasnya baik.

6. Seng (Zn)

Umumnya seng ditambahkan bersama-sama dengan unsur tembaga dalam prosentase kecil. Dengan penambahan ini akan meningkatkan sifat-sifat mekanik pada perlakuan panas, juga kemampuan mesin.

7. Ferro (Fe)

Penambahan ferro dimaksud untuk mengurangi penyusutan, tapi penambahan ferro (Fe) yang besar akan menyebabkan struktur perubahan butir yang kasar namun hal ini dapat diperbaiki dengan Mg atau Cr.

8. Titanium (Ti)

Penambahan titanium pada aluminium dimaksud untuk mendapat struktur butir yang halus. Biasanya penambahan



bersama-sama dengan Cr dalam prosentase 0,1%, titanium juga dapat meningkatkan mampu mesin.

2.1.1 Klasifikasi penggolongan Aluminium

1. Aluminium Murni

Aluminium 99% tanpa tambahan logam paduan apapun dan dicetak dalam keadaan biasa, hanya memiliki kekuatan tensil sebesar 90 MPa, terlalu lunak untuk penggunaan yang luas sehingga seringkali aluminium dipadukan dengan logam lain.

2. Aluminium Paduan

Elemen paduan yang umum digunakan pada aluminium adalah silikon, magnesium, tembaga, seng, mangan, dan juga lithium sebelum tahun 1970. Secara umum, penambahan logam paduan hingga konsentrasi tertentu meningkatkan kekuatan tensil dan kekerasan, serta menurunkan titik lebur. Jika melebihi konsentrasi tersebut, umumnya titik lebur akan naik disertai meningkatnya kerapuhan akibat terbentuknya senyawa, kristal, atau granula dalam logam. Namun, kekuatan bahan paduan aluminium tidak hanya bergantung pada konsentrasi logam paduannya saja, tetapi juga bagaimana proses perlakuannya hingga aluminium siap digunakan, apakah dengan penempaan, perlakuan panas, penyimpanan, dan sebagainya. Kelemahan aluminium paduan adalah pada ketahanannya terhadap lelah (fatigue). Aluminium paduan tidak memiliki batas lelah yang dapat diperkirakan seperti baja, yang berarti failure akibat fatiguedapat muncul dengan tiba-tiba bahkan pada beban siklik yang kecil

2.1.2. Sifat Mekanik aluminium

Adapun sifat-sifat mekanik dari aluminium adalah sebagai berikut:

1. Kekuatan tarik

Kekuatan tarik adalah besar tegangan yang didapatkan ketika dilakukan pengujian tarik. Kekuatan tarik ditunjukkan oleh nilai tertinggi dari tegangan pada kurva tegangan-regangan hasil pengujian, dan biasanya



terjadi ketika terjadinya necking. Kekuatan tarik bukanlah ukuran kekuatan yang sebenarnya dapat terjadi di lapangan, namun dapat dijadikan sebagai suatu acuan terhadap kekuatan bahan. Kekuatan tarik pada aluminium murni pada berbagai perlakuan umumnya sangat rendah, yaitu sekitar 90 MPa, sehingga untuk penggunaan yang memerlukan kekuatan tarik yang tinggi, aluminium perlu dipadukan. Dengan dipadukan dengan logam lain, ditambah dengan berbagai perlakuan termal, aluminium paduan akan memiliki kekuatan tarik hingga 600 Mpa (paduan 7075).

2. Kekerasan

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 tarik, *ductility*, dan sebagainya. Kekerasan dapat diuji dan diukur dengan berbagai metode. Yang paling umum adalah metode Brinell, Vickers, Mohs, dan Rockwell. Kekerasan bahan aluminium murni sangatlah kecil, yaitu sekitar 20 skala Brinell, sehingga dengan sedikit gaya saja dapat mengubah bentuk logam. Untuk kebutuhan aplikasi yang membutuhkan kekerasan, aluminium perlu dipadukan dengan logam lain dan/atau diberi perlakuan termal atau fisik. Aluminium dengan 4,4% Cu dan diperlakukan *quenching*, lalu disimpan pada temperatur tinggi dapat memiliki tingkat kekerasan Brinell sebesar 160.

3. *Ductility* (kelenturan)

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*. Sedangkan dalam hasil pengujian tarik, *ductility* diukur

dengan skala yang disebut elongasi. Elongasi adalah seberapa besar pertambahan panjang suatu bahan ketika dilakukan uji kekuatan tarik. Elongasi ditulis dalam persentase pertambahan panjang per panjang awal bahan yang diujikan.

4. *Recyclability* (daya untuk didaur ulang)

Aluminium adalah 100% bahan yang dapat didaur ulang tanpa penurunan dari kualitas awalnya, peleburannya memerlukan sedikit energi, hanya sekitar 5% dari energi yang diperlukan untuk memproduksi logam utama yang pada awalnya diperlukan dalam proses daur ulang.

5. *Reflectivity* (daya pemantulan)

Aluminium adalah reflektor yang baik dari cahaya serta panas, dan dengan bobot yang ringan, membuatnya ideal untuk bahan reflektor misalnya atap.

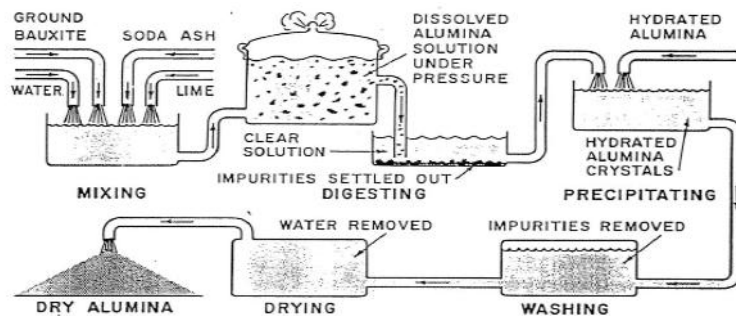
2.1.3 Proses Pembuatan Aluminium

Ada beberapa proses yang dapat dilakukan untuk membuat aluminium murni dan aluminium paduan, yaitu :

1. Proses Penambangan Aluminium

Aluminium ditambang dari biji bauksit yang banyak terdapat di permukaan bumi. Bauksit yang ditambang untuk keperluan industry mempunyai kadar aluminium 40-60%. Setelah ditambang biji bauksit digiling dan dihancurkan secara halus dan merata. Kemudian dilakukan proses pemanasan untuk mengurangi kadar air yang ada. Selanjutnya bauksit mengalami proses pemurnian.

2. Proses Pemurnian Aluminium



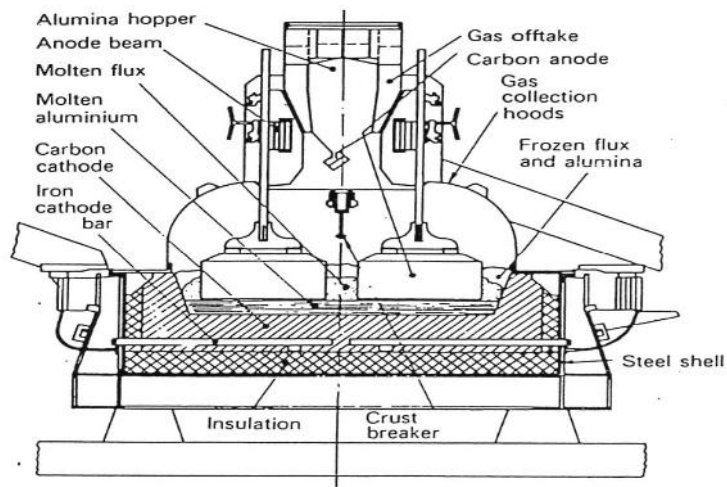
Gambar 2.1 Proses Pemurnian Aluminium

Proses pemurnian bauksit dilakukan dengan metode bayer dan hasil akhir adalah alumina. Pertama-tama bauksit dicampur dengan larutan kimia seperti kaustik soda. Campuran tersebut kemudian dipompa ke tabung tekan dan kemudian dilakukan pemanasan. Proses selanjutnya dilakukan penyaringan dan diikuti dengan proses penyemaian untuk membentuk endapan alumina basah (hydrated alumina). Alumina basah kemudian dicuci dan diteruskan dengan proses pengeringan dengan cara memanaskan sampai suhu 1200°C . Hasil akhir adalah partikel-partikel alumina dengan rumus kimianya adalah Al_2O_3 .

3. Proses Pengecoran Alumunium

Alumina yang dihasilkan dari proses pemurnian masih mengandung oksigen sehingga harus dilakukan proses selanjutnya yaitu peleburan. Peleburan alumina dilakukan dengan proses reduksi elektrolitik. Proses peleburan ini memakai metode Hall-Heroult. Alumina dilarutkan dalam larutan kimia yang disebut kriolit pada sebuah tungku yang disebut pot.

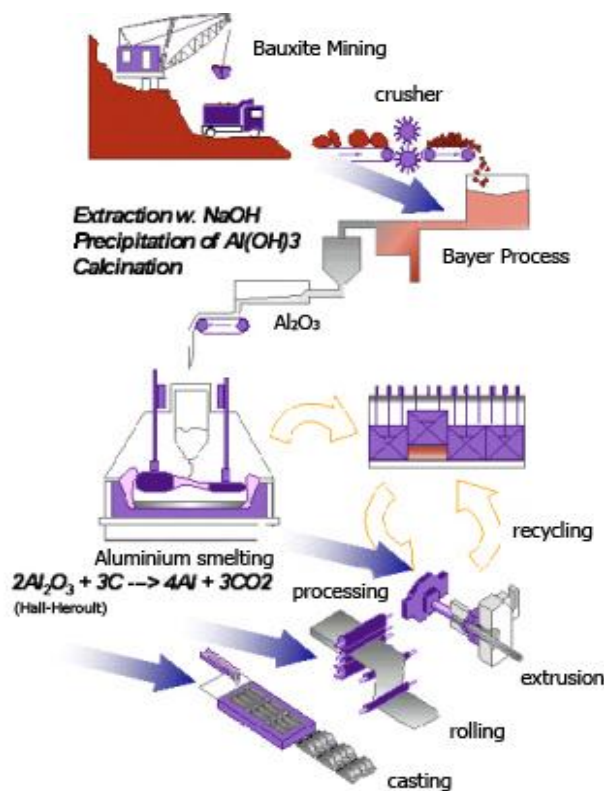
Pot ini mempunyai dinding yang dibuat dari karbon. Bagian luar pot terbuat dari baja. Aliran listrik diberikan melalui anoda dan katoda. Proses reduksi memerlukan karbon yang diambil dari anoda. Pada proses ini dibutuhkan arus listrik searah sebesar 50-150 kiloampere.



Gambar 2.2 Proses Pengecoran Alumunium

Arus listrik akan mengelektrolisa alumina menjadi aluminium dan oksigen bereaksi membentuk senyawa CO_2 . Aluminium cair dari hasil elektrolisa akan turun ke dasar pot dan selanjutnya dialirkan dengan prinsip siphon ke krusibel yang kemudian diangkat menuju tungku-tungku pengatur (holding furnace).

Kebutuhan listrik yang dihabiskan untuk menghasilkan 1kg aluminium berkisar sekitar 12-15 kWh. Satu kilogram aluminium dihasilkan dari 2kg alumina dan $\frac{1}{2}$ kg karbon. Reaksi pemurnian alumina menjadi aluminium adalah sebagai berikut: $2\text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{C} \rightarrow 4\text{Al} + 3\text{CO}_2$



2.1.4 Klasifikasi Aluminium (Pengaruh Sifat Aluminium dengan Berbagai Paduan)

1. Aluminium Murni

Aluminium didapat dalam keadaan cair melalui proses elektrolisa, yang umumnya mencapai kemurnian 99,85% berat. Namun, bila dilakukan proses elektrolisa lebih lanjut, maka akan didapatkan aluminium dengan kemurnian 99,99%

yaitu dicapai bahan dengan angka sembilannya empat. Ketahanan korosi berubah menurut kemurnian, pada umumnya untuk kemurnian 99,0% atau di atasnya dapat dipergunakan di udara tahan dalam waktu bertahun-tahun. Hantaran listrik Al, kira-kira 65% dari hantaran listrik tembaga, tetapi massa jenisnya kurang lebih sepertiga dari tembaga sehingga memungkinkan untuk memperluas penampangnya. Oleh karena itu, dapat dipergunakan untuk kabel dan dalam berbagai bentuk. Misalnya sebagai lembaran tipis (foil). Dalam hal ini dapat dipergunakan Al dengan kemurnian 99,0%. Untuk reflector yang memerlukan reflektifitas yang tinggi juga untuk kodensorelektrolitik dipergunakan Al dengan angka Sembilan empat.

Table 2.1 Komposisi Aluminium seri 1xxx

Designation	Si, %	Fe, %	Cu, %	Mn, %	Mg, %	Zn, %	Ti, %	Others, %	Al, % min
1050	0,25	0,4	0,05	0,05	0,05	0,05	0,03	0,03	99,5
1060	0,25	0,35	0,05	0,03	0,03	0,05	0,03	0,03	99,6
1100	0.95 Si + Fe		0.05-0.2	0,05	-	0,1	-	0,15	99
1145	0.55 Si + Fe		0,05	0,05	0,05	0,05	0,03	0,03	99,45
1200	1.00 Si + Fe		0,05	0,05	-	0,1	0,05	0,15	99
1230	0.70 Si + Fe		0,1	0,05	0,05	0,1	0,03	0,03	99,3
1350	0,1	0,4	0,05	0,01	-	0,05	-	0,11	99,5

Sifat Teknis Aluminium

a. Sifat Mekanis

Kekuatan

Kekuatan dan kekerasan aluminium tidak begitu tinggi. Namun, dengan adanya paduan dan heat treatment dapat meningkatkan kekuatan dan kekerasannya. Kebanyakan material aluminium ditingkatkan kekuatannya dengan suatu mekanisme penguatan bahan logam yang disebut *precipitation hardening*. Dalam *precipitation hardening* harus ada dua fasa, yaitu fasa yang jumlahnya lebih banyak disebut matriks dan fasa yang jumlahnya lebih sedikit disebut *precipitate*. Mekanisme penguatan ini meliputi tiga tahapan, yaitu solid solution treatment: memanaskan hingga di atas garis solvus untuk mendapatkan fasa larutan padat yang homogen, *quenching*: didinginkan dengan cepat untuk mempertahankan struktur mikro fasa padat homogeny agar tidak terjadi difusi,



dan aging: dipanaskan dengan temperatur tidak terlalu tinggi agar terjadi difusi fasa alpha pada jarak membentuk precipitate. Selain itu, ada beberapa cara pengujian kekerasan yang berstandar yang digunakan untuk menguji kekerasan logam yaitu antara lain pengujian Brinell, Rockwell, Vickers, Shore, dan Meyer.

Modulus Elastisitas

Aluminium memiliki modulus elastisitas yang lebih rendah bila dibandingkan dengan baja maupun besi, tetapi dari sisi strength to weight ratio, aluminium lebih baik. Aluminium yang elastis memiliki titik lebur yang lebih rendah dan kepadatan. Dalam kondisi yang dicairkan dapat diproses dalam berbagai cara. Hal ini yang memungkinkan produk-produk dari aluminium yang akan dibentuk pada dasarnya dekat dengan akhir dari desain produk.

Keuletan (ductility)

Semakin tinggi tingkat kemurnian aluminium maka akan semakin tinggi tingkat keuletannya. Fatigue (Kelelahan). Bahan aluminium tidak menunjukkan batas kepenatan, karena aluminium akan gagal jika ditekan.

Recyclability (daya untuk didaur ulang)

Aluminium adalah 100% bahan yang didaur ulang tanpa downgrading dari kualitas. Yang kembali dari aluminium, peleburannya memerlukan sedikit energy, hanya sekitar 5% dari energy yang diperlukan untuk memproduksi logam utama yang pada awalnya diperlukan dalam proses daur ulang.

Reflectivity (daya pemantulan)

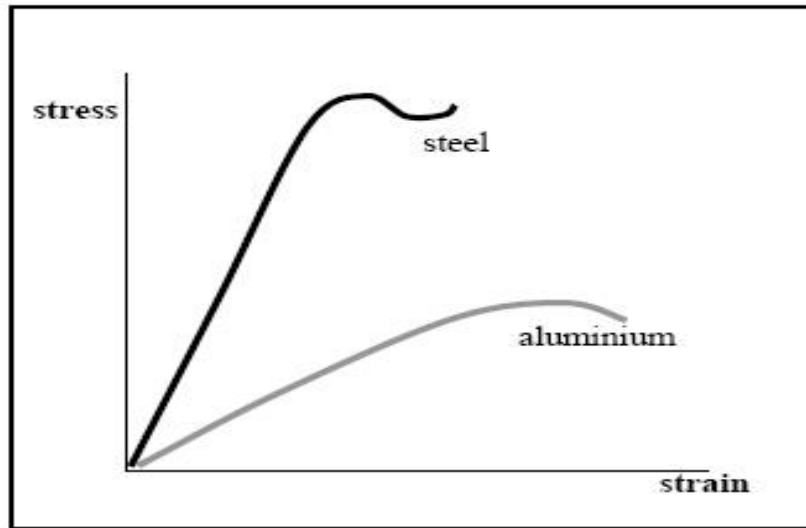
Aluminium adalah reflektor yang terlihat cahaya serta panas, dan yang bersama-sama dengan berat rendah, membuatnya ideal untuk bahan reflektor misalnya perabotan ringan.



Tabel 2.2. Reflectivity (daya pemantulan)

Sifat-sifat	Kemurnian Al (%)			
	99,996		>99,0	
	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

Tensile strength	Antara 230 sampai 570 Mpa
Modulus young	Antara 69 sampai 79 GPa
Yield strength	Antara 215 sampai 505MPa
Ultimate strength	455 mPa
Regangan	10-25%
Shear strength	30 mPa



Gambar 2.3 Perbandingan uji tarik baja dan alumunium

b. Sifat Fisik

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 koefisien temperatur(°C)	64,94	59 (dianil)
Koefisien pemuaian (20-100°C)	$23,86 \times 10^{-6}$	$23,5 \times 10^{-6}$
Jenis kristal, konstanta kisi	<i>fcc</i> , $a=4,013 \text{ kX}$	<i>fcc</i> , $a=4,04 \text{ kX}$

Tabel 2.3 Sifat Fisik



2.1.5 Pengertian Media Yang Digunakan Untuk Pendinginan

Didalam dunia industri banyak cara yang dilakukan untuk proses pendinginan Salah satunya dengan HEAT TREATMENT. Apa itu heat treatment disini saya akan menjelaskan pengertian heat treatment dan media yang saya gunakan

Pengertian Heat Treatment

Heat Treatment (perlakuan panas) adalah salah satu proses untuk mengubah struktur logam dengan jalan memanaskan specimen pada elektrik terance (tungku) pada temperature rekristalisasi selama periode waktu tertentu kemudian didinginkan pada media pendingin seperti udara, air, air garam, oli dan solar yang masing-masing mempunyai kerapatan pendinginan yang berbeda-beda. Sifat-sifat logam yang terutama sifat mekanik yang sangat dipengaruhi oleh struktur mikrologam disamping posisi kimianya, contohnya suatu logam atau paduan akan mempunyai sifat mekanis yang berbeda-beda struktur mikronya diubah. Dengan adanya pemanasan atau pendinginan dengan kecepatan tertentu maka bahan-bahan logam dan paduan memperlihatkan perubahan strukturnya. Perlakuan panas adalah proses kombinasi antara proses pemanasan atau pendinginan dari suatu logam atau paduannya dalam keadaan padat untuk mendaratkan sifat-sifat tertentu. Untuk mendapatkan hal ini maka kecepatan pendinginan dan batas temperature sangat menentukan.

Quenching

Proses quenching atau pengerasan baja adalah suatu proses pemanasan logam sehingga mencapai batas austenit yang homogen. Untuk mendapatkan kehomogenan ini maka austenit perlu waktu pemanasan yang cukup. Selanjutnya secara cepat baja tersebut dicelupkan ke dalam media pendingin, tergantung pada kecepatan pendingin yang kita inginkan untuk mencapai kekerasan baja.

Pada waktu pendinginan yang cepat pada fase austenit tidak sempat berubah menjadi ferit atau perlit karena tidak ada kesempatan bagi atom-atom karbon yang telah larut dalam austenit untuk mengadakan pergerakan difusi dan bentuk sementit oleh karena itu terjadi fase mertensit, ini berupa fase yang sangat keras dan bergantung pada keadaan karbon. Martensit adalah fasa metastabil terbentuk dengan laju pendinginan cepat, semua unsur paduan masih larut dalam



keadaan padat. Pemanasan harus dilakukan secara bertahap (preheating) dan perlahan-lahan untuk memperkecil deformasi ataupun resiko retak. Setelah temperatur pengerasan (austenitizing) tercapai, ditahan dalam selang waktu tertentu (holding time) kemudian didinginkan cepat. Pada dasarnya baja yang telah dikeraskan bersifat rapuh dan tidak cocok untuk digunakan. Melalui temper, kekerasan, dan kerapuhan dapat diturunkan sampai memenuhi persyaratan. Kekerasan turun, kekuatan tarik akan turun, sedang keuletan dan ketangguhan akan meningkat. Pada saat tempering proses difusi dapat terjadi yaitu karbon dapat melepaskan diri dari martensit berarti keuletan (ductility) dari baja naik, akan tetapi kekuatan tarik, dan kekerasan menurun. Sifat-sifat mekanik baja yang telah dicelup, dan di-temper dapat diubah dengan cara mengubah temperatur tempering.

Annealing

Proses annealing atau melunakkan baja adalah proses pemanasan baja di atas temperature kritis ($723\text{ }^{\circ}\text{C}$) selanjutnya dibiarkan beberapa lama sampai temperature merata disusul dengan pendinginan secara perlahan-lahan sambil dijaga agar temperature bagian luar dan dalam kira-kira sama hingga diperoleh struktur yang diinginkan dengan menggunakan media pendingin udara.

Tujuan proses annealing:

1. Melunakkan material logam
2. Menghilangkan tegangan dalam sisa
3. Memperbaiki butir-butir logam.

Normalizing

Normalizing adalah suatu proses pemanasan logam hingga mencapai fase austenit yang kemudian didinginkan secara perlahan-lahan dalam media pendingin udara. Hasil pendingin ini berupa perlit dan ferit namun hasilnya jauh lebih mulus dari annealing. Prinsip dari proses normalizing adalah untuk melunakkan logam. Namun pada baja karbon tinggi atau baja paduan tertentu dengan proses ini belum tentu memperoleh baja yang lunak. Mungkin berupa pengerasan dan ini tergantung dari kadar karbon

Tempering.

Perlakuan untuk menghilangkan tegangan dalam dan menguatkan baja dari kerapuhan disebut dengan memudakan



(tempering). Tempering didefinisikan sebagai proses pemanasan logam setelah dikeraskan pada temperatur tempering (di bawah suhu kritis), yang dilanjutkan dengan proses pendinginan. Baja yang telah dikeraskan bersifat rapuh dan tidak cocok untuk digunakan, melalui proses tempering kekerasan dan kerapuhan dapat diturunkan sampai memenuhi persyaratan penggunaan. Kekerasan turun, kekuatan tarik akan turun pula sedang keuletan dan ketangguhan baja akan meningkat. Meskipun proses ini menghasilkan baja yang lebih lunak, proses ini berbeda dengan proses anil (annealing) karena di sini sifat-sifat fisis dapat dikendalikan dengan cermat. Pada suhu 200°C sampai 300°C laju difusi lambat hanya sebagian kecil. karbon dibebaskan, hasilnya sebagian struktur tetap keras tetapi mulai kehilangan kerapuhannya. Di antara suhu 500°C dan 600°C difusi berlangsung lebih cepat, dan atom karbon yang berdifusi di antara atom besi dapat membentuk sementit. Dari penjelasan diatas saya menggunakan teori quenching dengan media Air PDAM, suhu kamar dan oli SAE 40.

2.1.6 Pengertian Oli

Minyak pelumas mesin atau yang lebih dikenal oli mesin memang banyak ragam dan macamnya. Bergantung jenis penggunaan mesin itu sendiri yang membutuhkan oli yang tepat untuk menambah atau mengawetkan usia pakai (*lifetime*) mesin.

Fungsi

Semua jenis oli pada dasarnya sama. Yakni sebagai bahan pelumas agar mesin berjalan mulus dan bebas gangguan. Sekaligus berfungsi sebagai pendingin dan penyekat. Oli mengandung lapisan-lapisan halus, berfungsi mencegah terjadinya benturan antar logam dengan logam komponen mesin seminimal mungkin, mencegah goresan atau keausan. Untuk beberapa keperluan tertentu, aplikasi khusus pada fungsi tertentu, oli dituntut memiliki sejumlah fungsi-fungsi tambahan. Mesin diesel misalnya, secara normal beroperasi pada kecepatan rendah tetapi memiliki temperatur yang lebih tinggi dibandingkan dengan Mesin bensin. Mesin diesel juga memiliki kondisi kondusif yang lebih besar yang dapat menimbulkan oksidasi oli, penumpukan deposit dan perkaratanlogam-logam bearing.



JENIS

Oli Mineral

Oli mineral terbuat dari oli dasar (base oil) yang diambil dari minyak bumi yang telah diolah dan disempurnakan dan ditambah dengan zat - zat aditif untuk meningkatkan kemampuan dan fungsinya. Beberapa pakar mesin memberikan saran agar jika telah biasa menggunakan oli mineral selama bertahun-tahun maka jangan langsung menggantinya dengan oli sintetis dikarenakan oli sintetis umumnya mengikis deposit (sisa) yang ditinggalkan oli mineral sehingga deposit tadi terangkat dari tempatnya dan mengalir ke celah-celah mesin sehingga mengganggu pemakaian mesin.

Oli Sintetis

Oli Sintetis biasanya terdiri atas *Polyalphaolifins* yang datang dari bagian terbersih dari pemilahan dari oli mineral, yakni gas. Senyawa ini kemudian dicampur dengan oli mineral. Inilah mengapa oli sintetis bisa dicampur dengan oli mineral dan sebaliknya. Basis yang paling stabil adalah *polyol-ester* (bukan bahan baju polyester), yang paling sedikit bereaksi bila dicampur dengan bahan lain. Oli sintetis cenderung tidak mengandung bahan karbon reaktif, senyawa yang sangat tidak bagus untuk oli karena cenderung bergabung dengan oksigen sehingga menghasilkan *acid* (asam). Pada dasarnya, oli sintetis didesain untuk menghasilkan kinerja yang lebih efektif dibandingkan dengan oli mineral.

Kekentalan (Viskositas)

Kekentalan merupakan salah satu unsur kandungan oli paling rawan karena berkaitan dengan ketebalan oli atau seberapa besar resistensinya untuk mengalir. Kekentalan oli langsung berkaitan dengan sejauh mana oli berfungsi sebagai pelumas sekaligus pelindung benturan antar permukaan logam.

Oli harus mengalir ketika suhu mesin atau temperatur *ambient*. Mengalir secara cukup agar terjamin pasokannya ke komponen-komponen yang bergerak. Semakin kental oli, maka lapisan yang ditimbulkan menjadi lebih kental. Lapisan halus pada oli kental memberi kemampuan ekstra menyapu atau membersihkan permukaan logam yang terlumasi. Sebaliknya oli yang terlalu tebal akan memberi resistensi berlebih mengalirkan oli pada temperatur rendah sehingga mengganggu jalannya pelumasan ke komponen yang dibutuhkan. Untuk itu, oli harus



memiliki kekentalan lebih tepat pada temperatur tertinggi atau temperatur terendah ketika mesin dioperasikan. Dengan demikian, oli memiliki grade (derajat) tersendiri yang diatur oleh *Society of Automotive Engineers* (SAE). Bila pada kemasan oli tersebut tertera angka SAE 5W-30 berarti 5W (Winter) menunjukkan pada suhu dingin oli bekerja pada kekentalan 5 dan pada suhu terpanas akan bekerja pada kekentalan 30.

Tetapi yang terbaik adalah mengikuti viskositas sesuai permintaan mesin. Umumnya, mobil sekarang punya kekentalan lebih rendah dari 5W-30. Karena mesin belakangan lebih *sophisticated* sehingga kerapatan antar komponen makin ipis dan juga banyak celah-celah kecil yang hanya bisa dilalui oleh oli encer. Tak baik menggunakan oli kental (20W-50) pada mesin seperti ini karena akan mengganggu debit aliran oli pada mesin dan butuh semprotan lebih tinggi.

Untuk mesin lebih tua, clearance bearing lebih besar sehingga mengizinkan pemakaian oli kental untuk menjaga tekanan oli normal dan menyediakan lapisan film cukup untuk bearing. Sebagai contoh di bawah ini adalah tipe Viskositas (kekentalan) dan ambien temperatur dalam derajat Celcius yang biasa digunakan sebagai standar oli di berbagai negara/kawasan.

1. 5W-30 untuk cuaca dingin seperti di Swedia
2. 10W-30 untuk iklim sedang seperti di kawasan Inggris
3. 15W-30 untuk Cuaca panas seperti di kawasan Indonesia

KETERANGAN

Kode SAE Oli Motor. Pelumas Motor. Kekentalan Oli Pelumas adalah hal paling menentukan saat memilih Oli Motor, Kekentalan Oli Pelumas merupakan salah satu sifat karakteristik fisik oli mesin yang sangat penting. Dalam istilah oli mesin kekentalan biasa dikenal sebagai viskositas. Sebelumnya ada baiknya jika kita membahas sedikit teori Oli Pelumas, sebelum memilih Oli Pelumas berdasarkan Kode SAE Oli Motor.

SAE

SAE (Society of Automotive Engineer) adalah lembaga standarisasi seperti ISO, DIN atau JIS, yang mengkhususkan diri di bidang otomotif.

Viscosity

Viskositi adalah kemampuan laju liquid dalam hal ini mungkin Oli Pelumas. untuk Oli Pelumas Otomotif kita kenal dengan lube oil grade, yang kemudian oleh SAE di uji pada temp



tertentu sehingga kita mengenal oli multi grade 10W40, 20W50 dsb serta oli mono grade seperti SAE 20, 40 dan sebagainya. Ini berbeda dengan pengujian Oli Pelumas Industri. pengujian dilakukan oleh ISO, sehingga kita mengenal istilah lubricant ISO VG 32, 46, 100, 680, 100, dsb. Dimana ISO melakukan standar pengujian pada 40 deg C dan 100 deg C.. atau mungkin untuk aplikasi gear oil digunakan standar SAE *gear viscosity*.

Viscosity Index

Sedangkan Viscosity Index (VI) adalah kemampuan lubricant mempertahankan kekentalannya terhadap temperature, baik itu hi or low temp, smakin tinggi nilai VI smakin baik lubricant itu tahan terhadap perubahan temperature. Tingkat kekentalan suatu oli mesin mengacu pada lembaga SAE berdasarkan table SAE J 300 th 1999.

Ada sekitar 30 jenis kekentalan SAE yg dikenal selama ini, diantaranya seperti SAE SAE 40, SAE 10w, SAE 20w50, SAE 15w50, SAE 10w40, SAE 15w40 dan seterusnya. Angka di belakang huruf SAE inilah yang menunjukkan tingkat kekentalannya (viskositas). Contohnya, kode SAE 50 menunjukkan oli tersebut mempunyai tingkat kekentalan 50 menurut standar SAE. Semakin tinggi angkanya, semakin kental pelumas tersebut.

Ada pula kode angka yang menunjukkan multi grade seperti 10W-50. Kode ini menandakan pelumas mempunyai kekentalan yang dapat berubah-ubah sesuai suhu di sekitarnya. Huruf W di belakang angka 10 merupakan singkatan kata winter (musim dingin). Maksudnya, pelumas mempunyai tingkat kekentalan sama dengan SAE 10 pada saat suhu udara dingin dan SAE 50 ketika udara panas.[<https://id.wikipedia.org/wiki/Oli...>]

2.2 Uji Kekerasan

Uji kekerasan atau hardness test merupakan salah satu cara untuk mengetahui kekuatan atau ketahanan suatu (bahan) material. Sedangkan kekerasan itu sendiri (hardness) ialah salah satu sifat mekanik dari suatu material selain sifat fisik dan teknologik yang dimilikinya. Dari berbagai referensi Rumus untuk pengujian kekerasan ada 4 yaitu : (1) Brinell (HB / BHN), (2) Rockwell (HR / RHN), (3) Vickers (HV /VHN) dan (4) Micro Hardness (knoop hardness). Uji keras merupakan pengujian paling efektif karena dapat dengan mudah mengetahui gambaran



sifat mekanik suatu material. Meskipun pengukuran hanya dilakukan pada satu titik atau daerah tertentu. Nilai kekerasan yang ditampilkannya cukup valid untuk menyatakan kekuatan suatu material. Dengan demikian, material dapat dengan mudah digolongkan sebagai material ulet atau getas.

Hardness tester atau yang sering disebut Uji keras juga dapat digunakan sebagai salah satu metode untuk mengetahui pengaruh perlakuan panas dan perlakuan dingin terhadap material. Material yang telah mengalami cold working, hot working, dan heat treatment, dapat diketahui gambaran perubahan kekuatannya, dengan mengukur kekerasan permukaan suatu material. Oleh sebab itu, dengan uji keras kita dapat dengan mudah melakukan quality control terhadap material.

Uji kekerasan atau hardness test merupakan salah satu cara untuk mengetahui kekuatan atau ketahanan suatu (bahan) material. Sedangkan kekerasan itu sendiri (hardness) ialah salah satu sifat mekanik dari suatu material selain sifat fisik dan teknologik yang dimilikinya. Dari berbagai referensi Rumus untuk pengujian kekerasan ada 4 yaitu : (1) Brinell (HB / BHN), (2) Rockwell (HR / RHN), (3) Vickers (HV / VHN) dan (4) Micro Hardness (knoop hardness). Uji keras merupakan pengujian paling efektif karena dapat dengan mudah mengetahui gambaran sifat mekanik suatu material. Meskipun pengukuran hanya dilakukan pada satu titik atau daerah tertentu. Nilai kekerasan yang ditampilkannya cukup valid untuk menyatakan kekuatan suatu material. Dengan demikian, material dapat dengan mudah digolongkan sebagai material ulet atau getas.

Hardness tester atau yang sering disebut Uji keras juga dapat digunakan sebagai salah satu metode untuk mengetahui pengaruh perlakuan panas dan perlakuan dingin terhadap material. Material yang telah mengalami cold working, hot working, dan heat treatment, dapat diketahui gambaran perubahan kekuatannya, dengan mengukur kekerasan permukaan suatu material. Oleh sebab itu, dengan uji keras kita dapat dengan mudah melakukan quality control terhadap material.

2.2.1. Pengujian Brinell

Metoda uji kekerasan yang di ajukan oleh J.A Brinell pada tahun 1900an ini merupakan uji kekerasan lekukan yang pertamakali banyak digunakan dan di susun pembakuannya



(dieter, 1987). Uji kekerasan ini berupa pembentukan lekukan pada permukaan logam menggunakan indentor. Indentor untuk brinell berbentuk bola dengan diameter 10mm, diameter 5mm, diameter 2,5mm, dan diameter 1mm, itu semua adalah diameter bola standar internasional.

Bola brinell yang standar internasional tersebut ada 2 bahan pembuatannya. Ada yang terbuat dari baja yang di keraskan/dilapis chrom, dan ada juga yang terbuat dari tungsten carbide. Tungsten carbide lebih keras dari baja, jadi tungsten carbide biasanya dipakai untuk pengujian benda yang keras yang dikhawatirkan akan merusak bola baja. Namun untuk pengujian bahan yang tingkat kekerasannya belum diketahui, alangkah baiknya jika kita mengujinya terlebih dahulu menggunakan metoda rockwell c, dengan menggunakan indentor kerucut intan, untuk menghindari rusaknya indentor. Seperti yang kita ketahui bahwa intan adalah logam yang paling keras saat ini, jadi intan tidak akan rusak jika di indentasikan ke material yang keras. Untuk bahan/ material pengujian brinell harus disiapkan terlebih dahulu. Material harus bersih dan diusahakan halus (minimal N6 atau digerinda). Harus rata dan tegak lurus, bersih dari debu, karat, dan terak.

Standar pengujian Brinell

- ASTM E10
- ISO 6506

A. Cara/metoda pengujian Brinell

Persiapkan alat dan bahan pengujian:

- Mesin uji kekerasan Brinell (Brinell Hardness Test). Indentor bola (bola baja atau bola carbide)
- Benda uji yang sudah di gerinda
- Amplas halus, stop watch f. mikroskop pengukur

B. Indentor di tekankan ke benda uji/material dengan gaya tertentu (untuk base ferro biasanya menggunakan 3000 kgf).

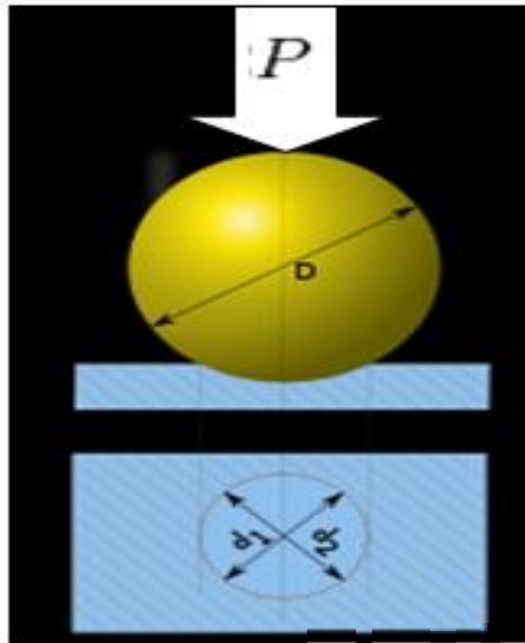
C. Tunggu hingga 10 – 30 detik (biasanya 20 detik).

D. Bebaskan gaya dan lepaskan indentor dari benda uji.

E. Ukur diameter lekukan yang terjadi menggunakan mikroskop pengukur. (ukur beberapa kali di beberapa tempat dan posisi dan ambil nilai pengukuran yang paling besar)

F. Masukkan data-data tersebut ke rumus

Rumus Pengujian Brinell



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

Dimana :BHN= Brinell Hardness Number

P=Beban yang diberikan (kgf)

D=Diameter indenter (mm)

d = Diameter lekukan rata-rata hasil indentasi

Rumus untuk mengetahui beban yang sesuai

$$P = C \times D^2 \text{ kg}$$

Dimana:

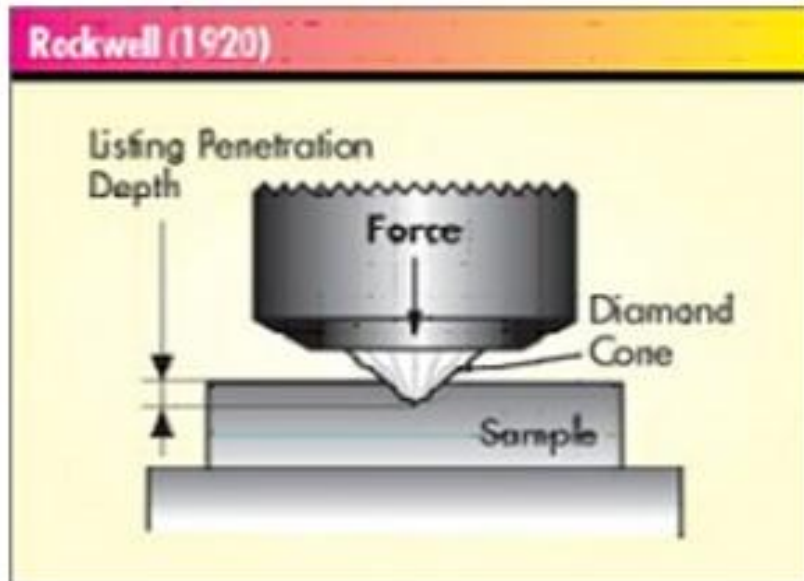
P = Beban yang diberikan

C = Konstanta bahan yang akan di uji (jika bahannya base ferro maka konstantanya 30)

D = Diameter indenter

Sumber: (<http://kalogueloe.blogspot.co.id/2013/03/pengujian-keras-brinell-vickers.html>)

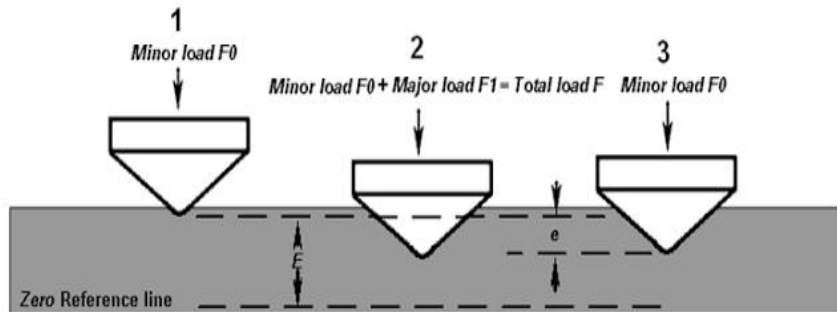
2.2.2. Pengujian Rockwell



Gambar 2.4 Pengujian Rockwell

Pengujian rockwell menggunakan indenter bola baja diameter standar (diameter 10mm, diameter 5mm, diameter 2.5 mm, dan diameter 1mm) dan indenter kerucut intan. pengujian ini tidak membutuhkan kemampuan khusus karena hasil pengukuran dapat terbaca langsung. tidak seperti metoda pengujian Brinell dan Vickers yang harus dihitung menggunakan rumus.

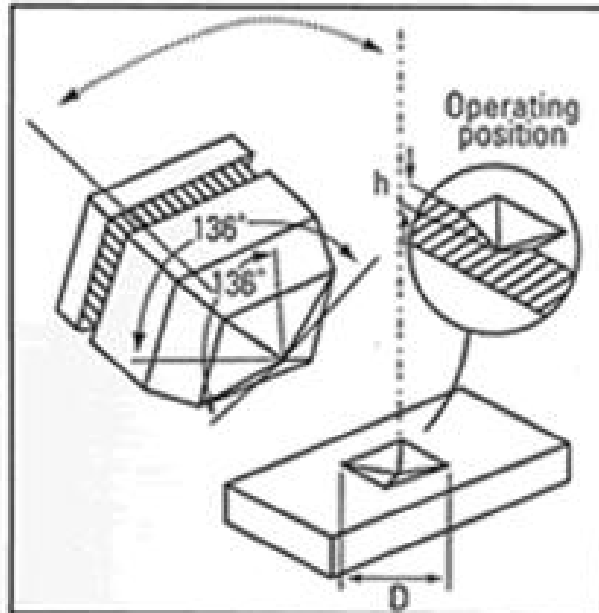
Pengujian ini menggunakan 2 beban, yaitu beban minor/minor load (F_0)= 10 kgf dan beban mayor/mayor load (F_1) = 60kgf sampai dengan 150kgf tergantung material yang akan di uji dan tergantung menu rockwell yang dipilih (ada HRC, HRB, HRG, HRD, untuk menguji material yang kekerasannya sama sekali belum diketahui kita harus menggunakan rockwell HRC. HRC menggunakan indenter kerucut intan dan beban 150kgf. ini dimaksudkan untuk mencegah rusaknya indenter karena kalah keras dibandingkan material yang di uji. seperti yang kita tahu bahwa intan adalah logam paling keras saat ini.



Gambar 2.5 Beban Minor

Beban minor sebesar 10 kgf diberikan dengan tujuan untuk menyamaratakan semua permukaan benda uji. dengan adanya sedikit penekanan tersebut membuat material yang akan di uji tidak perlu di persiapkan sehalus dan semengkilap mungkin, cukup bersih dan tidak berkarat. perbedaan kedalaman hasil indentasi berdampak pada tingkat kekerasan material. semakin dalam indentasi semakin lunak material yang kita uji.

2.2.3. Pengujian Vickers



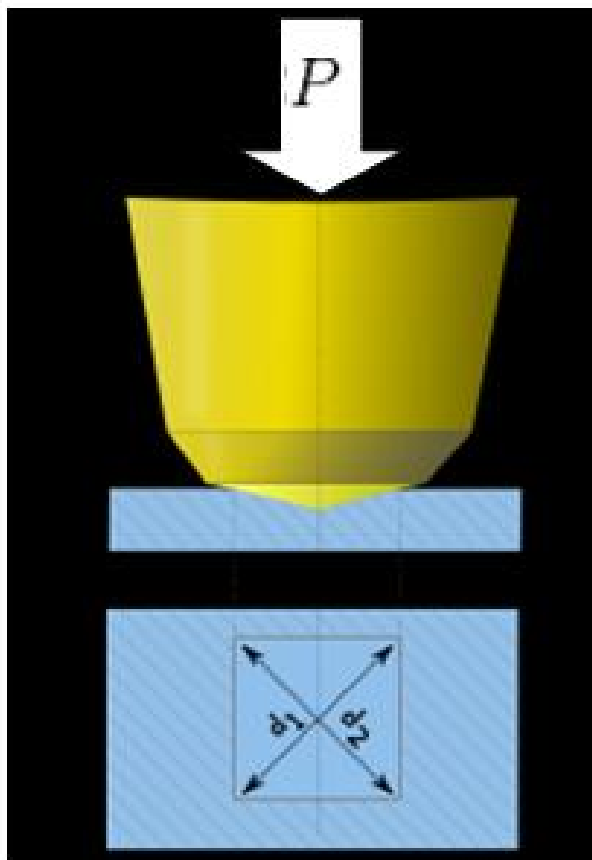
Gambar 2.6 Uji Vickers

Uji vickers dikembangkan di inggris tahun 1925an. Dikenal juga sebagai Diamond Pyramid Hardness test (DPH). Uji kekerasan vickers menggunakan indentor piramida intan, besar sudut antar permukaan piramida intan yang saling berhadapan adalah 136 derajat .Ada dua rentang kekuatan yang berbedayaitu micro (10g – 1000g) dan macro (1kg – 100kg).

Standar uji Vickers antara lain :

1. ASTM E 384 – Rentang micro (10g – 1000g)
2. ASTM E 92 – Rentang macro (1kg – 100kg)
3. ISO 6507 – Rentang micro dan macro

Rumus yang digunakan pada pengujian Vickers adalah :



Gambar 2.7. Pengujian Vickers



$$\text{VHN} = \frac{1,854 \times P}{d^2} \quad \text{Kg}$$

Dimana : VHN = Vickers Hardness Number

P = Beban yang diberikan (kgf)

d = Panjang diagonal rata-rata hasil indentasi

Dari hasil pengujian Vickers diketahui dengan gaya tekan berbeda akan menunjukkan hasil yang sama untuk bahan yang sama. Dengan demikian juga Vickers dapat mengukur kekerasan bahan mulai yang sangat lunak (5 HV) sampai yang amat keras (1500HV) tanpa perlu mengganti gaya tekan. Besarnya gaya tekan yang digunakan dapat dipilih 1 sampai dengan 120 kg, tergantung pada kekerasan/ketebalan bahan yang akan diuji agar diperoleh tapak tekan yang mudah diukur dan tidak ada anvil affect (pada benda yang tipis).