

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Berdasarkan penelitian yang dilakukan Eri Diniardi, kekerasan rata-rata camshaft tanpa perlakuan yaitu sebesar 469.1 HVN dengan beban yang digunakan yaitu 200gf. Dan komposisi kimia dari noken as standar tersebut bisa dilihat ditabel dibawah ini.

Tabel 2.1 komposisi kimia dari chamshaft
Sumber : sintek vol 8 no 2

NO	Unsur	<i>Noken as Standar %</i>
1	C	2,42
2	Si	1,70
3	Mn	0,677
4	P	0,701
5	S	> 0,150
6	Cr	0,125
7	Mo	0,431
8	Ni	8,89
9	Al	0,030
10	Cu	0,084
11	Nb	0,168
12	Ti	0,039
13	V	0,148
14	Fe	85,138

RY NOVIANTO (2013), meneliti studi pengujian kekerasan dan keausan serta struktur mikro dari logam, uji keausan merupakan suatu uji karakteristik fisik yang digunakan untuk mengetahui seberapa besar tingkat keausan benda terhadap gesekan atau goresan. Uji keausan dilakukan dengan menggunakan alat uji *ogoshi high speed universal wear testing machine*. Keutamaan dari alat ini diantaranya :

1. Lama waktu abrasi yang dapat ditentukan dan daya tahan aus permukaan benda uji dengan berbagai variasi bahan dapat dengan mudah terdeteksi.
2. Pengujian dilakukan dengan mudah dan cepat.
3. Benda uji tidak harus berukuran besar.
4. Perubahan tekanan, kecepatan dan jarak peggosok dapat dibuat dengan mudah dengan jarak yang begitu lebar.

Piyarto (2008), pada penelitiannya mengenai pengaruh proses *quenching* dan *tempering* pada material SCMnCr 2 untuk memenuhi standar JIS G 5111 Memberikan hasil untuk pengujian komposisi kimia diketahui bahwa logam tersebut mempunyai beberapa unsur penting yaitu : C (0,36%), Mn (1,48%), dan Cr (0,532%), sehingga termasuk pada golongan baja paduan rendah . SCMnCr 2 pada hasil pengamatan struktur mikro diketahui bahwa benda uji terdapat fasa ferrit dan perlit (*raw material*) dan setelah di *heat treatment* (*tempering after quenching*) terbentuk fasa ferit dan martensit temper. Semakin lama waktu penahanan temper, butir ferrit dan martensit temper semakin besar.

Ditinjau dari penelitian yang telah dilakukan diatas, maka dapat disimpulkan bahwa kekerasan dan keausan dipengaruhi oleh adanya perlakuan pada logam, semakin diberi perlakuan semakin tinggi pula kekerasannya. maka dari itu penulis akan mencoba untuk meneliti camshaft dengan perlakuan panas *quenching* dan *tempering*.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Baja

Baja adalah logam paduan antara besi (Fe) dan karbon (C), dimana besi sebagai unsur dasar dan karbon sebagai unsur paduan utamanya. Kandungan karbon dalam baja berkisar antara 0,1% hingga 1,7% sesuai tingkatannya.

Proses pembuatan baja akan terdapat unsur-unsur lain selain karbon yang akan tertinggal di dalam baja seperti mangan (Mn), silikon (Si), kromium (Cr), vanadium(V), dan unsur lainnya. Berdasarkan komposisi dalam prakteknya baja terdiri dari beberapa macam yaitu: Baja Karbon (*Carbon Steel*), dan Baja Paduan (*Alloy Steel*).

2.2.2 Klasifikasi Baja

Berdasarkan tinggi rendahnya presentase karbon didalam baja, baja karbon dilasifikasikan sebagai berikut :

1. Baja Karbon Rendah (*low Carbon Steel*) mengandung karbon antara 0,10 s/d 0,30 %. Baja karbon ini dalam perdagangan dibuat dalam plat baja, baja strip dan baja batangan atau profit.
2. Baja Karbon Menengah (*Medium Carbon Steel*) mengandung karbon antara 0,30 % - 0.60 % C. Baja karbon menengah ini banyak digunakan untuk

keperluan alat – alat perkakas bagian mesin ini juga dapat dipergunakan untuk berbagai keperluan seperti untuk keperluan industri kendaraan, roda gigi, pegas dan sebagainya.

3. Baja Karbon Tinggi (*High Carbon Steel*) mengandung kadar karbon antara 0,60% - 1,7% C . Baja ini mempunyai tegangan tarik paling tinggi dan banyak digunakan untuk material tools. Salah satu aplikasi dari baja ini adalah dalam pembuatan kawat baja dan kabel baja. Berdasarkan jumlah karbon yang terkandung didalam baja maka baja karbon ini banyak digunakan dalam pembuatan pegas, alat – alat perkakas seperti : palu gergaji atau pahat potong.

2.2.3 Sifat Mekanik Baja

Sifat mekanik suatu bahan adalah kemampuan bahan untuk menahan beban – beban yang dikenakan padanya. Beban – beban tersebut dapat berupa beban Tarik, tekan, bengkok, geser, punter, atau beban kombinasi.

Sifat – sifat mekanik yang terpenting antara lain :

1. Kekuatan (*strength*) menyatakan kemampuan bahan untuk menerima tegangan tanpa menyebabkan bahan tersebut menjadi patah. Kekuatan ini ada berapa macam, dan ini tergantung pada beban yang bekerja antara lain beban yang bekerja antara lain dapat dilihat dari kekuatan tarik, kekuatan geser, kekuatan tekan, kekuatan punter, dan kekuatan bengkok.
2. Kekerasan (*hardness*) dapat didefinisikan sebagai kemampuan bahan untuk bertahan terhadap goresan, pengikisan (abrasi), penetrasi. Sifat ini

berkaitan erat dengan sifat keausan (*wear resistance*). Dimana kekerasan ini juga mempunyai korelasi dengan kekuatan.

3. Kekenyalan (*elasticity*) menyatakan kemampuan bahan untuk menerima tegangan tanpa mengakibatkan terjadinya perubahan bentuk yang permanen setelah tegangan dihilangkan. Kekenyalan juga menyatakan seberapa banyak perubahan bentuk yang permanen mulai terjadi, dengan kata lain kekenyalan menyatakan kemampuan bahan untuk kembali ke bentuk dan ukuran semula setelah menerima beban yang menimbulkan deformasi.
4. Kekakuan (*stiffness*) menyatakan kemampuan bahan untuk menerima tegangan/beban tanpa mengakibatkan terjadinya perubahan bentuk (deformasi) atau defleksi. Dalam beberapa hal kekakuan ini lebih penting dari pada kekuatan.
5. Plastisitas (*plasticity*) menyatakan kemampuan bahan untuk mengalami sejumlah deformasi plastis yang permanen tanpa mengakibatkan terjadinya kerusakan. Sifat ini sangat diperlukan bagi bahan yang akan diproses dengan berbagai proses pembentukan seperti, *forging, rolling, extruding* dan sebagainya. Sifat ini sering juga disebut sebagai keuletan/kekenyalan (*ductility*).
6. Ketangguhan (*toughness*) menyatakan kemampuan bahan untuk menyerap sejumlah energi tanpa mengakibatkan terjadinya kerusakan. Juga dapat dikatakan sebagai ukuran banyaknya energi yang diperlukan untuk mematahkan suatu benda kerja, pada suatu kondisi tertentu.

Sifat ini dipengaruhi oleh banyak faktor, sehingga sifat ini sulit untuk diukur.

7. Kelelahan (*fatigue*) merupakan kecenderungan dari logam untuk patah apabila menerima tegangan berulang-ulang (*cyclic stress*) yang besarnya masih jauh dibawah batas kekuatan elastisitasnya. Sebagian besar dari kerusakan yang terjadi pada komponen mesin disebabkan oleh kelelahan. Karenanya kelelahan merupakan sifat yang sangat penting tetapi sifat ini juga sulit diukur karena sangat banyak faktor yang mempengaruhinya.
8. Keretakan (*creep*) merupakan kecenderungan suatu logam mengalami deformasi plastis yang besarnya merupakan fungsi waktu, pada saat bahan tersebut menerima beban yang besarnya relatif tetap.

2.3 Diagram Fasa Fe – Fe₃C

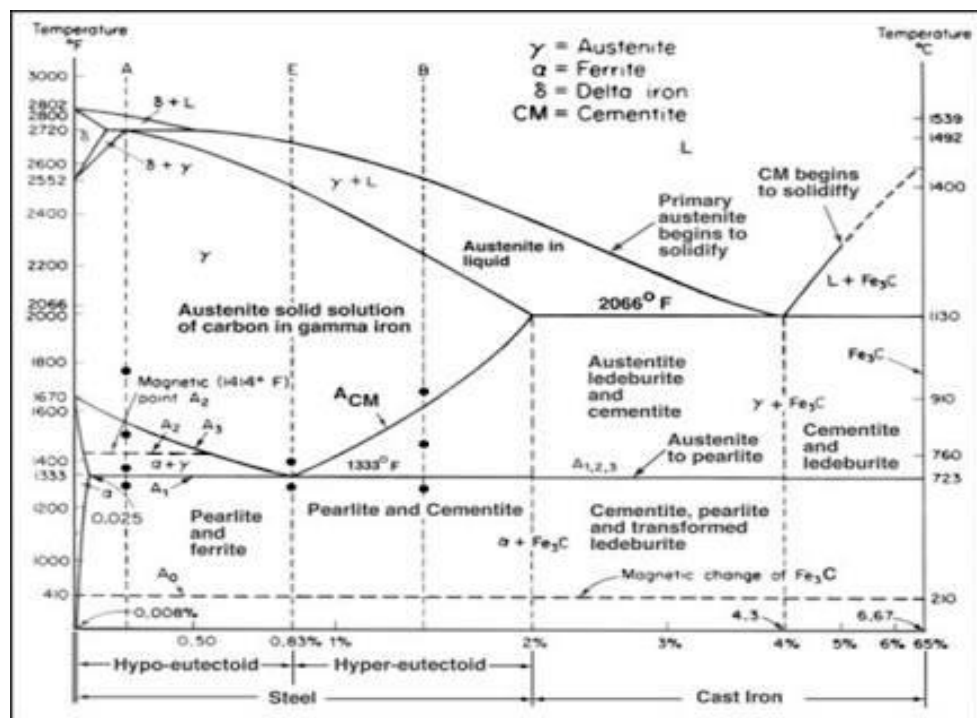
Fasa didefinisikan sebagai bagian dari bahan yang memiliki struktur atau komposisi tersendiri. Diagram fasa Fe – Fe₃C atau biasa disebut dengan diagram kesetimbangan besi karbon merupakan diagram yang menjadi parameter untuk mengetahui segala jenis fasa yang terjadi dalam baja dengan segala perlakuannya. Diagram fasa berfungsi untuk memprediksi fasa – fasa yang terbentuk pada berbagai kondisi temperatur seiring dengan penambahan kadar karbon. Pada diagram fasa Fe– Fe₃C timbul larutan padat (α) atau disebut besi delta , austenite , dan ferit (α).

Karbon larut didalam besi dalam bentuk larutan padat (*solution*) hingga 0,05%, berat pada temperatur ruang. Baja dengan atom karbon terlarut hingga

jumlah tersebut memiliki alpha ferrite pada temperatur ruang. Pada kadar karbon lebih dari 0,05% akan terbentuk endapan karbon dalam bentuk hard metallic stoichiometric compound (Fe_3C) yang dikenal sebagai cementite atau carbide.

Selain larutan padat alpha ferrite yang dalam kesetimbangan dapat ditemukan pada temperatur ruang terdapat fasa – fasa penting lainnya, yaitu delta ferrite dan gamma austenite. Logam Fe bersifat polymorphism yaitu memiliki struktur Kristal berbeda pada temperature berbeda.

Pada Fe murni misalnya, ferrite alpha akan berubah menjadi austenite gamma saat dipanaskan pada temperatur 910°C . Perubahan fasa dari temperature austenite sampai dibawah temperatur eutectoid pada komposisi hypoeutectoid dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Diagram fasa Fe-Fe₃C

2.4 Heat Treatment

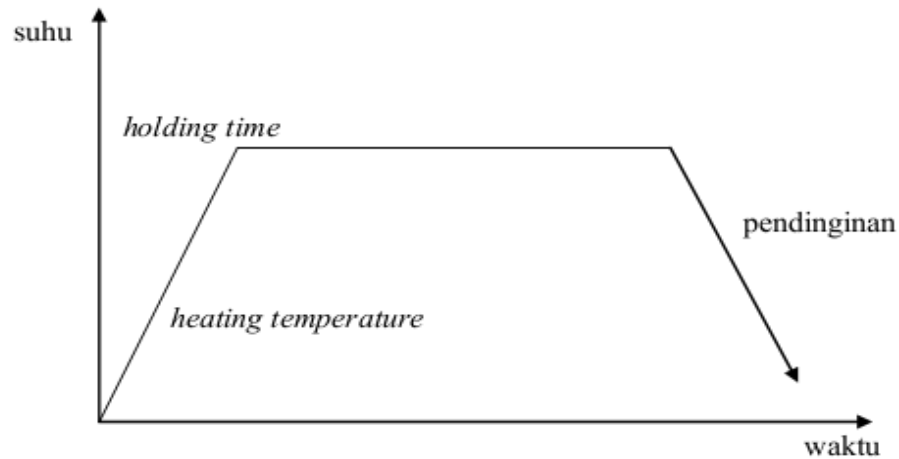
Proses perlakuan panas pada umumnya untuk memodifikasi struktur mikro baja sehingga meningkatkan sifat mekanik, salah satunya yaitu kekerasan. Perlakuan panas didefinisikan sebagai kombinasi dari proses pemanasan dan pendinginan dengan kecepatan tertentu yang dilakukan terhadap logam/paduan dalam keadaan padat, sebagai upaya untuk memperoleh sifat-sifat tertentu. Perubahan sifat tersebut terjadi karena ada perubahan struktur mikro selama proses pemanasan dan pendinginan dimana sifat logam atau paduan sangat dipengaruhi oleh struktur mikro.

Proses perlakuan panas terdiri dari beberapa tahapan, dimulai dari proses pemanasan bahan hingga pada suhu tertentu dan selanjutnya didinginkan juga dengan cara tertentu. Tujuan dari perlakuan panas adalah mendapatkan sifat-sifat mekanik yang lebih baik dan sesuai dengan yang diinginkan seperti meningkatkan kekuatan dan kekerasan, mengurangi tegangan, melunakkan, mengembalikan pada kondisi normal akibat pengaruh pada pengerjaan sebelumnya, dan menghaluskan butir kristal yang akan berpengaruh pada pengerjaan sebelumnya, dan menghaluskan butir kristal yang akan berpengaruh pada keuletan bahan.

Secara umum, proses perlakuan panas adalah:

1. Memanaskan logam/paduannya sampai pada suhu tertentu (*heating temperature*).
2. Mempertahankan pada suhu pemanasan tersebut dalam waktu tertentu (*holding time*).
3. Mendinginkan dengan media pendingin dan laju tertentu.

Skema pada proses ini secara sederhana dapat digambarkan melalui diagram temperatur terhadap waktu seperti Gambar dibawah ini :



Gambar 2.2 Diagram temperatur terhadap waktu

Sumber : (Karmin dan Ginting, 2012).

2.4.1 Quenching

Quenching merupakan proses pengerjaan logam dengan pendinginan secara cepat. Sehingga melalui *quenching* akan mencegah adanya proses yang dapat terjadi pada pendinginan lambat seperti pertumbuhan butir. Secara umum, *quenching* akan menyebabkan menurunnya ukuran butir dan dapat meningkatkan nilai kekerasan pada suatu paduan logam. Laju *quenching* tergantung pada beberapa faktor yaitu medium, panas spesifik, panas pada penguapan, konduktifitas termal medium, viskositas, dan agitasi (aliran media pendingin). Kecepatan pendinginan dengan air lebih besar dibandingkan pendinginan dengan oli, sedangkan pendingin dengan udara memiliki kecepatan yang paling kecil.

Pada umumnya baja yang telah mengalami proses *quenching* memiliki kekerasan yang tinggi serta dapat mencapai kekerasan yang maksimum tetapi agak rapuh. Dengan adanya sifat yang rapuh, maka kita harus menguranginya dengan melakukan proses lebih lanjut seperti *tempering*.

Tujuan dari proses *quenching* secara umum pada baja (baja *carbon, low alloy steel* dan *tool steel*) adalah untuk proses *hardening*, yaitu menghasilkan struktur mikro martensit pada baja tersebut. Proses *hardening* yang baik adalah bila mendapatkan harga kekerasan, kekuatan, dan *toughness* yang besar tetapi dengan residual. Stress, distorsi, dan *cracking* yang minimal. Pada *stainless steel* dan *high alloy steels* tujuan *quenching* adalah untuk meminimalisasi keberadaan batas butir karbida atau untuk meningkatkan distribusi ferit.

Media pendingin yang digunakan untuk mendinginkan baja bermacam-macam. Berbagai bahan media pendingin yang digunakan dalam proses perlakuan panas antara lain:

1. Oli

Oli yang digunakan sebagai fluida pendingin dalam perlakuan panas adalah yang dapat memberikan lapisan karbon pada kulit (permukaan) benda kerja yang diolah. Selain minyak yang khusus digunakan sebagai bahan pendinginan pada proses perlakuan panas, dapat juga digunakan minyak bakar atau oli. Viskositas oli dan bahan dasar oli sangat berpengaruh dalam proses pendinginan sampel. Oli yang mempunyai viskositas lebih rendah memiliki kemampuan penyerapan panas lebih baik

dibandingkan dengan oli yang mempunyai viskositas lebih tinggi karena penyerapan panas akan lebih lambat.

2. Air

Air adalah media pendinginan yang paling umum digunakan. Air menghasilkan tingkat pendinginan mendekati tingkat maksimum. Keunggulan air sebagai media pendingin adalah murah, mudah tersedia, mudah dibuang dengan minimal polusi atau bahaya kesehatan. Air juga efektif dalam menghilangkan scaling dari permukaan bagian baja yang di-*quenching*. Oleh karena itu air sering digunakan sebagai media *quenching* karena tidak mengakibatkan distorsi berlebihan atau retak. Air banyak digunakan untuk pendinginan logam nonferrous, baja tahan karat austenitic, dan logam lainnya yang telah diperlakukan panas.

Air sebagai media pendingin memiliki dua kelemahan. Kelemahan pertama yaitu tingkat pendinginan yang cepat pada suhu yang lebih rendah dimana distorsi dan retak lebih mungkin terjadi sehingga pendinginan air biasanya terbatas pada pendinginan sederhana. Kelemahan kedua menggunakan air biasa adalah menimbulkan lapisan/selimut uap sehingga dapat menyebabkan jebakan uap yang dapat menghasilkan kekerasan yang tidak rata dan distribusi tegangan yang tidak menguntungkan, menyebabkan distorsi atau bintik lembut. Pendinginan dengan air pada produk baja juga dapat menyebabkan karat sehingga penanganan harus cepat. Umumnya, air akan memberikan kecepatan pendinginan seragam

jika dipertahankan pada suhu 15 sampai 25°C (55-75°F) dan menghasilkan kecepatan lebih besar dari 0,25 m/s (50ft/min).

3. Larutan garam

Larutan garam (brine) sering berhasil digunakan. Jika larutan garam dipanaskan dahulu sebelum digunakan sampai sekitar 40°C (100°F) dapat menghasilkan hasil yang hampir sama baiknya dengan pendinginan solusi kaustik (soda kaustik), tetapi jauh lebih efektif bila panas. Seperti solusi kaustik, larutan garam memerlukan sistem tertutup. Larutan garam tidak berbahaya untuk operator seperti yang soda kaustik panas, tetapi korosif pada peralatan besi dan baja.

4. Larutan soda kaustik

Larutan soda kaustik (5-10% NaOH) digunakan dalam banyak hal dengan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan air. Larutan soda kaustik mendinginkan lebih cepat dan lebih menyeluruh atau seragam, menghasilkan sifat mekanik yang lebih baik di semua bagian benda. Jika larutan soda kaustik dipanaskan dahulu sampai pada temperatur 55-70°C (130-160°F) dapat menghasilkan pendinginan drastis tanpa menimbulkan keretakan pada benda. Soda kaustik hanya dapat digunakan dalam sistem tertutup dengan ketentuan yang dibuat untuk pendinginan, operator harus dilindungi terhadap kontak langsung dengan larutan soda kaustik tersebut. Larutan soda kaustik harus sering diperiksa dan konsentrasi yang tepat harus dipertahankan.

2.4.2 Tempering

Tempering didefinisikan sebagai proses pemanasan logam setelah dikeraskan (*quenching*) pada temperatur tempering (di bawah suhu kritis) sehingga diperoleh ductility tertentu, yang dilanjutkan dengan proses pendinginan.

Tujuan dari dilakukannya proses tempering adalah untuk meningkatkan keuletan, toughness dan ukuran butir dari matriks. Secara umum baja dilakukan tempering (pemanasan kembali) setelah dilakukan proses hardening, supaya mendapatkan sifat mekanik yang diinginkan, selain itu juga untuk mengurangi tegangan hasil proses quenching, prngelasan dan permesinan.

Proses tempering sangat bergantung padaa temperature temper, suhu pemanasan pada proses tempering yang dipakai saat pengujian yaitu 400°C. Tempering pada suhu 400°C bertujuan untuk menurunkan kekerasan dalam proses tempering atom atom akan berganti menjadi suatu campuran fasa-fasa ferrit dan sementit yang stabil. Melalui tempering kekuatan tarik akan menurun sedangkan keuletan dan ketangguhan akan meningkat.

Mekanisme transformasi fasa pada proses temper terjadi dalam empat tahap.

Tahapan Dan Mekanisme Dekomposisi Fasa Martensit.

- a. Tahap pertama, pada temperature 100 – 250 celcius terjadi pengendapan fasa kaya karbon yaitu fasa epsilon-karbida. Pembentukan fasa ini mengakibatkan kandungan karbon pada fasa martensit berkurang.

- b. Tahap kedua, pada temperature 200 – 300 celcius, terjadi dekomposisi fasa austenite menjadi bainit.
- c. Tahap ketiga, pada temperature 200 – 300 celcius terjadi perubahan atau dekomposisi epsilon-kabida menjadi sementit dan martensite menjadi sementit dan ferit.
- d. Tahap keempat, pada temperature di atas 350 celcius terjadi perubahan secara kontinyu dan terjadinya spheroidisasi fasa-fasa sementit.

Fasa setelah proses tempering ini biasa disebut sebagai fasa martensite temper. Artinya fasa martensit yang telah mengalami proses temper. Pengaruh Tempertur Temper Terhadap Sifat Mekaanik Logam yaitu setelah dilakukannya tempering dengan suhu 250, 350, 450°C semakin rendah suhunya semakin tinggi tingkat kekerasan dari logam tersebut dan untuk fisik dari logam tersebut tidak mengalami perubahan hanya tingkat kekerasan dan keausan yang berubah.

2.5 Uji Sifat Mekanis

2.5.1 Uji Kekerasan

Pengujian kekerasan bahan logam bertujuan mengetahui angka kekerasan logam tersebut. Pengujian kekerasan bertujuan untuk mengetahui seberapa besar tingkat kekerasan logam tersebut. Metode pengujian kekerasan telah disepakati melalui tiga metode pengujian kekerasan dengan satuan yang baku, yaitu penekanan, goresan, dan dinamik. Pengujian kekerasan dengan cara penekanan banyak digunakan oleh industri permesinan, dikarenakan prosesnya sangat mudah dan cepat dalam

memperoleh angka kekerasan logam tersebut apabila dibandingkan dengan metode pengujian lainnya. Pengujian kekerasan dengan cara penekanan terdiri dari tiga jenis, yaitu pengujian kekerasan dengan metode *Rockwell*, *Brinell*, dan *Vickers*. Ketiga metode tersebut memiliki kelebihan dan kekurangannya masing-masing, serta perbedaan dalam menentukan angka kekerasannya.

Metode *Brinell* dan *Vickers* memiliki prinsip dasar yang sama dalam menentukan angka kekerasannya, yaitu menitikberatkan pada perhitungan kekuatan bahan terhadap setiap daya luas penampang bidang yang menerima pembebanan tersebut. Sedangkan metode *Rockwell* menitikberatkan pada pengukuran kedalaman hasil penekanan atau penekan (indenter) yang membentuk bekasnya (indentasi) pada benda uji. Penjelasannya sebagai berikut :

a. Metode pengujian *Rockwell*

Metode *Rockwell* ini terdapat dua macam indenter yang ukurannya bervariasi, yaitu :

1. Kerucut intan dengan besar sudut 120° dan disebut sebagai *Rockwell Cone*.
2. Bola baja dengan berbagai ukuran dan disebut sebagai *Rockwell Ball*.

Kesalahan pada pengujian *Rockwell* dapat disebabkan oleh beberapa factor antara lain :

1. Benda uji
2. Operator

3. Mesin uji *Rockwell*

Kelebihan dari pengujian logam dengan metode *Rockwell*, yaitu :

1. Dapat digunakan untuk bahan yang sangat keras
2. Dapat dipakai untuk batu gerinda sampai plastik
3. Cocok untuk semua material yang kertas dan lunak

Kekurangan dari pengujian logam dengan metode *Rockwell*, yaitu :

1. Tingkat ketelitian rendah
2. Tidak stabil apabila terkena guncangan
3. Penekanan bebannya tidak praktis

b. Metode Pengujian *Brinell*

Cara pengujian *Brinell* dilakukan dengan penekanan sebuah bola baja yang terbuat dari baja krom yang telah dikeraskan dengan diameter tertentu oleh suatu gaya tekan secara statis kedalam permukaan logam yang diuji tanpa sentakan. Permukaan logam yang diuji harus rata dan bersih. Diameter paling atas dari lekukan tersebut diukur secara teliti. Rumus yang dipakai untuk menentukan kekerasan logam yang diuji:

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

Keterangan :

P = beban yang diberikan (KP atau Kgf)

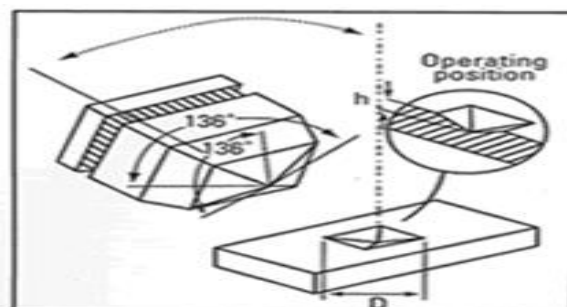
D = diameter indentor yang digunakan

d = diameter bekas lekukan

c. Metode Pengujian *Vickers*

Pada umumnya kekerasan diartikan sebagai ketahanan terhadap deformasi, sedangkan nilai kekerasan pada logam adalah ukuran ketahanan logam terhadap deformasi permanen atau plastis. Ada tiga tipe umum pengukuran kekerasan tergantung bagaimana pengujian tersebut dilakukan, yaitu *scratch Hardness* adalah pengukuran yang didasarkan pada kemampuan logam terhadap goresan. Pengukuran ini didasarkan skala mohs.

Indentation Hardness adalah pengukuran didasarkan pada kedalaman atau lebar goresan yang dibuat oleh suatu identor pada permukaan logam dengan beban tertentu. Pada saat teknik pengukuran dengan indantasi merupakan teknik pengukuran yang banyak dilakukan karena mudah untuk dilakukan dan tidak merusak spesimen secara berlebihan. Adapun beberapa teknik pengukuran kekerasan dengan indentasi yang banyak dilakukan adalah pengujian kekerasan *Rockwell* sesuai dengan yang ditetapkan oleh ASTM Standar E-18, pengujian kekerasan Brinell sesuai dengan ASTM Standar E-10, dan Pengujian kekerasan Vickers sesuai dengan ASTM Standar E-29.



Gambar 2.3 uji vickers

Uji *vickers* dikembangkan di Inggris tahun 1925an. Dikenal juga sebagai Diamond Pyramid Hardness test (DPH). Uji kekerasan *vickers* menggunakan indenter piramida intan, besar sudut antar permukaan piramida intan yang saling berhadapan adalah 136 derajat .

Ada dua rentang kekuatan yang berbeda, yaitu micro (10g – 1000g) dan macro (1kg – 100kg).

1. Standar

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

2. Cara/metoda pengujian *Vickers*

A. persiapkan alat dan bahan pengujian

1. mesin uji kekerasan *Vickers* (*Vickers Hardness Test*)
2. indenter piramida intan (diamond pyramid)
3. benda uji yang sudah di gerinda
4. amplas halus
5. *stop watch*
6. mikroskop pengukur (biasanya satu set dengan alatnya)

B. indenter di tekankan ke benda uji/material dengan gaya tertentu.

(rentang micro 10g – 1000g dan rentang macro 1kg – 100kg)

C. tunggu hingga 10 – 20 detik (biasanya 15 detik)

D. bebaskan gaya dan lepaskan indenter dari benda uji

E. ukur dua diagonal lekukan persegi (belah ketupat) yang terjadi menggunakan mikroskop pengukur. (ukur dengan teliti dan cari rata-ratanya)

F. masukkan data-data tersebut ke rumus

3. Rumus penghitungan pengujian metode *vickers* :

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

Dimana :

VHN = *Vickers Hardness Number*

P = Beban yang diberikan (kgf)

d = Panjang diagonal rata-rata hasil indentasi

2.5.2 Uji Keausan

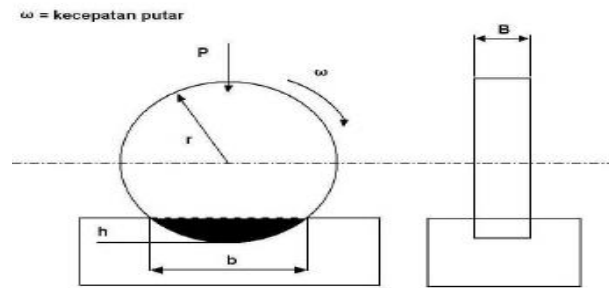
Suatu komponen struktur dan mesin agar berfungsi dengan baik sebagaimana mestinya sangat tergantung pada sifat-sifat yang dimiliki material. Material yang tersedia dan dapat digunakan oleh para engineer sangat beraneka ragam, seperti logam, polimer, keramik, gelas, dan komposit. Sifat yang dimiliki oleh material terkadang membatasi kinerjanya. Namun demikian, jarang sekali kinerja suatu material hanya ditentukan oleh satu sifat, tetapi lebih kepada kombinasi dari beberapa sifat. Salah satu contohnya adalah ketahanan-aus (wear resistance) merupakan fungsi dari beberapa sifat material (kekerasan, kekuatan, dll), friksi serta pelumasan. Oleh sebab itu penelaahan subyek ini yang dikenal dengan nama ilmu Tribologi. Keausan dapat didefinisikan sebagai rusaknya permukaan padatan, umumnya melibatkan

kehilangan material yang progresif akibat adanya gesekan (friksi) antar permukaan padatan.

Keausan bukan merupakan sifat dasar material, melainkan respon material terhadap sistem luar (kontak permukaan). Keausan merupakan hal yang biasa terjadi pada setiap material yang mengalami gesekan dengan material lain. Keausan bukan merupakan sifat dasar material, melainkan response material terhadap sistem luar (kontak permukaan). Material apapun dapat mengalami keausan disebabkan oleh mekanisme yang beragam. Pengujian keausan dapat dilakukan dengan berbagai cara metode dan teknik, yang semuanya bertujuan untuk mensimulasikan kondisi keausan aktual. Salah satunya adalah metode Ogoshi dimana benda uji memperoleh beban gesek dari cincin yang berputar (*revolving disc*).

Pembebanan gesek ini akan menghasilkan kontak antar permukaan yang berulang-ulang yang pada akhirnya akan mengambil sebagian material pada permukaan benda uji. Besarnya jejak permukaan dari material tergesek itulah yang dijadikan dasar penentuan tingkat keausan pada material. Semakin besar dan dalam jejak keausan.

Maka semakin tinggi volume material yang terkelupas dari benda uji. Ilustrasi skematis dari kontak permukaan antara revolving disc dan benda uji diberikan oleh Gambar berikut ini.



Gambar 2.4 Ilustrasi Uji Keausan

Dengan B adalah tebal revolving disc (mm), r jari-jari disc (mm), b lebar celah material yang terabrasi (mm) maka dapat diturunkan besarnya volume material yang terabrasi :

$$W = \frac{B \cdot b^3}{12r}$$

Laju keausan (V) dapat ditentukan sebagai perbandingan volume terabrasi dengan jarak luncur x (setting pada mesin uji) :

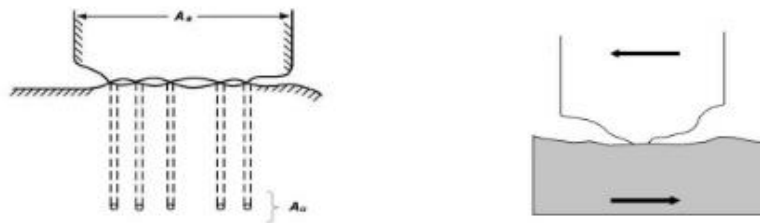
$$V = \frac{W}{x} = \frac{B \cdot b^3}{12r \cdot x}$$

Sebagaimana telah disebutkan pada bagian pengantar, material jenis apapun akan mengalami keausan dengan mekanisme yang beragam, yaitu keausan adhesive, keausan abrasive, keausan fatik, dan keausan oksidasi. 2.5 Chamshaft.

Mekanisme keausan terdiri dari :

A. Keausan adhesive (*Adhesive wear*)

Terjadi bila kontak permukaan dari dua material atau lebih mengakibatkan adanya perlekatan satu sama lainnya (adhesive) serta deformasi plastis dan pada akhirnya terjadi pelepasan / pengoyakan salah satu material seperti di perlihatkan pada gambar 2.5 di bawah ini :



Gambar 2.5 keausan adhesive

Faktor yang menyebabkan adhesive wear :

1. Kecenderungan dari material yang berbeda untuk membentuk larutan padat atau senyawa intermetalik.
2. Kebersihan permukaan.

Jumlah wear debris akibat terjadinya aus melalui mekanisme adhesif ini dapat dikurangi dengan cara ,antara lain :

1. Menggunakan material keras.
2. Material dengan jenis yang berbeda, misal berbedastruktur kristalnya.

B. Keausan Abrasif (*Abrasive wear*)

Terjadi bila suatu partikel keras (asperity) dari material tertentu meluncur pada permukaan material lain yang lebih lunak sehingga terjadi

penetrasi atau pemotongan material yang lebih lunak, seperti diperlihatkan pada Gambar 2.6 di bawah ini. Tingkat keausan pada mekanisme ini ditentukan oleh derajat kebebasan (*degree of freedom*) partikel keras atau asperity tersebut.

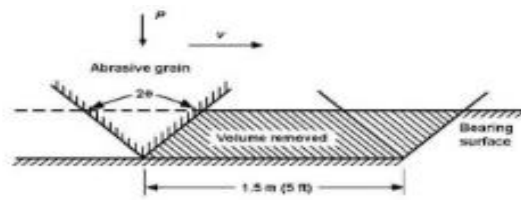
Sebagai contoh partikel pasir silica akan menghasilkan keausan yang lebih tinggi ketika diikat pada suatu permukaan seperti pada kertas amplas, dibandingkan bila partikel tersebut berada di dalam sistem slurry. Pada kasus pertama, partikel tersebut kemungkinan akan tertarik sepanjang permukaan dan akhirnya mengakibatkan pengoyakan. Sementara pada kasus terakhir, partikel tersebut mungkin hanya berputar (*rolling*) tanpa efek abrasi.

Faktor yang berperan dalam kaitannya dengan ketahanan material terhadap abrasive wear antara lain:

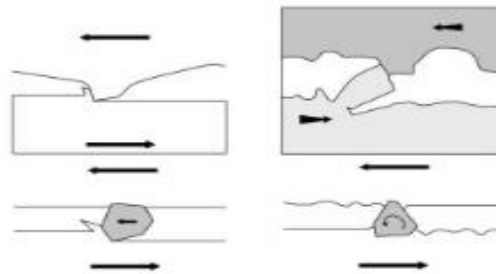
1. Material *hardness*
2. Kondisi struktur mikro
3. Ukuran abrasif
4. Bentuk

abrasif Bentuk kerusakan permukaan akibat abrasive wear, antara lain :

1. Scratching
2. Scoring
3. Gouging



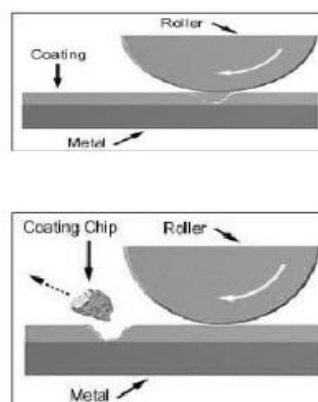
Gambar 4.4. Ilustrasi skematis keausan abrasif



Gambar 2.6 keausan metode abrasive

C. Keausan Fatik

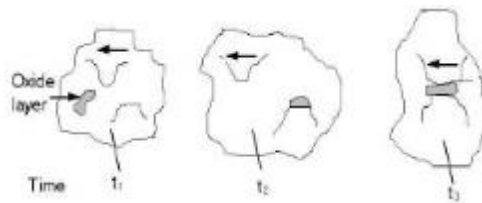
Sementara pada keausan fatik dibutuhkan interaksi multi. Keausan ini terjadi akibat interaksi permukaan dimana permukaan yang mengalami beban berulang akan mengarah pada pembentukan retak-retak mikro. Retak-retak mikro tersebut pada akhirnya menyatu dan menghasilkan pengelupasan material. Tingkat keausan sangat bergantung pada tingkat pembebanan. Gambar 2.7 memberikan skematis mekanisme keausan lelah:



Gambar 2.7 mekanisme keausan lelah

D. Keausan Oksidasi/Korosif (Corrosive wear)

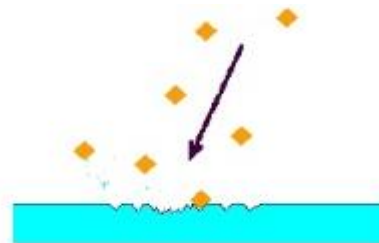
Proses kerusakan dimulai dengan adanya perubahan kimiawi material di permukaan oleh faktor lingkungan. Kontak dengan lingkungan ini menghasilkan pembentukan lapisan pada permukaan dengan sifat yang berbeda dengan material induk. Sebagai konsekuensinya, material akan mengarah kepada perpatahan interface antara lapisan permukaan dan material induk dan akhirnya seluruh lapisan permukaan itu akan tercabut.



Gambar 2.8 mekanisme keausan oksidative

E. Keausan Erosi (*Erosion wear*)

Proses erosi disebabkan oleh gas dan cairan yang membawa partikel padatan yang membentur permukaan material. Jika sudut benturannya kecil, keausan yang dihasilkan analog dengan abrasive. Namun, jika sudut benturannya membentuk sudut gaya normal (90 derajat), maka keausan yang terjadi akan mengakibatkan brittle failure pada permukaannya, skematis pengujiannya seperti terlihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 2.9 skematis pengujian keausan erosi

Camshaft atau yang disebut juga dengan noken as adalah komponen penting pada motor 4 tak yang berfungsi mengatur sirkulasi bahan bakar dan udara yang masuk ke ruang bakar maupun mengatur gas hasil pembakaran keluar dari ruang bakar. Bentuk *camshaft* berupa batangan silinder dengan panjang tertentu yang memiliki bentuk khusus dan terdapat beberapa tonjolan landai seperti telur pada badannya yang disebut *cam/lobe*. Bagian yang bernama *cam/lobe* seperti Gambar 2.10 akan bertugas menggerakkan katup mesin yang mampu membuka lubang masuk dan keluar ruang bakar mesin sehingga waktu buka-tutup katup dapat mempengaruhi tenaga pada sebuah mesin. Tenaga yang dihasilkan akan lebih sempurna tergantung pemilihan material *camshaft* yang digunakan.



Gambar 2.10 camshaft

Tiap pabrikan mesin motor membuat bentuk sebuah *Camshaft* yang berbeda-beda, meskipun itu original, terutama pada bagian lobe-nya. Oleh karena itu setiap jenis mesin pada motor dari berbagai merk, pastinya memiliki tenaga dan torsi yang berbeda-beda pula. Hubungan antara perputaran *Camshaft* dengan perputaran poros engkol sangat penting. Karena katup mengontrol aliran masukan bahan bakar dan pengeluaran,

mereka harus dibuka dan ditutup pada saat yang tepat selama stroke piston.

Jangka waktu keausan camshaft tersebut biasanya *camshaft* bawaan atau orisinil bertahan sampai 5-7 tahun, tapi banyak juga yang belum mengetahui jangka waktu keausan camshaft tiap kendaraan. Apabila camshaft aus akan mengakibatkan turunnya performa kendaraan tersebut, karena camshaft adalah benda penting bagi motor maka dari itu kita harus tahu masa keausan dan ketahanan *camshaft* tersebut.

Tujuan melakukan *heat treatment* diharapkan dapat meningkatkan kekerasan material sehingga kemungkinan terjadinya kerusakan dapat dikurangi. Umur *Camshaft* erat kaitannya dengan ketahanan terhadap kelelahan (*fatque resistance*) dan kondisi kelelahan yang berakibat pada patah merupakan salah satu penyebab utama kegagalan material/konstruksi. Camshaft pada katup motor bakar sebagai komponen kendaraan bermotor akan mengalami beban dinamis (berulang-ulang) makin lama akan berkurang ketahanan lelahnya dan pada akhirnya akan mengalami kerusakan. Camshaft yang telah lama digunakan akan mengalami penurunan kualitas sifat mekanik dikarenakan beban dinamis yang terus menerus terjadi pada komponen ini. Penurunan kualitas sifat mekanik ini tidak lagi memenuhi standar layak pakai.