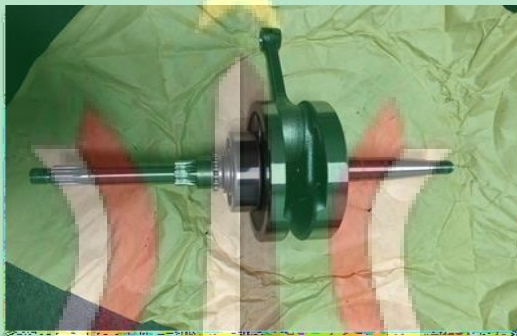


BAB II

TINJAUAN LITERATUR

2.1 Pengertian Poros Engkol

Poros engkol adalah sebuah bagian pada mesin yang mengubah gerak *vertikal/horizontal* dari *piston* menjadi gerak rotasi (putaran). Untuk mengubahnya, sebuah Poros engkol membutuhkan pena engkol (*crankpin*), sebuah *bearing* tambahan yang diletakkan di ujung batang penggerak pada setiap silindernya.



Gambar 2.1 Poros Engkol Sepeda Motor

Poros engkol menjadi suatu komponen utama dalam suatu mesin pembakaran dalam. Poros Engkol menjadi pusat poros dari setiap gerakan *piston*. Pada umumnya poros engkol berbahan besi cor karena harus dapat menampung momen inersia yang dihasilkan oleh gerakan naik turun *piston*. Poros Engkol harus terbuat dari bahan yang kuat dan mampu menahan beban atau momen yang kuat karena poros engkol harus menerima putaran mesin yang tinggi[3].

2.2 Fungsi Poros Engkol

Fungsi dari poros engkol motor adalah sebagai komponen yang berfungsi untuk mengubah gerakan naik turun yang dihasilkan oleh *piston* menjadi gerakan memutar yang nantinya akan diteruskan ke transmisi, untuk menahan beban atau momen yang kuat karena komponen yang satu ini berperan sebagai komponen yang menerima putaran tinggi dari mesin, meneruskan gaya kopel momen gaya yang dihasilkan oleh motor ke alat pemindah tenaga sampai ke roda, merubah gerak translasi *piston* menjadi gerak putar.

2.3 Jenis-Jenis Poros Engkol

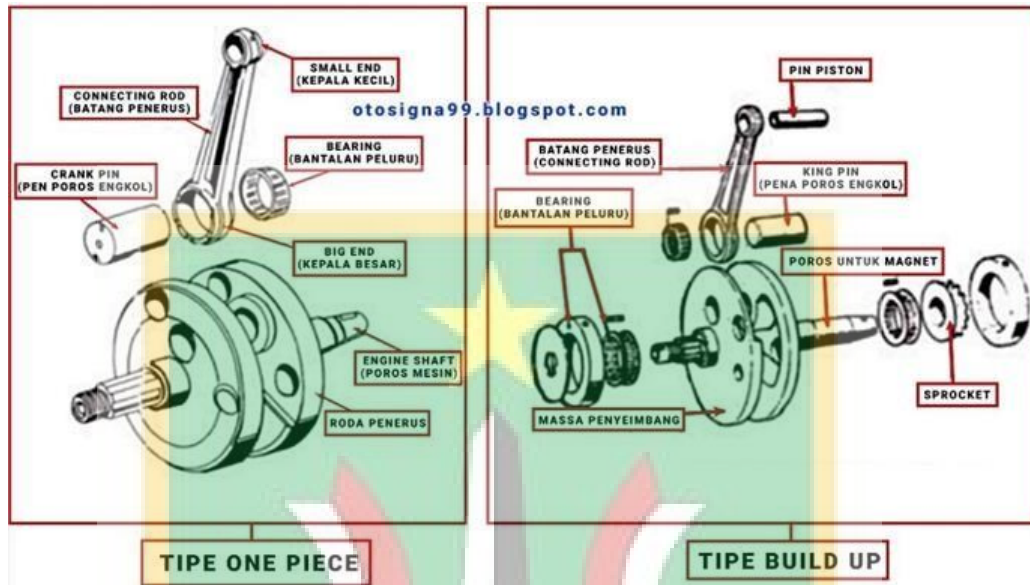
Saat ini ada 2 jenis poros engkol yang telah dibuat dan dikembangkan secara kegunaannya masing-masing. Poros engkol dapat dibagi dalam 2 jenis diantaranya yaitu sebagai berikut :

- Jenis *built up* untuk jenis ini digunakan pada motor jenis kecil yang mempunyai jumlah silinder satu atau dua.
- Jenis *one piece* untuk jenis ini digunakan pada motor jenis besar yang mempunyai jumlah silinder banyak.[4]

Untuk motor satu silinder pada poros engkolnya (biasanya dihadapan pena engkol) ditempatkan bobot kontra sebagai pengimbangan putaran engkol sewaktu piston motor mendapat tekanan kerja sedangkan untuk motor yang bersilinder banyak, pena engkolnya dipasang saling mengimbangi.

Perkiraan berat bobot kontra yaitu sama dengan berat batang *piston* di tambah dengan berat engkol seluruhnya. Dengan demikian poros engkol itu dapat diseimbangkan, sehingga dapat berputar lebih rata dan getaran-getaran engkol menjadi

hilang. Ini akan menyebabkan tekanan pada bantalan menjadi berkurang dan merata dengan adanya bobot kontra ini.

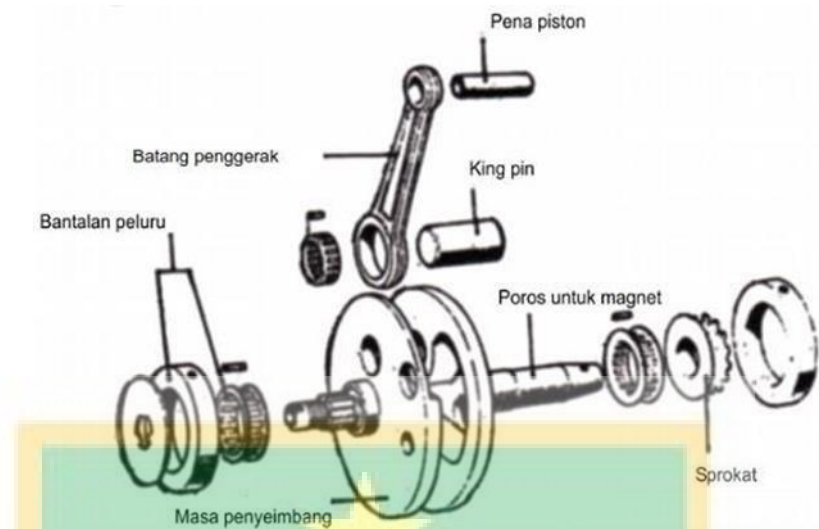


Gambar 2.2 Jenis-jenis Poros engkol

2.4 Bagian-bagian Poros engkol

Berikut bagian-bagian dari Poros engkol :

- *Oil hole* = untuk saluran pelumasan
- *Crank pin* = untuk tempat tumpuan *big end connecting rod*
- *Crank journal* = sebagai titik tumpu pada blok motor
- *Counter balace weight* = sebagai bobot penyeimbang putaran



Gambar 2.3 bagian-bagian Poros engkol

2.5 Material Poros Engkol

Poros engkol menerima beban yang berat selama beroperasi maka Poros engkol dibuat dari bahan baja AISI 1045 sehingga memiliki daya tahan tinggi

2.6 Baja

Baja adalah logam paduan, logam besi yang berfungsi sebagai unsur dasar dicampur dengan beberapa elemen lainnya, termasuk unsur karbon. Besi dapat terbentuk menjadi dua bentuk kristal yaitu *Body Center Cubic (BCC)* dan *Face Center Cubic (FCC)*, tergantung dari tempraturnya ketika ditempa. Dalam susunan bentuk *BCC*, ada atom besi ditengah-tengah kubus atom, dan susunan *FCC* memiliki atom besi disetiap sisi pada enam sisi kubus atom. Interaksi alotropi yang terjadi antara logam besi dengan elemen pemadu, seperti karbon, yang membuat baja dan besi tuang memiliki ciri khas yang ada pada diri mereka.[5]

Kandungan unsur karbon dalam baja berkisar antara 0.2% hingga 2.1% dari berat

keseluruhan baja tersebut sesuai grade-nya. Elemen berikut ini selalu ada dalam baja: karbon, mangan, fosfor, sulfur, silikon, dan sebagian kecil oksigen, nitrogen dan aluminium. Selain itu, ada elemen lain yang ditambahkan untuk membedakan karakteristik antara beberapa jenis baja di antaranya : mangan, nikel, krom, molybdenum, boron, titanium, vanadium, dan niobium

2.7 Baja AISI 1045

Baja Karbon AISI 1045 adalah jenis Baja yang tergolong dalam Baja paduan Karbon sedang yang banyak digunakan sebagai bahan utama pada mesin seperti Poros, Gear, dan batang penghubung *Piston* pada kendaraan bermotor. Baja karbon sedang merupakan salah satu material yang banyak diproduksi dan digunakan untuk membuat alat-alat atau bagian-bagian mesin, karena baja karbon sedang memiliki sifat yang dapat dimodifikasi, sedikit Ulet (*Ductile*) dan tangguh (*toughness*).[5]

2.8 Pengaruh Unsur Paduan Pada Baja

Unsur paduan dalam paduan baja memberikan sifat-sifat khusus dalam paduan baja tersebut, pengaruh unsur paduan yaitu[6] :

1. Karbon (C) merupakan unsur paduan terpenting yang ada dalam semua baja. Jumlahnya relatif dominan dibandingkan unsur-unsur lain. Istilah baja karbon (*carbon steel*) merujuk pada baja dengan kandungan karbon sebagai campuran utama dengan persentase mencapai kisaran 0,12% s/d 2%. Pada baja unsur karbon, peran yang diberikan adalah meningkatkan kekerasan, kekuatan tarik, dan reaksinya terhadap perlakuan panas. Peningkatan kandungan karbon berbanding lurus dengan kenaikan titik lebur baja, tetapi

juga mengurangi ketangguhan dan membuatnya getas/mudah patah serta menurunkan kemampuan untuk di las (*weldability*). Pada kebanyakan baja yang dilas kandungan karbonnya kurang dari 0,5%.

2. *Mangan* (Mn) termasuk unsur paduan yang tak kalah penting dari karbon. Kehadirannya berpotensi memperbaiki struktur baja serta menambah kekuatannya dengan cara meningkatkan pengerasan dan membuat baja tahan aus. Penambahan mangan juga mengantisipasi terjadinya oksidasi serta terbentuknya besi sulfida dan kotoran terlarut (inklusi) dalam proses pembuatan. Jumlah mangan yang terkandung dalam baja biasanya sekitar 0,3%, tetapi pada beberapa jenis baja karbon kandungannya bisa mencapai 1,5%.
3. *Phospor* (P) Kandungan fosfor (P) pada kebanyakan baja karbon rata-rata sekitar 0,04%. Dalam jumlah yang berlebihan unsur fosfor cenderung dianggap sebagai pengotor karena berpotensi mengurangi kekerasan/ketangguhan baja. Oleh karena itulah fosfor hanya ditambahkan dalam jumlah kecil. Penambahan fosfor hingga 0,1% pada low alloy high-strength bertujuan untuk meningkatkan kekuatan dan ketahanan terhadap korosi.
4. *Sulphur* (S) adalah unsur yang cenderung dianggap sebagai pengotor, tetapi jika dalam jumlah sedikit ($<0,05\%$) memberikan pengaruh positif, seperti membuat baja mudah dibentuk. Namun, jumlah yang berlebihan berdampak pada kerapuhan dan menurunkan kemampuan baja untuk dilas dan/atau meningkatkan risiko pembentukan retak las.
5. *Silikon* (Si) berpotensi memperbaiki struktur baja seperti halnya unsur

mangan (Mn), tetapi dalam tingkat yang relatif lebih kecil. Unsur silikon akan menambah kekuatan dan kekerasan baja. Unsur ini dapat menjadi penstabil karbida yang terbentuk akibat penambahan paduan lain. Silikon juga berperan sebagai *deoxidizer*—pengikat/penghilang oksigen atau gas terlarut lain (*nitrogen*)—untuk mengantisipasi kerusakan dan/atau cacat. Persentase normal sekitar untuk kandungan sulfur berkisar 0,4%.

6. Ferro (Fe) Penambahan ferro bermaksud guna mengurangi penyusutan, namun penambahan unsur yang banyak juga akan mengakibatkan struktur hasil perubahan butirnya yang kasar.
7. Krom (Cr) Kandungan krom berfungsi untuk membentuk karbida serta meningkatkan temperatur austenisasi, ketahanan korosi, kekuatan, kekerasan, dan ketahanan sifat aus.
8. Nitrogen (N) Kandungan nitrogen memiliki efek pengerasan dan pengetasaan terhadap baja disamping. Itu menambahkan unsur pemadu berguna untuk menaikkan sifat mekanik pada temperatur rendah serta untuk meningkatkan daya tahan terhadap reaksi kimia.
9. Molibdenum (Mo) Kandungan molibdenum berfungsi untuk meningkatkan kadar kekerasan, ketangguhan, keuletan, dan ketahanan terhadap temperatur tinggi serta memperbaiki sifat mampu lasnya.
10. Nikel (Ni) Kandungan nikel berfungsi untuk meningkatkan kekuatan dan ketangguhan baja dengan cara mempengaruhi transformasi fas. Nikel membuat struktur butiran menjadi halus dan menambah keuletan

2.9 Bahan dan Sifat Baja

Baja diproduksi melalui perpaduan sejumlah material seperti besi, karbon, kromium, nikel, silikon, sulfur, mangan, aluminium, nitrogen, dan oksigen. Memiliki kekuatan tarik yang tinggi serta biaya pembuatan yang tergolong rendah, material baja ini menjadi favorit banyak orang untuk keperluan pembangunan rumah seperti konstruksi, pagar, hingga kanopi dengan baja ringan.

Sifat baja pun berbeda-beda sesuai dengan hasil baja yang dibuat dan dibentuk. Dalam penggunaannya, baja mencapai 90% lebih dengan campuran untuk tujuan khusus. Baja dibuat dalam perbandingan (*presentase*) zat arang yang berlainan. Semakin tinggi *presentase* zat arangnya, maka baja menjadi :

- Kekuatan tanknya bertambah
- Sifat regan berkurang
- Kekerasannya bertambah, juga sifat dapat dikeraskan disepuh maksimum 1,7% karbon.
- Titik cair berkurang misal 0% karbon titik cair 1539°C 17% karbon titik cair 1380°C

Baja mudah sekali berkarat oleh panas maupun lembab. Maka baja untuk transmisi harus dilapisi untuk menahan karat. Untuk pemeriksaan kawat dimasukkan ke dalam oksida tembaga di atas. Karena baja tidak memiliki daya hantar yang baik, maka untuk kabel transmisi di atas tanah biasanya hanya berfungsi sebagai penguat.

Selain sifat ini adapun sifat khas baja:

- a. Keras, kuat, awet
- b. Sifat magnetnya kuat
- c. Koefisien muai rendah

- d. Tahan terhadap tekanan/beban
- e. Tahan terhadap asam
- f. Tahan karat

2.10 Baja Paduan

Baja paduan (*alloy*) adalah baja yang memiliki sedikit kandungan dari satu atau lebih elemen paduan (selain karbon) seperti *manganese*, *silicon*, *nikel*, *titanium*, *copper*, *chromium* serta *aluminium*. Pencampuran tersebut menghasilkan sifat yang tidak dimiliki oleh baja karbon reguler. Baja paduan sering sekali digunakan di industri karena biayanya yang ekonomis, mudah ditemukan, mudah diproses dan memiliki sifat mekanik yang baik. Baja paduan lebih responsif terhadap perlakuan panas dan perlakuan mekanik dibandingkan dengan baja karbon.[5]

Tegasnya, setiap baja sudah merupakan paduan, tetapi tidak semua baja bisa disebut "baja paduan". Yang paling sederhana, baja adalah besi (Fe) dicampur dengan karbon (C) (sekitar 0,1% sampai 1%, tergantung pada jenis). Namun, istilah "baja paduan" adalah istilah standar yang mengacu pada baja dengan lain-lain unsur paduan yang ditambahkan dengan sengaja selain karbon.

Baja paduan dibuat dengan mengkombinasikan baja karbon dengan satu atau lebih elemen paduan sehingga merubah kekerasan, ketahanan korosi, kekuatan, kemudahan untuk dibentuk (*formability*) serta kemudahan untuk dilas. Aspek-aspek yang paling penting yang diinginkan adalah untuk :

1. Menambah kemampuan untuk di-harden
2. Menambah ketahanan korosi
3. Meningkatkan kekerasan dan kekuatan

2.10.1 Elemen Paduan dan Efeknya

- *Chromium* : Meningkatkan kekerasan, ketangguhan dan ketahanan aus
- *Cobalt* : Digunakan dalam pembuatan peralatan pahat, meningkatkan kekerasan pada suhu tinggi
- *Manganese* : Meningkatkan kekerasan permukaan, ketahanan mulur dan beban kejut.
- *Molybdenum* : Meningkatkan kekuatan, ketahanan terhadap beban kejut dan panas
- *Nickel* : Meningkatkan kekuatan dan ketangguhan serta ketahanan korosinya.
- *Tungsten* : Meningkatkan kekerasan dan struktur garis batas antar struktur mikro (*grain*).
- *Vanadium* : Meningkatkan kekuatan, ketangguhan dan ketahanan beban kejut serta ketahanan terhadap korosi.
- *Chromium-vanadium* : meningkatkan kekuatan Tarik secara signifikan, keras namun mudah untuk dibengkokkan dan dipotong

2. 11 Klasifikasi Baja

Baja karbon *carbon steel*, dibagi menjadi tiga yaitu[5] :

1. Baja karbon rendah (*low carbon steel*) è *machine, machinery dan mild steel*
 - 0,05 % – 0,20 % C : *automobile bodies, buildings, pipes, chains, rivets, screws, nails.*
 - 0,20 % – 0,30 % C : *gears, shafts, bolts, forgings, bridges, buildings.*
2. Baja karbon menengah (*medium carbon steel*)

Kekuatan lebih tinggi daripada baja karbon rendah. Sifatnya sulit untuk

dibengkokkan, dilas, dipotong. Penggunaan:

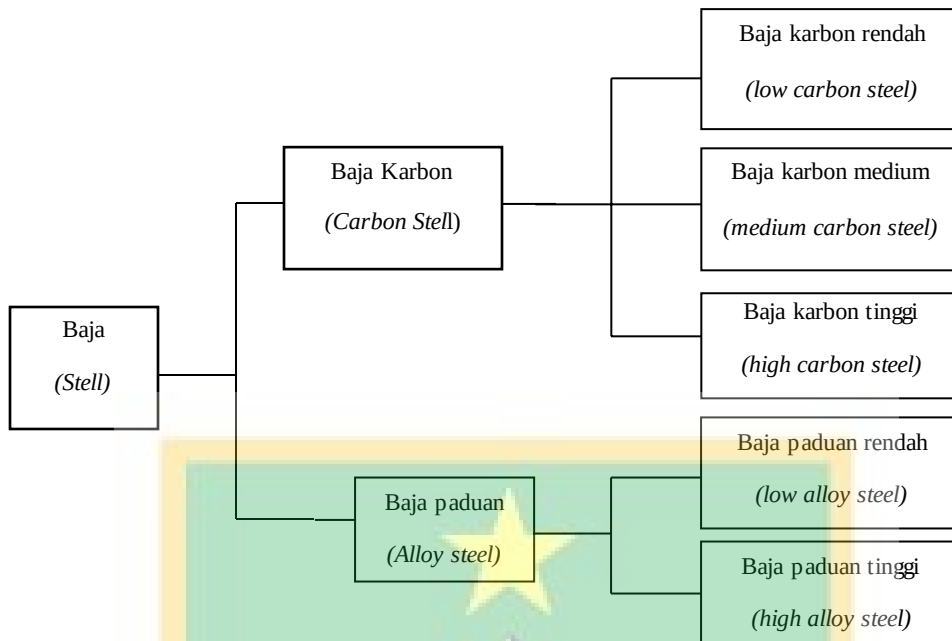
- 0,30 % – 0,40 % C : *connecting rods, crank pins, axles.*
- 0,40 % – 0,50 % C : *car axles, crankshafts, rails, boilers, auger bits, screwdrivers.*
- 0,50 % – 0,60 % C : *hammers dan sledges.*

3. Baja karbon tinggi (*high carbon steel*) *tool steel*

Sifatnya sulit dibengkokkan, dilas dan dipotong. Kandungan karbon antara 0,60 % – 1,50 % Kandungan unsur karbon dalam baja berkisar antara 0.2% hingga 2.1% dari berat keseluruhan baja tersebut sesuai grade-nya.

Elemen berikut ini selalu ada dalam baja: karbon, mangan, fosfor, sulfur, silikon, dan sebagian kecil oksigen, nitrogen dan aluminium. Selain itu, ada elemen lain yang ditambahkan untuk membedakan karakteristik antara beberapa jenis baja diantaranya: mangan, nikel, krom, molybdenum, boron, titanium, vanadium dan niobium. Dengan memvariasikan kandungan karbon dan unsur paduan lainnya, berbagai jenis kualitas baja bisa didapatkan.[5]

Fungsi karbon dalam baja adalah sebagai unsur pengeras dengan mencegah dislokasi bergeser pada kisi kristal dari atom penyusun besi. Tanpa karbon ini maka struktur kristal dari besi murni tidak memiliki resistensi antar atom dan akan saling melewati satu sama lain, atau menjadi sangat lembek. Baja karbon ini dikenal sebagai baja hitam karena berwarna hitam. Baja modern secara umum diklasifikasikan berdasarkan kualitasnya oleh beberapa lembaga-lembaga standar. Proses pemurnian lanjutan, seperti *basic oxygen steelmaking (BOS)*, menggantikan sebagian besar metoda-metoda lama dengan menurunkan biaya produksi dan meningkatkan kualitas produk akhir.[5]



Gambar 2.4 Klasifikasi Baja

2.12 Proses Perlakuan (*Heat Treatment*) Panas pada Baja

Proses perlakuan panas didefinisikan sebagai suatu proses atau kombinasi dari beberapa proses yang meliputi pemanasan dengan laju pemanasan yang spesifik, ditahan selama waktu dan temperatur tertentu dan kemudian didinginkan dengan laju pendinginan yang sangat spesifik untuk mendapatkan struktur dan sifat-sifat tertentu (sifat mekanik, sifat fisik sifat magnetik atau elektrik) yang dikehendaki. Definisi lainnya adalah kombinasi pemanasan dan pendinginan (dengan atau tanpa pengendalian/kontrol laju pendinginan) pada baja karbon dan paduannya sehingga menghasilkan sifat mekanik dan fisik yang berbeda dari kondisi awalnya. Proses pemanasan dan pendinginan ini dinamakan perlakuan panas (*heat treatment*). Selama proses perlakuan panas berlangsung akan terjadi perubahan struktur mikro dari baja tersebut. Mengapa perlu dilakukan proses perlakuan panas? Ada beberapa alasan proses

perlakuan panas diadakan, akan tetapi yang paling fundamental adalah:

- a. Mempersiapkan material logam sebagai produk setengah jadi agar layak diproses lebih lanjut.
- b. Meningkatkan umur pakai material logam sebagai produk jadi.

Beberapa jenis proses perlakuan panas pada baja dan paduannya yang biasa dilakukan di industri manufaktur untuk mendapatkan hasil yang diinginkan adalah sebagai berikut:

- a. *Annealing* dan *Normalizing*
- b. Pendinginan cepat (*Quenching*)
- c. *Tempering* – *Martempering*
- d. *Austempering*

2.13 Metalografi

Metalografi adalah Metalografi adalah suatu teknik atau metode preparasi material untuk mengukur baik secara kuantitatif maupun kualitatif dari informasi-informasi yang terdapat dalam material yang dapat diamati seperti fasa, butir, orientasi butir, jarak atom, dislokasi, topografi, dan sebagainya. Metalografi meliputi proses penyiapan sampel yang dimulai dari pemilihan sampel, pemotongan, pembersihan, penggerindaan, pemolesan dan pengetsaan.

- a. Pemilihan Sample

Pemilihan sampel merupakan langkah awal dalam mempersiapkan analisis metalografi. Langkah ini sangat penting karena sampel merupakan gambaran dari perilaku bagian yang akan diuji atau dianalisis.

b. Pemotongan Sampel

Sebelum memotong sampel suatu material, setiap metalografer harus dapat menentukan dengan benar dan memilih bagian yang akan dipotong untuk dijadikan sampel. Selama proses pemotongan sampel, yang harus diperhatikan adalah kemungkinan terjadinya deformasi akibat panas yang berlebihan pada sampel. Untuk mencegah dan menghindari dampak tersebut, direkomendasikan untuk mendinginkan sampel secara memadai untuk proses pemotongan.

c. Pembungkai

Bahan *mounting* terdiri dari resin dan pengeras yang dicampur dalam suatu wadah. Kedua bahan diaduk hingga homogen, kemudian campuran tersebut dituangkan ke dalam cetakan yang sampelnya telah diatur posisinya, dibiarkan di lingkungan atmosfer hingga dingin. Setelah dingin, sampel yang terbungkai dikeluarkan dari dalam cetakan. Untuk memperoleh hasil *mounting* yang baik pencampuran resin dan *acrylic* harus sesuai dengan takaran yang telah ditentukan.

d. Penggerindaan

Penggerindaan adalah proses preparasi mekanikal untuk mengeliminasi kerusakan atau deformasi material akibat pemotongan dan menghasilkan sedikit deformasi baru. Tujuan yang ingin dicapai dalam preparasi penggerindaan adalah mendapatkan permukaan sampel material yang datar, rata dengan kerusakan/goresan minimal yang dapat dihilangkan dengan mudah selama pemolesan dalam waktu singkat.

Penggerindaan sampel dibedakan menjadi 2 (dua) yaitu penggerindaan basah (*wet grinding*) dan penggerindaan kering (*dry grinding*). Bila selama penggerindaan sampel menggunakan pendingin dan pelumas, dinamakan penggerindaan basah. Sebaliknya, bila selama penggerindaan sampel tidak menggunakan pendingin dan

pelumas, dinamakan penggerindaan kering.

Penggerindaan basah mempunyai keuntungan yaitu :

1. Meminimalkan kerusakan permukaan akibat panas dari gesekan permukaan sampel dengan bahan abrasif (kertas ampelas).
2. Memaksimalkan umur pemakaian kertas ampelas.
3. Meminimalkan logam yang terperangkap di dalam partikel-partikel abrasif (*clogging*).

4. Meminimalkan kecenderungan bahan abrasif lepas pada permukaan sampel.
Disamping itu, penggerindaan basah akan mendinginkan sampel sehingga mengurangi panas gesekan yang mungkin dapat mengubah mikrostruktur material sebenarnya.

Penggerindaan basah umumnya menggunakan air sebagai pendingin dan pelumas, kecuali untuk material yang bereaksi dengan air menggunakan kerosin atau cairan lain sebagai pendingin dan pelumas. Sebagian besar preparasi penggerindaan sampel material menggunakan penggerindaan basah. Penggerindaan kering hanya digunakan untuk preparasi material khusus.

Proses penggerindaan pada cuplikan dilakukan bertahap dan berurutan dari amplas berukuran grit kasar ke amplas berukuran grit halus yaitu 80, 180, 320, 500, 600, 800, 1000, 1200, 1500, 2000 dan 2400 mesh.

Arah penggerindaan terbaik 45o – 90o terhadap arah penggerindaan sebelumnya. Pada penggerindaan manual, operator mengamati secara visual permukaan sampel untuk menjamin goresan-goresan dari tahap sebelumnya dapat dihilangkan dengan penggerindaan berikutnya. Pada akhir setiap tahap penggerindaan, permukaan sampel dibersihkan dengan air mengalir, dibilas dengan alkohol, kemudian dikeringkan dengan

dryer. Hal ini dilakukan dengan tujuan untuk menghilangkan serpihan bekas penggerindaan sebelumnya.

e. Pemolesan

Pemolesan (*polishing*) merupakan preparasi sampel tahap akhir untuk mendapatkan permukaan sampel yang rata, bebas goresan, dan mengkilap seperti cermin (reflektivitas tinggi). Pemolesan diklasifikasikan menjadi 2 (dua) yaitu pemolesan kasar dan pemolesan halus. Pemolesan kasar menggunakan bahan abrasif dengan ukuran partikel dalam rentang 30 sampai 3 μm . Pemolesan halus menggunakan bahan abrasif dengan ukuran partikel dalam rentang 1 μm dan kurang dari 1 μm . Pemolesan kasar melibatkan satu atau lebih tahapan *abrasive* dan *low-nap* atau *napless cloths*. Pemolesan halus juga menggunakan satu atau lebih tahapan *abrasive* dan memakai *low-medium* atau *high-nap cloths*.

f. Pengetsaan

Pengetsaan adalah suatu proses yang dilakukan terhadap sampel untuk memperoleh informasi secara mikro dari sampel tersebut. Pengetsaan dapat dilakukan secara elektrolisis dan secara kimia. Pengetsaan secara kimia dilakukan dengan cara mencelupkan sampel ke dalam larutan etsa dengan menggunakan penjepit yang tahan karat seperti nikel atau baja tahan karat. Keberhasilan pengetsaan sampel sangat dipengaruhi oleh ketepatan waktu pengetsaan, yaitu keberadaan sampel dalam larutan atau lamanya cuplikan di dalam larutan etsa (15 ml HNO_3 , 30 ml HF , 30 ml HCl , 25 ml Gliserin). Pengetsaan yang waktunya kurang lebih baik dari pada pengetsaan yang waktunya berlebihan.

Pengetsaan dikendalikan oleh proses korosi hasil aksi elektrolitik antara daerah permukaan dengan potensial berbeda. Aktivitas elektrolitik hasil dari ketidakseragaman

fisis atau kimia lokal memberikan beberapa fitur anodik dan lainnya katodik di bawah kondisi pengetsaan spesifik. Pengetsaan kimia menghasilkan kontras metalografi dengan faceting kristal hasil beda reflektivitas dan batas butir atau pengetsaan batas fasa atau butir, menghasilkan alur-alur.

Selama pengetsaan, fasa anodik lebih elektropositip diserang, sedangkan fasa katodik elektronegatip tidak diserang. Jika beda potensial antara dua fasa naik, waktu pengetsaan dikendalikan secara hati-hati untuk menghindari *overetching*. Waktu pengetsaan paduan dupleks lebih cepat dibandingkan logam murni atau paduan fasa tunggal. Fasa katodik tak teretsa, berupa relief dan nampak terang, ukurannya cukup besar. Kekasaran permukaan membuat fasa anodik nampak gelap di bawah pencahayaan daerah terang.

g. Pengamatan Metalografi

Pengamatan metalografi dengan mikroskop optik dapat dikelompokkan menjadi 2 (dua), yaitu :

1. Makroskopi, yaitu pengamatan struktur pembesaran 5 – 50 kali.
2. Mikroskopi, yaitu pengamatan struktur pembesaran di atas 50 – 1000 kali.

Pengamatan makroskopi dapat dilakukan secara visual. Tujuan pengamatan makroskopi adalah untuk mengetahui adanya segregasi dari unsure poshpor, sulfur dan lain-lainya adanya inklusi, rongga udara, penyusutan dan rongga pada suatu logam atau logam paduan produk cor.

Pengamatan mikroskopi dilakukan dengan menggunakan mikroskopi optik Tujuan pengamatan mikroskopi yaitu :

- a. Mengetahui sifat-sifat logam dan mengidentifikasi paduannya berdasarkan bentuk gambar struktur mikro.

- b. Melihat struktur mikro material logam sebelumnya telah mengalami proses pengerjaan atau perlakuan panas (seperti: *Quenching*, *Normalizing*), proses pengelasan, pengerjaan dingin, dan lain sebagainya.
- c. Melihat sebab-sebab terjadinya penyimpangan struktur logam atau sampel jenis cacat lainya (retakan atau korosi).

2.14 Pengujian Kekerasan

Pengujian Kekerasan daya tahan suatu material terhadap penetrasi dari indentor. Salah satu metode yang digunakan untuk menentukan kekerasan logam dan paduannya adalah metode Kekerasan *Vickers*.

Alat uji kekerasan *Vickers* menekan indentor berupa piramida intan ke permukaan logam dengan beban tertentu, kemudian panjang diagonal jejaknya diukur dan dihitung bilangan kekerasan *Vickers* dengan menggunakan persamaan 2.1. Kekerasan dapat dihubungkan dengan kekuatan luluh atau kekuatan tarik logam, Karena sewaktu indentasi, material di sekitar jejak mengalami deformasi plastis mencapai beberapa persen regangan tertentu.

Kekerasan dari metode *Vickers* diukur dari bekas luas penekanan indentor (luas jejakan piramida). Pada metode *Vickers* indentor yang digunakan berupa piramida intan. Dasar piramida berbentuk bujursangkar dan sudut antara dua bidang miring yang berhadapan 136° . Diagonal bekas penekanan (d) diukur dengan menggunakan mikroskop pengukur.

Tabellen Zur Bestimmung Der Vickershärte Mit Dem Leitz Miniload, Skala kekerasan *Vickers* dihitung sebagai berikut :

$$HVN = \frac{\text{Gaya}}{\text{Luas Penekanan}} = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(2.1)$$

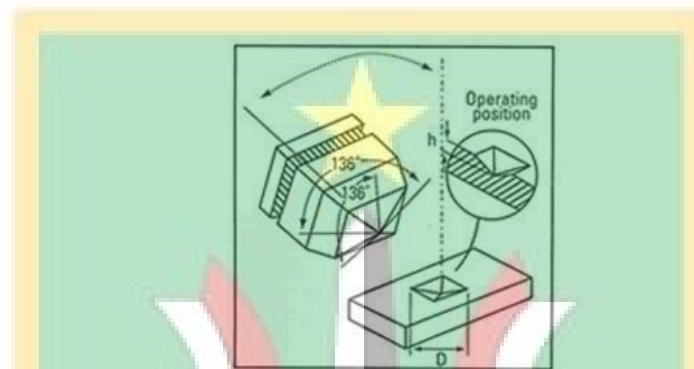
$$HVN = \frac{2 P \sin \frac{\theta}{2}}{d^2} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana :

P : Beban (kgf)

D : Diagonal Jejak Rerata (μm)

θ : Sudut Piramid Penjejak, 136°



Gambar 2.5 Indentor Piramid Uji Kekerasan Vickers

Pengujian kekerasan penting, baik untuk pengendalian kerja maupun penelitian, khususnya bilamana diperlukan informasi mengenai getas pada suhu tinggi.

Hal-hal yang harus diperhatikan pada pengujian kekerasan dengan menggunakan metode *Vickers*, yaitu:

1. Permukaan benda uji harus dibuat sehalus mungkin (dipoles), agar pengukuran jarak diagonal bekas penekan mudah.
2. Tebal minimum benda uji 1,5 x jarak diagonal penekanan diagonal(d)
3. Jarak penekanan dari tepi benda dan jarak anatar tiap titik pengukuran minimum 3 x jarak diagonal bekas penekanan (d).
4. Pada waktu pengukuran diagonal bekas penekanan (d), harus menggunakan mikroskop yang pembesarannya sedemikian rupa sehingga jarak sebesar $2 \mu\text{m}$

dapat diukur dengan jelas.

5. Dapat digunakan untuk mengukur kekerasan material yang sangat keras, bekas penekanan yang dihasilkan sangat kecil dan pengukuran diagonal dalam satuan μm .
6. Jadi untuk mendapatkan hasil yang agak besar beban yang digunakan harus lebih besar dan permukaannya harus sehalus mungkin.
7. Dapat digunakan untuk mengukur kekerasan yang tipis dan keras untuk itu gaya yang dipilih yang lebih kecil, sehingga persyaratan tebal lapisan atau benda yang diuji minimum 1,5 dari panjang diagonal bekas penekanan terpenuhi.

2.15 Kualitas

Kualitas adalah kondisi fisik, sifat dan fungsi suatu produk, baik berupa produk maupun jasa, berdasarkan tingkat kualitas yang sesuai dengan daya tahan, keandalan, dan kemudahan penggunaan, penggunaan, kesesuaian, perbaikan, dan komponen lain yang dirancang untuk memenuhi kebutuhan pelanggan, kepuasan dan kebutuhan

2.16 Perspektif kualitas

Perspektif kualitas produk adalah kualitas atau keunggulan suatu produk dan jasa secara keseluruhan dengan maksud yang diinginkan oleh konsumen. Ada lima jenis kualitas perspektif produk, adalah :

1. Pendekatan Transendental (*Transcendental Approach*)

Kualitas produk dalam pendekatan ini mampu dirasakan dan diketahui namun akan sulit untuk dijelaskan dan juga digunakan. Sudut pandang dalam hal ini biasanya diimplementasikan dalam seni tari, seni musik, seni rupa, dan juga drama.

Nantinya, perusahaan akan mampu mempromosikan produknya dengan berbagai pertanyaan, seperti tempat belanja yang dinilai mengenyangkan, elegan, kecantikan, dll. Sehingga, fungsi perencanaan, produksi, dan juga pelayanan pada suatu perusahaan akan sulit sekali untuk dijelaskan dengan pengertian ini sebagai bagian dasar dari manajemen kualitas.

2. Pendekatan Berbasis Produk (*Product-Based Approach*)

Kualitas produk dengan pendekatan ini akan menilai bahwa kualitas sebagai suatu ciri khas atau atribut yang mampu diantifikasikan dan juga mampu diukur.

Perbedaan yang ada pada segi kualitas akan mencerminkan perbedaan dalam jumlah unsur dan atribut yang terkandung pada suatu produk. Jadi, setiap produk tidak akan menjelaskan perbedaan dalam hal selera, kebutuhan, dan preferensi tiap orang karena penilaiannya sangat objektif.

3. Pendekatan Berbasis Pengguna (*User-Based Approach*)

Pendekatan ini dilakukan berdasarkan anggapan bahwa kualitas produk tergantung bagaimana orang lain melihatnya, dan produk yang mampu memuaskan seseorang adalah produk yang berkualitas tinggi. Perspektif yang dilakukan secara subjektif dan juga demand-oriented pun menyatakan bahwa pelanggan yang berbeda mempunyai tingkat kebutuhan dan juga kemauan yang berbeda, sehingga tingkat kepuasan maksimal yang nantinya akan dirasakan.

Kita tahu bahwa tingkat kepuasan seseorang akan berbeda-beda, sehingga pandangan tiap orang akan kualitas produk akan berbeda-beda berdasarkan sudut pandangnya. Untuk itu, suatu produk yang mampu memenuhi keinginan dan juga kepuasan seseorang belum tentu mampu memenuhi kepuasan orang lain.

4. Pendekatan Berbasis Manufaktur (*Manufacturing-Based Approach*)

Biasanya, perspektif ini akan bersifat lebih *supply-based*, khususnya dalam memperhatikan berbagai praktik perekayasaan, produksi, dan juga menjelaskan kualitas sebagai persyaratannya. Dalam perusahaan jasa, perspektif ini bisa bersifat *operation-driven*. Pendekatan ini juga akan lebih memperhatikan penyesuaian spesifikasi yang memang dikembangkan secara internal yang sering kali di motivasi oleh tujuan peningkatan produktivitas dan efisiensi biaya. Oleh karena itu, yang menentukan kualitas dalam hal ini adalah perusahaan, bukan konsumen.

5. Pendekatan Berbasis Nilai (*Value-Based Approach*)

Pendekatan ini akan menilai kualitas dari sisi nilai dan harga dengan memikirkan *trade-off* antara performa dan harga. Dalam hal ini, kualitas juga sering dinilai secara relatif, sehingga produk yang dibuat oleh perusahaan dengan kualitas paling tinggi belum tentu menjadi produk yang juga memiliki nilai tinggi. Namun, produk yang bernilai adalah produk yang paling tepat untuk dibeli atau digunakan oleh konsumen.

2.17 Pengujian Komposisi Kimia

Pada pengujian komposisi kimia menggunakan alat spektrometer *X-Ray Fluorescence* (XRF) merupakan teknik analisa *non-destruktif* yang digunakan untuk identifikasi serta penentuan konsentrasi elemen yang ada pada padatan, bubuk ataupun sampel cair. XRF mampu mengukur elemen dari berilium (Be) hingga Uranium, bahkan di bawah level ppm (10^{-6} g). Secara umum, spektrometer XRF mengukur panjang gelombang komponen material secara individu dari emisi fluoresensi yang dihasilkan sampel saat diradiasi dengan sinar-X.

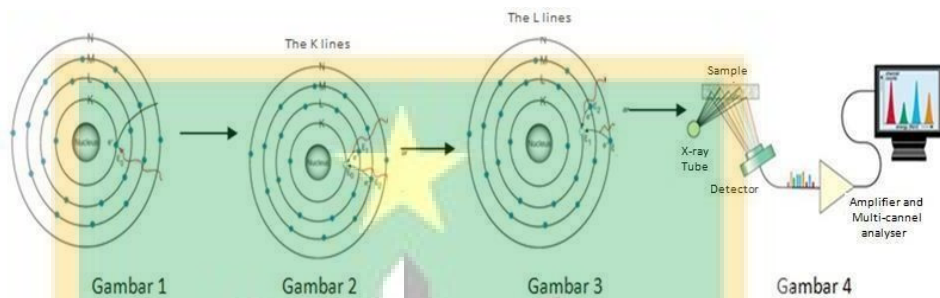
Apabila terjadi eksitasi sinar-X primer yang berasal dari tabung X ray atau sumber

radioaktif mengenai sampel, sinar-X dapat diabsorpsi atau dihamburkan oleh material. Proses dimana sinar-X diabsorpsi oleh atom dengan mentransfer energinya pada elektron yang terdapat pada kulit yang lebih dalam disebut efek fotolistrik. Selama proses ini, bila sinar-X primer memiliki cukup energi, elektron pindah dari kulit yang di dalam sehingga menimbulkan kekosongan. Kekosongan ini menghasilkan keadaan atom yang tidak stabil. Apabila atom kembali pada keadaan stabil, elektron dari kulit luar pindah ke kulit yang lebih dalam dan proses ini menghasilkan energi sinar-X yang tertentu dan berbeda antara dua energi ikatan pada kulit tersebut. Emisi sinar-X dihasilkan dari proses yang disebut *X Ray Fluorescence (XRF)*. Proses deteksi dan analisa emisi sinar-X disebut analisa XRF. Pada umumnya kulit K dan L terlibat pada deteksi XRF. Sehingga sering terdapat istilah $K\alpha$ dan $K\beta$ serta $L\alpha$ dan $L\beta$ pada XRF. Jenis spektrum X ray dari sampel yang diradiasi akan menggambarkan puncak-puncak pada intensitas yang berbeda.

Energi pada XRF adalah karakteristik level energi dari lintasan elektron tiap elemen. Level energi berbeda untuk setiap elemen. Dengan analisis energi pada spektrum XRF yang diemisikan oleh sebuah zat, dapat ditentukan elemen yang ada pada unsur dan konsentrasinya tiap zat. Informasi ini dibutuhkan untuk mengidentifikasi suatu unsur.

Berdasarkan karakteristik sinar yang dipancarkan, elemen kimia dapat diidentifikasi dengan menggunakan WDXRF (*Wavelength Dispersive XRF*) dan EDXRF (*Energy Dispersive XRF*). Pada tipe WDXRF, dispersi sinar-X diperoleh dari difraksi dengan menggunakan analyzer yang berupa kristal yang berperan sebagai grid. Kisi kristal yang spesifik memilih panjang gelombang yang sesuai dengan hukum Bragg. Sedangkan tipe EDXRF bekerja tanpa menggunakan kristal, namun menggunakan software yang mengatur seluruh radiasi dari sampel ke detektor.

Analisis menggunakan XRF dilakukan berdasarkan identifikasi dan pencacahan sinar-X yang terjadi akibat efek fotolistrik. Efek fotolistrik terjadi karena elektron dalam atom pada sampel terkena sinar berenergi tinggi. Berikut adalah penjelasan prinsip kerja *X-Ray Fluorescence* (XRF) berdasarkan efek fotolistrik.



Gambar 2.6 (1) Elektron Tereksitasi Keluar (2) Pengisian Kekosongan Elektron (3) Pelepasan Energi (4) Proses analisis data.

Dari Gambar 2.6 dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Sinar-X ditembakkan pada sampel, jika selama proses penembakan Sinar-X mempunyai energi yang cukup maka elektron akan terlempar (terekstasi) dari kulitnya yang lebih dalam yaitu kulit K dan menciptakan kekosongan pada kulitnya.
2. Kekosongan tersebut mengakibatkan kondisi yang tidak stabil pada atom. Untuk menstabilkan kondisi maka elektron dari tingkat energi yang lebih tinggi misalnya dari kulit L dan M akan berpindah menempati kekosongan tersebut. Pada proses perpindahan tersebut, energi dibebaskan karena adanya perpindahan dari kulit yang memiliki energi lebih tinggi (L/M) ke dalam kulit yang memiliki energi paling rendah (K). Emisi yang dikeluarkan oleh setiap material memiliki karakteristik khusus.

3. Proses tersebut memberikan karakteristik dari Sinar-X, yang energinya berasal dari perbedaan energi ikatan antar kulit yang berhubungan. Sinar-X yang dihasilkan dari proses ini disebut *X-Ray Fluorescence*.
4. Proses untuk mendeteksi dan menganalisa Sinar-X yang dihasilkan disebut *X-Ray Fluorescence Analysis*. Penggunaan spektrum X-Ray pada saat penyinaran suatu material akan didapatkan multiple peak (puncak ganda karena adanya K- α dan K- β pada intensitas yang berbeda.



Gambar 2.7 Terbentuknya K-alpha dan K-Beta

Data hasil pengukuran XRF berupa sumber spektrum dua dimensi dengan sumbu-x adalah energi (keV) sedangkan sumbu-y adalah cacahan/ intensitas sinar-x yang dipancarkan oleh setiap unsur. Setiap unsur menghasilkan spektrum dengan energi yang spesifik. Energi yang dibutuhkan untuk mengeluarkan inti elektron dan juga energi yang dipancarkan oleh transisi merupakan karakteristik dari setiap unsur. Transisi dari kulit elektron L yang mengisi kulit K menghasilkan transisi, sedangkan kulit elektron M yang mengisi kulit K menghasilkan transisi. XRF sangat cocok untuk menentukan unsur seperti Si, Al, Mg, Ca, Fe, K, Na, Ti, S, dan P dalam batuan siliciclastik dan juga untuk unsur metal seperti Pb, Zn, Cd, dan Mn.

2.18 Pengamatan Struktur Mikro

Pengujian mikrostruktur dilakukan untuk mengetahui gambaran dari kumpulan fasa-fasa yang dapat diamati melalui teknik metalografi. Struktur mikro suatu logam dapat dilihat dengan menggunakan mikroskop. Mikroskop yang dapat digunakan yaitu mikroskop optik dan mikroskop elektron. Sebelum dilihat dengan mikroskop,

permukaan logam harus dibersihkan terlebih dahulu, kemudian reaksikan dengan reagen kimia untuk mempermudah pengamatan.

Untuk mengetahui sifat dari suatu logam, kita dapat melihat struktur mikronya. Setiap logam dengan jenis berbeda memiliki struktur mikro yang berbeda. Dengan melalui diagram fasa, kita dapat meramalkan struktur mikronya dan dapat mengetahui fasa yang akan diperoleh pada komposisi dan temperatur tertentu. Dan dari struktur mikro kita dapat melihat :

- a. Ukuran dan bentuk butir
- b. Distribusi fasa yang terdapat dalam material khususnya logam
- c. Pengotor yang terdapat dalam material

