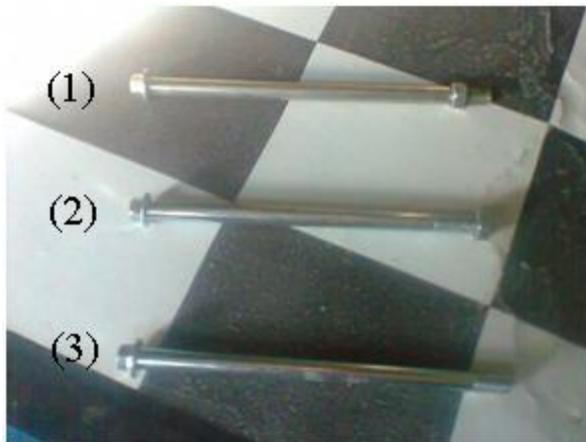


## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Poros

#### 2.1.1 Pengertian Poros

Poros adalah suatu bagian stasioner yang berputar, biasanya berpenampang bulat dimana terpasang elemen-elemen seperti roda gigi, puli, roda gila, engkol, *sprocket* dan elemen pemindah lainnya. Poros bisa menerima beban lenturan, beban tarikan, beban tekan atau beban puntiran yang bekerja sendiri-sendiri atau berupa gabungan satu dengan lainnya. (Josep Edward Shigley, 1983).



Ket :

1. JW Parts
2. Tzeng
3. Honda Genuine Parts

*Gambar 2.1. Jenis-jenis poros roda belakang sepeda motor Supra*

- Poros banyak kita jumpai pada kendaraan-kendaraan bermotor diantaranya pada sepeda motor, yang akan dibahas penulis ialah penggunaan poros roda pada kendaraan bermotor yaitu sepeda motor supra.

#### 2.1.2. Bahan Poros

Poros untuk sepeda motor dibuat dari baja batang yang ditarik dingin dan difinis, baja karbon konstruksi mesin yang dihasilkan dari ingot yang dideoksidasikan dengan ferrosilikon dan di cor. Meskipun demikian, bahan ini kelurusannya agak kurang tepat dan dapat mengalami deformasi karena tegangan yang kurang seimbang misalnya bila diberi alur pasak, karena ada tegangan sisa didalam poros. Tetapi penarikan dingin membuat permukaan poros menjadi keras dan kekuatannya bertambah besar.

Poros – poros yang dipakai untuk meneruskan putaran tinggi dan beban berat umumnya dibuat dari baja paduan dengan pengerasan kulit yang sangat tahan

terhadap keausan. Beberapa diantaranya adalah baja khrom nikel, baja khrom nikel molibden, baja khrom, baja khrom molibden, dll. Sekalipun demikian pemakaian baja paduan tidak selalu dianjurkan jika alasannya hanya karena putaran tinggi dan beban berat. Dalam hal demikian perlu dipertimbangkan penggunaan baja karbon yang diberi perlakuan panas secara tepat untuk memperoleh kekuatan yang diperlukan. (Kiyokatsu Suga,1997)

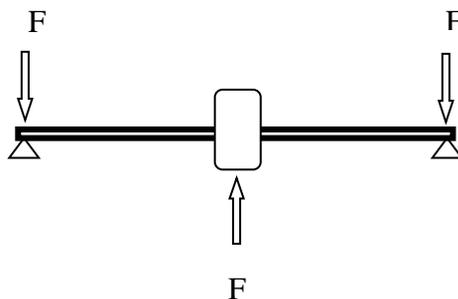
### 2.1.3. Efek Getaran Terhadap Material Poros

Defleksi adalah perubahan bentuk pada poros dalam arah y akibat adanya pembebanan vertical yang diberikan pada poros. Sumbu sebuah poros akan terdeteksi dari kedudukannya semula bila benda dibawah pengaruh gaya terpakai. Dengan kata lain suatu poros akan mengalami pembebanan, baik itu beban terpusat maupun terbagi merata akan mengalami defleksi. (Soemono, dkk 1989)

Jika putaran mesin dinaikkan maka terjadi getaran yang luar biasa besarnya. Putaran ini disebut putaran kritis. Karena getaran memberikan efek beban yang berulang-ulang yang menyebabkan terjadinya defleksi pada poros yang menyebabkan poros menjadi tidak lurus lagi akibat material mengalami kelelahan akibat pembebanan yang terjadi terus menerus (fatik), di dukung dengan panas yang di akibatkan gesekan antar *bearing* yang menyebabkan material berubah struktur namun itu hanya berpengaruh kecil karena panas tidak meningkat akibat adanya pendinginan secara alami yaitu melalui udara. Sebaliknya apabila poros tidak lurus lagi maka memberikan efek getaran yang lebih besar lagi yang mengakibatkan kerugian energi dan bisa menyebabkan kerusakan.

### 2.1.4. Beban Yang Terjadi Pada Poros Roda Sepeda Motor

Ada beberapa beban yang terjadi pada poros sepeda motor yaitu beban puntir dan beban tekan,yang akan dibahas disini adalah beban tekan.



Gambar 2 .2. Gaya atau beban-beban yang diterima poros roda

Pada poros sepeda motor, poros menerima beban dari atas dan juga dari bawah, beban dari atas biasanya terjadi pada kedua ujung poros yang menjadi tumpuan, sedangkan dari bawah ialah pada saat roda mendapat beban dari atas diteruskan ke roda, karena roda disini terhubung melalui poros maka, beban akan terjadi melalui bagian bawah poros karena roda akan memantul ke aspal sehingga memberikan gaya dorong dari bawah tepat kebagian tengah poros.

## 2.2 Uji Kekerasan

### 2.2.1. Pengertian Kekerasan

Kekerasan sulit untuk didefinisikan karena memiliki arti yang berbeda sesuai dengan bidang pemakaiannya. Pada pengujian logam kekerasan didefinisikan sebagai ketahanan suatu logam terhadap indentasi (penekanan) sedangkan didalam mineralogi kekerasan merupakan ketahan suatu mineral terhadap goresan dengan menggunakan standar kekerasan mohs. Terdapat tiga jenis umum mengenai ukuran kekerasan, yang tergantung pada cara melakukan pengujian yaitu:

1. Kekerasan goresan (*scratch hardness*) atau kekerasan mohs.
2. Kekerasan lekukan (*indentation hardness*) menurut Brinel, Rockwell, Vicker, dan Mikrohardness Tuken atau Knoop untuk logam.
3. Kekerasan pantulan (*rebound hardness*) atau kekerasan dinamik (*dynamic hardness*).

Kekerasan goresan merupakan perhatian utama para ahli mineral. Dengan mengukur kekerasan, berbagai mineral dan bahan-bahan yang lain, disusun berdasarkan kemampuan goresan yang satu terhadap yang lain. Kekerasan goresan diukur dengan skala Mohs. Skala ini terdiri dari atas 10 standar mineral disusun berdasarkan kemampuannya untuk digores.

Mineral yang paling lunak pada skala ini adalah *talk* (kekerasan goresan 1), sedangkan intan mempunyai kekerasan 10. Kuku jari mempunyai kekerasan sekitar 2, tembaga yang dilunakkan kekerasannya 3, dan martensit 7. Skala Mohs tidak cocok untuk logam, karena interval skala pada nilai kekerasan yang tinggi. Logam yang paling keras mempunyai kekerasan pada skala Mohs, antara 4 sampai 8. Suatu jenis lain pengukuran kekerasan goresannya adalah mengukur kedalaman atau lebar goresan pada permukaan benda uji yang dibuat oleh jarum penggores yang terbuat dari intan dan diberi beban yang terbatas. Cara ini merupakan metode yang sangat berguna untuk mengukur kekerasan relatif kandungan-kandungan mikro, tetapi metode ini tidak memberikan ketelitian yang besar atau kemampu-ulangan yang tinggi.

Pada pengukuran kekerasan dinamik, biasanya penumbuk dijatuhkan ke permukaan logam dan kekerasan dinyatakan sebagai energi tumbuknya. Skeleroskop Shore (*shore scleroscope*), yang merupakan contoh paling umum dari suatu alat

penguji kekerasan dinamik, mengukur kekerasan yang dinyatakan dengan tinggi lekukan atau tinggi pantulan.

Tabel 2.1. Skala Kekerasan Mohs

<i>Mohs Scale of Hardness</i>		
<i>Mineral</i>	<i>Scale Number</i>	<i>Common Object</i>
<i>Talc</i>	<i>1</i>	
<i>Gypsum</i>	<i>2</i>	<i>Finger nail</i>
<i>Calcite</i>	<i>3</i>	<i>Copper Penny</i>
<i>Fluorite</i>	<i>4</i>	<i>Steel Nail</i>
<i>Apatite</i>	<i>5</i>	<i>Glass Plate</i>
<i>Orthoclase</i>	<i>6</i>	
<i>Quartz</i>	<i>7</i>	<i>Streak Plate</i>
<i>Topaz</i>	<i>8</i>	
<i>Corundum</i>	<i>9</i>	
<i>Diamond</i>	<i>10</i>	

### 2.2.2 Kekerasan Brinell

Uji lekukan yang pertama kali banyak digunakan serta disusun pembakuannya adalah metode yang diajukan oleh J.A. Brinell pada tahun 1900. Uji kekerasan Brinell berupa pembentukan lekukan pada permukaan logam dengan memakai bola baja berdiameter 10 mm dan diberi beban 3000 kg. Untuk logam lunak, beban dikurangi hingga tinggal 500 kg, untuk menghindari jejak yang dalam, dan untuk bahan yang sangat keras, digunakan paduan karbida tungsten, untuk memperkecil terjadinya distorsi indenter.

Beban diterapkan selama selang waktu tertentu, biasanya 30 detik, dan diameter lekukan diukur dengan mikroskop daya rendah, setelah beban tersebut dihilangkan. Kemudian dicari harga rata-rata dari 2 buah pengukuran diameter pada jejak yang berarah tegak lurus, permukaan dimana lekukan akan dibuat harus relatif halus, bebas dari debu atau kerak. Angka kekerasan Brinell (BHN) dinyatakan sebagai beban  $P$  dibagi luas permukaan lekukan. Rumus untuk angka kekerasan tersebut adalah :

$$\text{BHN} = \frac{\text{Gaya Tekan}}{\text{Luas permukaan}} = \frac{P}{\pi D/2 (\sqrt{D^2 - d^2})} = (\text{kg/mm}^2)$$

Dimana :

$P$  = gaya tekan (kg)

$D$  = diameter bola indenter (mm)

$d$  = diameter tapak tekan (mm)

Satuan dari BHN adalah kilogram per meter kuadrat. Akan tetapi, BHN tidak memenuhi konsep fisika, karena rumus diatas tidak melibatkan tekanan rata-rata pada permukaan lekukan. Dari persamaan diatas dilihat bahwa  $d = D \sin \theta$ . Dengan memasukan harga ini ke dalam persamaan diatas, akan dihasilkan bentuk persamaan kekerasan Brinell yang lain, yaitu:

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

Untuk mendapatkan BHN yang sama dengan beban atau diameter bola yang tidak standar, diperlukan keserupaan lekukan secara geometris. Keserupaan geometris diperoleh, sejauh besar sudut  $\theta$  tidak berubah. Tanpa menjaga  $P/D^2$  konstan, yang dalam percobaan sering merepotkan maka BHN akan bervariasi terhadap beban. Pada daerah dengan beban yang beragam, BHN akan mencapai harga maksimum pada beban menengah. Oleh karena itu, tidak mungkin menggunakan beban tunggal untuk mencakup seluruh daerah harga kekerasan yang terdapat pada logam-logam komersial.

Jejak yang relatif besar dari pada kekerasan Brinell memberikan keuntungan dalam membagikan secara pukuk rata ketidakseragaman lokal, selain itu uji Brinell tidak begitu dipengaruhi oleh goresan dan kekerasan permukaan dibandingkan dengan uji kekerasan yang lain. Di lain pihak, jejak Brinell yang besar ukurannya, dapat menghalangi pemakaian uji tersebut untuk benda uji yang kecil, atau pada bagian yang kritis terhadap tegangan, dimana lekukan yang terjadi dapat menyebabkan kegagalan (*failure*).

### 2.2.3 Kekerasan Vickers

Permukaan benda uji ditekan dengan penetrator intan berbentuk piramida dasar piramida berbentuk bujur sangkar dan sudut antara dua bidang miring yang berhadapan  $136^\circ$ . Sudut ini dipilih, karena nilai tersebut mendekati sebagian besar nilai perbandingan yang diinginkan antara diameter lekukan dan diameter bola penumbuk pada uji kekerasan Brinell. Karena bentuk penumbuknya piramid, maka pengujian ini sering dinamakan uji kekerasan piramida intan. Angka kekerasan piramida intan (DPH), atau angka kekerasan Vickers (VHN atau VPH), didefinisikan sebagai beban dibagi luas permukaan lekukan. Pada prakteknya, luas ini dihitung dari pengukuran mikroskopik panjang diagonal jejak. DPH dapat ditentukan dari persamaan berikut:

Dimana :

P = Beban yang digunakan (kg)

d = Panjang diagonal rata-rata dari bekas penekanan (mm)

$\theta$  = Sudut antara permukaan intan yang berlawanan ( $136^\circ$ )

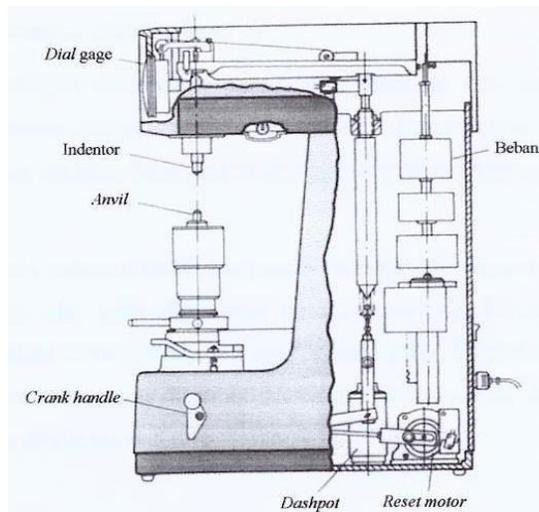
Uji kekerasan Vickers banyak dilakukan pada pekerjaan penelitian, karena metode tersebut memberikan hasil berupa skala kekerasan yang kontinu, untuk suatu beban tertentu dan digunakan pada logam yang sangat lunak, yakni DPH-nya 5

---

hingga logam yang sangat keras, dengan DPH 1500. Dengan uji kekerasan *Rockwell*, yang atau uji kekerasan Brinell, biasanya diperlukan perubahan beban atau penumbuk pada nilai kekerasan tertentu, sehingga pengukuran pada suatu skala kekerasan yang ekstrem tidak bisa dibandingkan dengan skala kekerasan yang lain. Karena jejak yang dibuat dengan penumbuk piramida serupa secara geometris dan tidak terdapat persoalan mengenai ukurannya, maka DPH tidak tergantung kepada beban.

Pada umumnya hal ini dipenuhi, kecuali pada beban yang sangat ringan. Beban yang biasanya digunakan pada uji Vickers berkisar 1 hingga 120 kg, tergantung kepada kekerasan logam yang diuji. Hal-hal yang menghalangi keuntungan pemakaian metode Vickers adalah: uji kekerasan Vickers tidak dapat digunakan untuk pengujian rutin karena pengujian tersebut lamban dan memerlukan persiapan permukaan benda uji yang hati-hati dan terdapat pengaruh kesalahan manusia yang besar pada penentuan panjang diagonal. Ketelitian pengukuran diagonal bekas penekanan cara Vickers akan lebih tinggi dari pada pengukuran diameter bekas penekanan Brinell. Cara Vickers dapat digunakan untuk material yang sangat keras.

#### 2.2.4 Kekerasan Rockwell



Gambar 2.6. Mesin uji kekerasan rockwell

Uji kekerasan Rockwell ini paling banyak dipergunakan di Amerika Serikat. Hal ini disebabkan oleh sifat-sifatnya yaitu : cepat, bebas dari kesalahan manusia, mampu untuk membedakan perbedaan kekerasan yang kecil pada baja yang

---

diperkeras, dan ukuran lekukannya kecil sehingga bagian yang mendapat perlakuan panas yang lengkap dapat diuji kekerasannya tanpa menimbulkan kerusakan. Uji ini menggunakan kedalaman lekukan pada beban yang konstan sebagai ukuran kekerasan.

Metoda pengujian kekerasan Rockwell yaitu mengindentasi material contoh dengan indenter kerucut intan atau bola baja. indenter ditekan ke material dibawah beban *minor*/terkecil pada umumnya 10 kgf. Ketika keseimbangan telah dicapai, suatu indikasi terlihat pada alat, yang mengikuti pergerakan indenter dan demikian bereaksi terhadap perubahan kedalaman penetrasi oleh indenter, ini merupakan angka posisi pertama. Beban kedua atau beban utama ditambahkan tanpa menghilangkan beban awal, sehingga akan meningkatkan kedalaman penetrasi. Saat keseimbangan kembali tercapai, beban utama dihilangkan tetapi beban awal masih tetap diberikan. Dengan hilangnya beban utama maka akan terjadi *recovery* parsial dan terjadi pengurangan jejak kedalaman. Peningkatan kedalaman penetrasi akhir sebagai hasil aplikasi ini dan kehilangan beban utama digunakan untuk menentukan nilai kekerasan Rockwell

$$HR = E - e \quad (2-7)$$

Dimana :  $F_0$  = beban awal minor (kgf)

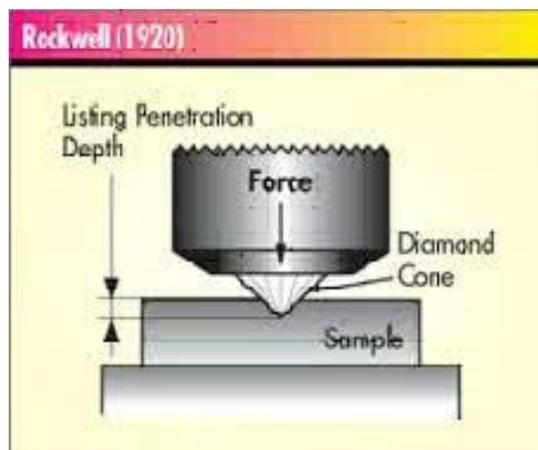
$F_1$  = beban tambahan utama (kgf)

$F$  = beban total (kgf)

$e$  = peningkatan kedalaman akhir dari penetrasi dimana

$E$  = konstanta yang bergantung pada indenter,

HR = angka kekerasan *Rockwell*



Gambar 2.7. Prinsip kerja pengujian kekerasan Rockwell.

Adapun skala kekerasan *Rockwell* dapat dilihat pada table 2.2 berikut ini:

Tabel 2.2. Skala Kekerasan *Rockwell*

Skala	Penekan	Beban			Skala Kekerasan	Warna Angka
		Awal	Utama	Jumlah		
A	Kerucut intan 120°	10	50	60	100	Hitam
B	Bola baja 1,558 mm (1/16")	10	90	100	130	Merah
C	Kerucut intan 120°	10	140	150	100	Hitam
D	Kerucut intan 120°	10	90	100	100	Hitam
E	Bola baja 3,175 mm (1/8")	10	90	100	130	Merah
F	Bola baja 1,558 mm	10	50	60	130	Merah
G	Bola baja 1,558 mm	10	140	150	130	Merah
H	Bola baja 3,175 mm	10	50	60	130	Merah
K	Bola baja 3,175 mm	10	140	150	130	Merah
L	Bola baja 6,35 mm (1/4")	10	50	60	130	Merah
M	Bola baja 6,35 mm	10	90	100	130	Merah
P	Bola baja 6,35 mm	10	140	150	130	Merah
R	Bola baja 12,7 mm (1/2")	10	50	60	130	Merah
S	Bola baja 12,7 mm	10	90	100	130	Merah
V	Bola baja 12,7 mm	10	140	150	130	Merah

### 2.3. Pengujian Tarik

Pengujian tarik yaitu pengujian yang bertujuan untuk mendapatkan gambaran tentang sifat-sifat dan keadaan dari suatu logam. Pengujian tarik dilakukan dengan penambahan beban secara perlahan-lahan, kemudian akan terjadi pertambahan panjang yang sebanding dengan gaya yang bekerja. Kesebandingan ini terus berlanjut sampai bahan sampai titik *propotionality limit*. Setelah itu pertambahan panjang yang terjadi sebagai akibat penambahan beban tidak lagi berbanding lurus, pertambahan beban yang sama akan menghasilkan penambahan panjang yang lebih besar dan suatu saat terjadi penambahan panjang tanpa ada penambahan beban, batang uji bertambah panjang dengan sendirinya. Hal ini dikatakan batang uji mengalami *yield* (luluh). Keadaan ini hanya berlangsung sesaat dan setelah itu akan naik lagi.

Kenaikan beban ini akan berlangsung sampai mencapai maksimum, untuk batang yang ulet beban mesin tarik akan turun lagi sampai akhirnya putus. Pada saat beban mencapai maksimum, batang uji mengalami pengecilan penampang setempat (*local necting*) dan penambahan panjang terjadi hanya disekitar *necking* tersebut. Pada batang getas tidak terjadi *necking* dan batang akan putus pada saat beban maksimum.

Pada pengujian tarik nantinya akan diperoleh sifat mekanik dari logam. Beberapa sifat mekanik tersebut adalah:

### 2.3.1. Sifat Mekanik di daerah Elastis :

- Kekuatan elastis : kemampuan batang untuk menerima beban / tegangan tanpa berakibat terjadinya *deformasi plastis* (perubahan bentuk yang permanen). Ditunjukkan oleh titik luluh (*yield*).
- Kekakuan (*stiffness*) : suatu batang yang memiliki kekakuan tinggi bila mendapat beban (dalam batas elastisnya) akan mengalami *deformasi plastis*, tetapi hanya sedikit.
- Resilience : kemampuan bahan untuk menyerap energi tanpa menyebabkan terjadinya *deformasi plastis*. Dinyatakan dengan besarnya luasan di bawah grafik daerah elastik (Modulus Resilien)

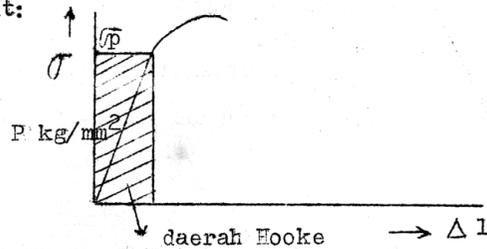
### 2.3.2. Sifat mekanik di daerah plastis :

- Kekuatan tarik (*Tensile strength*): Kemampuan batang untuk menerima beban/ tegangan tanpa mengakibatkan batang rusak atau putus. Kekuatan tarik maksimum ditunjukkan sebagai tegangan maksimum (*ultimate stress*) pada kurva tegangan-regangan.
- Keuletan (*Ductility*): Kemampuan bahan untuk berdeformasi tanpa menjadi patah. Dapat diukur dengan besarnya tegangan plastis yang terjadi setelah batang uji putus. Ditunjukkan sebagai garis elastik pada grafik tegangan-regangan.
- Ketangguhan (*Toughness*): Kemampuan menyerap energi tanpa mengakibatkan patah, dapat diukur dengan besarnya energi yang diperlukan untuk mematahkan batang uji. Ketangguhan dinyatakan dengan modulus ketangguhan yaitu banyaknya energi yang dibutuhkan untuk mematahkan satu satuan volume bahan. Ditunjukkan sebagai keseluruhan luasan di bawah kurva tegangan-regangan.

Penentuan modulus elastisitas melalui pengujian tarik memerlukan teknik pengujian yang sangat teliti, yaitu antara lain dengan menggunakan Denan extesiometer, maka berbagai kesalahan pengukuran perubahan panjang , misalnya defleksi system mesin tarik dan slip antara batang uji dengan pemeganya, dapat dihilangkan. Dalam penggunaannya untuk suatu konstruksi, tegangan yang bekerja pada komponen harus lebih kecil daripada batas luluhnya. Hal ini berarti bahwa deformasi yang terjadi akibat pembebanan hanyalah deformasi elastis. Batas luluhnya bukannya satu-satunya criteria pemilihan bahan konstruksi. Keuletan bahan merupakan criteria yang sangat penting. Bahan yang getas, meskipun kuat, akan cenderung mengalami patah getas yang cepat sekali perambatannya. Patah getas ditandai dengan sangat sedikitnya deformasi di daerah patahan.

---

Hubungan antara beban dari perpanjangan dapat dinyatakan dalam grafik sebagai berikut:



Dalam pengujian tarik dapat diamati fenomena yang terjadi yaitu :

- Elastisitas : kemampuan bahan untuk menerima tegangan tanpa mengakibatkan bentuk.
- Plastis : Kemampuan bahan untuk mengalami sejumlah deformasi yang permanent tanpa mengalami kerusakan.
- Luluh : Keadaan dimana specimen mengalami perpanjangan tanpa adanya kenaikan beban.
- Bidang patah : Tempat terjadinya patah pada benda uji.

### 2.3.3. Tegangan Regangan

Pada uji tarik benda di beri beban gaya tarik satu sumbu yang di tambah besar secara kontinyu bersama itu di lakukan pengamatan mengenai perpanjangan yang di alami benda uji. Kurva rekayasa di buat dari pengukuran perpanjangan benda uji. Tegangan yang di gunakan kurva tegangan membujur rata-rata dari pengujian tarik di peroleh dengan membagi beban dengan luas awal penampang melintang benda uji :

$$\delta = P_{\max} / A_0$$

Dimana :  $P_{\max}$  = Beban maximum

$A_0$  = Luas Penampang

Regangan yang digunakan untuk kurva tegangan regangan rekayasa adalah regangan linier rata-rata yang diperoleh dari cara membagi perpanjangan linier (gauge length) benda uji dengan panjang awal benda uji :

$$\varepsilon = \Delta l / l_0 = l - l_0 / l_0$$

Dimana :  $\varepsilon$  = Regangan

$l$  = Panjang specimen setelah patah

$l_0$  = Panjang specimen awal

## **2.4. Heat Treatment (Perlakuan Panas)**

### **2.4.1 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.

### **2.4.2. 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.

### **2.4.3. Annealing**

Proses *annealing* atau melunakkan baja adalah prose pemanasan baja di atas temperature kritis ( 723 °C ) selanjutnya dibiarkan bebrapa 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 :

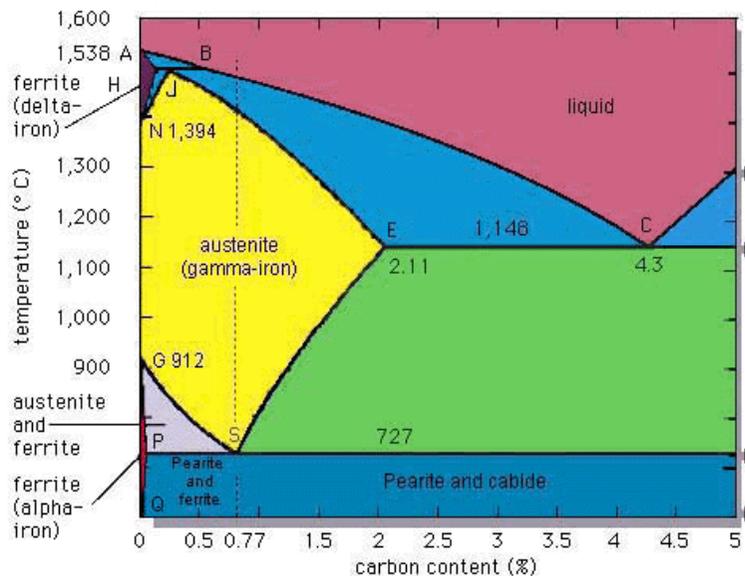
- Melunakkan material logam
- Menghilangkan tegangan dalam / sisa
- Memperbaiki butir-butir logam.

### **2.4.4. Normalizing**

*Normalizing* adalah suatu proses pemanasan logam hingga mencapai fase austenit yang kemudian diinginkan 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.

### **2.4.5. Full Hardening**

Untuk memenuhi tuntutan fungsi seperti harus keras, tahan gesekan atau beban kerja yang berat, maka baja harus dikeraskan melalui proses pengerasan. Prinsip dari full hardening adalah memanaskan baja sampai titik temperatur austenit kemudian didinginkan secara memdadak / quenching dengan kecepatan pendinginan diatas kecepatan pendinginan kritis agar terjadi pembentukan martensit dan diperoleh kekerasan yang tinggi. Besarnya Temperatur pemanasan austenit tergantung dari jenis baja, dan biasanya tiap-tiap produsen sudah mengeluarkan diagram suhunya masing-masing. Untuk mencapai suhu austenit  $\pm 900$  °C harus dilakukan pemanasan bertahap,



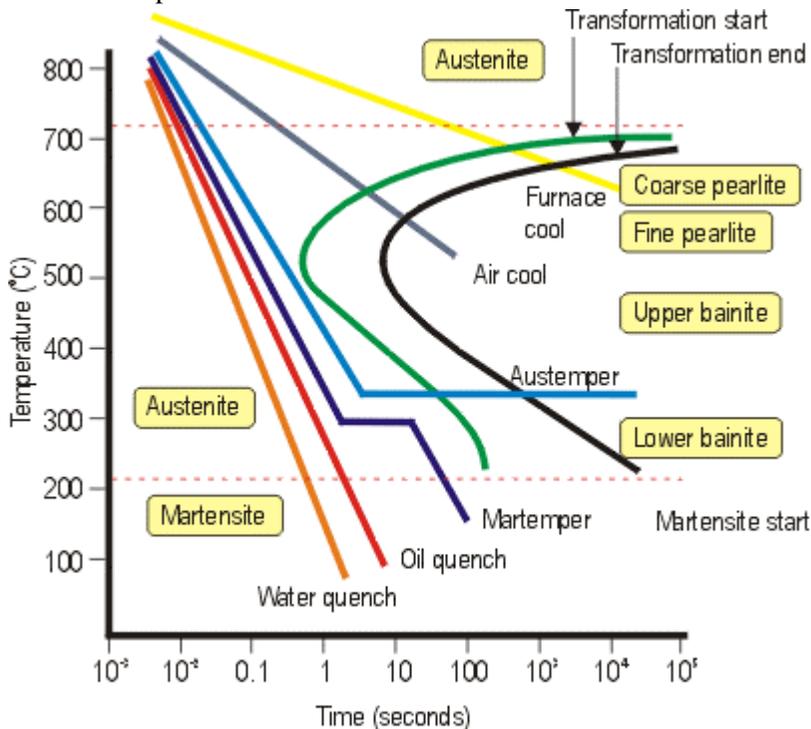
Misalnya untuk Special K (Bohler) Suhu hardening 950-980 °C untuk mencapai kekerasan 63-65 RC Media quenching oli atau udara Untuk mencapai suhu 950 °C harus dipanaskan bertahap yaitu

- Suhu 450 ditahan selama 10 menit / 10 mm tebal material
- Lalu dipanaskan lagi ke 750 °C selama 10 menit / 10 mm tebal material
- Lalu dipanaskan kembali sampai suhu 950-980 °C
- Di tahan sebentar lalu di keluarkan dan di celupkan kedalam oli *quenching* sambil digoyang goyang supaya gelembung asap cepat terlepas dari permukaan baja sehingga pendinginannya dapat merata .
- Jika bentuk dari material yang dikeraskan berpenampang kompleks atau benda tersebut berpenampang tipis, temperatur pengerasan harus memakai atas bawah, sedangkan jika material besar dan tebal atau berbentuk sederhana memakai temperatur pengerasan batas atas.

**Media dari *quenching* ada bermacam-macam menurut jenis baja yang dikeraskan :**

- a. Air Biasanya air ini diberi garam dapur sebanyak 10% atau bahan kimia lainnya seperti osmanil untuk mencegah terjadinya gelembung asap yang berlebihan yang dapat mengakibatkan terjadinya flek hitam pada permukaan material yang dikeraskan. Air sebagai media quenching harus bersuhu 10-40 °C.
- b. Oli
- c. Larutan garam

- d. Udara
- e. Di dalam dapur listrik



Di bawah ini ada beberapa penyebab kegagalan proses Hardening :

- a. Suhu pengerasan terlalu rendah sehingga suhu belum mencapai pada temperature austenit sehingga kekerasan tidak tercapai seperti yang diharapkan.
- b. Pemanasan terlalu cepat sehingga temperatur inti dari benda kerja belum sama dengan temperatur kulit luar pada baja.
- c. Tidak adanya proses pemanasan bertahap dan tidak adanya waktu penahanan pada proses pemanasan sehingga pada waktu di quenching benda kerja akan mengalami retak.
- d. Timbulnya nyala api yang mengakibatkan terlepasnya karbon pada permukaan benda kerja, sehingga permukaan benda kerja kurang keras.
- e. Kesalahan pemilihan media quenching, misalnya baja keras ilo di quenching dengan air.

#### **2.4.6. Tempering**

Setelah proses hardening biasanya baja akan sangat keras dan bersifat rapuh, untuk itu perlu proses lanjutan yaitu proses tempering. Tempering ini bertujuan untuk :

- Mengurangi kekerasan
- Mengurangi tegangan dalam
- Memperbaiki susunan struktur Baja

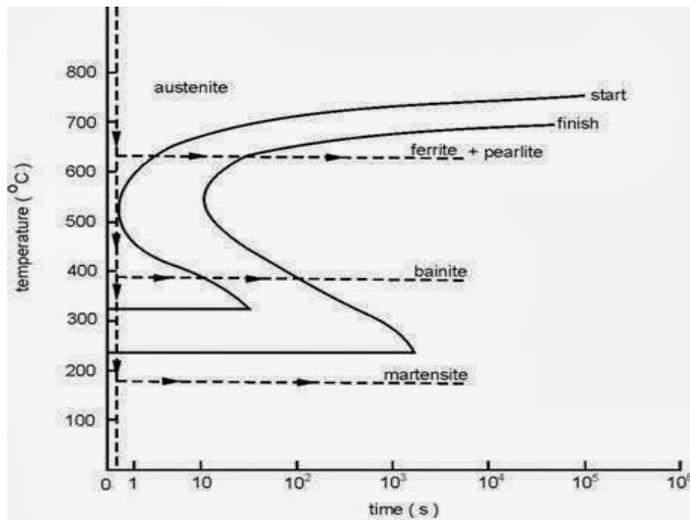
Perlakuan untuk menghilangkan tegangan dalam dan menguatkan baja dari kerapuhan disebut dengan memudakan. Tempering didefinisikan sebagai proses pemanasan logam setelah dikeraskan pada temperatur tempering (di bawah suhu kritis), yang dilanjutkan dengan proses pendinginan. Baja yang telah dikeraskan 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. Menurut tujuannya proses tempering dibedakan sebagai berikut :

1. Tempering pada suhu rendah ( 150° – 300°C ) Tempering ini hanya untuk mengurangi tegangan-tegangan kerut dan kerapuhan dari baja, biasanya untuk alat-alat potong, mata bor dan sebagainya.
2. Tempering pada suhu menengah ( 300° - 550°C ) Tempering pada suhu sedang bertujuan untuk menambah keuletan dan kekerasannya sedikit berkurang. Proses ini digunakan pada alat-alat kerja yang mengalami beban berat, misalnya palu, pahat, pegas. Suhu yang digunakan dalam penelitian ini adalah 500C pada proses tempering.
3. Tempering pada suhu tinggi ( 550° - 650°C ) Tempering suhu tinggi bertujuan memberikan daya keuletan yang besar dan sekaligus kekerasannya menjadi agak rendah misalnya pada roda gigi, poros batang penggerak dan sebagainya.

Jika suatu baja didinginkan dari suhu yang lebih tinggi dan kemudian ditahan pada suhu yang lebih rendah selama waktu tertentu, maka akan menghasilkan struktur mikro yang berbeda. Hal ini dapat dilihat pada diagram: Isothermal Transformation Diagram.

---



Gambar 2.8. Diagram temperature vs waktu

Penjelasan diagram:

- Bentuk diagram tergantung dengan komposisi kimia terutama kadar karbon dalam baja.
- Untuk baja dengan kadar karbon kurang dari 0.83% yang ditahan suhunya dititik tertentu yang letaknya dibagian atas dari kurva C, akan menghasilkan struktur perlit dan ferit.
- Bila ditahan suhunya pada titik tertentu bagian bawah kurva C tapi masih disisi sebelah atas garis horizontal, maka akan mendapatkan struktur mikro Bainit (lebih keras dari perlit).
- Bila ditahan suhunya pada titik tertentu dibawah garis horizontal, maka akan mendapat struktur Martensit (sangat keras dan getas).
- Semakin tinggi kadar karbon, maka kedua buah kurva C tersebut akan bergeser kekanan.
- Ukuran butir sangat dipengaruhi oleh tingginya suhu pemanasan, lamanya pemanasan dan semakin lama pemanasannya akan timbul butiran yang lebih besar. Semakin cepat pendinginan akan menghasilkan ukuran butir yang lebih kecil. Dalam prakteknya proses pendinginan pada pembuatan material baja dilakukan secara menerus mulai dari suhu yang lebih tinggi sampai dengan suhu rendah.

## **1.5. Karbon Aktif**

### **2.5.1. Pengertian Karbon Aktif**

Karbon aktif merupakan senyawa amorf yang dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon atau arang yang diperlakukan secara khusus untuk mendapatkan daya adsorpsi yang tinggi. Karbon aktif dapat mengadsorpsi gas dan senyawa-senyawa kimia tertentu atau sifat adsorpsinya selektif, tergantung pada besar atau volume pori-pori dan luas permukaan. Daya serap karbon aktif sangat besar, yaitu 25-100% terhadap berat karbon aktif (Darmawan, 2008).

Karbon aktif dapat dibagi menjadi dua tipe, yaitu:

#### **1. Karbon Aktif Sebagai Pemucat**

Biasanya berbentuk powder yang halus dengan diameter pori 1000 Å, digunakan dalam fase cair dan berfungsi untuk memindahkan zat-zat pengganggu.

#### **2. Karbon Aktif Sebagai Penyerap Uap**

Biasanya berbentuk granular atau pelet yang sangat keras, diameter porinya 10-200 Å, umumnya digunakan pada fase gas yang berfungsi untuk pengembalian pelarut, katalis, dan pemurnian gas (Ruthven, 1984)

### **2.5.2. Bentuk Karbon Aktif**

#### **1. Karbon Aktif Bentuk Serbuk**

Karbon aktif berbentuk serbuk dengan ukuran lebih kecil dari 0,18 mm. Terutama digunakan dalam aplikasi fasa cair dan gas.



Gambar 1.1. Karbon aktif bentuk serbuk

Biasanya digunakan pada industri pengolahan air minum, industry farmasi, bahan tambahan makanan, penghalus gula, pemurnian glukosa dan pengolahan zat pewarna kadar tinggi.

---

## **2. Karbon Aktif Bentuk Granular**

Karbon aktif bentuk granular/tidak beraturan dengan ukuran 0,2 -5 mm. Jenis ini umumnya digunakan dalam aplikasi fasa cair dan gas. Beberapa aplikasi dari jenis ini digunakan untuk: pemurnian emas, pengolahan air, air limbah dan air tanah, pemurni pelarut dan penghilang bau busuk.



Gambar 1.2. Karbon aktif bentuk granular

## **3. Karbon Aktif Bentuk Pellet**

Karbon aktif berbentuk pellet dengan diameter 0,8-5 mm. Kegunaan utamanya adalah untuk aplikasi fasa gas karena mempunyai tekanan rendah, kekuatan mekanik tinggi dan kadar abu rendah.



Gambar 1.3. Karbon aktif bentuk pellet

### **2.5.3. Fungsi Karbon Aktif**

Pada umumnya karbon/arang aktif digunakan sebagai bahan pembersih, dan penyerap, juga digunakan sebagai bahan pengemban katalisator. Pada industri karet ban arang aktif yang mempunyai sifat radikal dan serbuk sangat halus, digunakan sebagai bahan aditif kopolimer.

1. Karbon aktif berfungsi sebagai filter untuk menjernihkan air
2. Karbon aktif berfungsi sebagai adsorben pemurnian gas

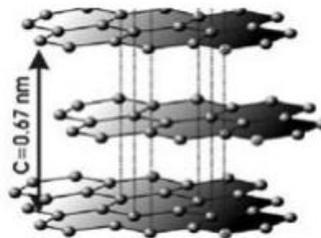
3. Karbon aktif berfungsi sebagai filter industri minuman
4. Karbon aktif berfungsi sebagai penyerap hasil tambang dalam industri pertambangan.
5. Karbon aktif berfungsi sebagai pemucat atau penghilang warna kuning pada gula pasir.
6. Karbon aktif berfungsi untuk mengolah limbah B3 (Bahan Beracun Berbahaya)
7. Dapat berfungsi sebagai penyegar/pembersih udara ruangan dari kandungan uap air.

#### 2.5.4. Sifat Karbon Aktif

Sifat adsorpsi karbon aktif sangat tergantung pada porositas permukaannya, namun dibidang industri, karakterisasi karbon aktif lebih difokuskan pada sifat adsorpsi dari pada struktur porinya. Bentuk pori karbon aktif bervariasi yaitu berupa: silinder, persegi panjang, dan bentuk lain yang tidak teratur. Gugus fungsi dapat terbentuk pada karbon aktif ketika dilakukan aktivasi, yang disebabkan terjadinya interaksi radikal bebas pada permukaan karbon dengan atom-atom seperti oksigen dan nitrogen, yang berasal dari proses pengolahan ataupun atmosfer. Gugus fungsi ini menyebabkan permukaan karbon aktif menjadi reaktif secara kimiawi dan mempengaruhi sifat adsorpsinya. Oksidasi permukaan dalam produksi karbon aktif, akan menghasilkan gugus hidroksil, karbonil, dan karboksilat yang memberikan sifat amfoter pada karbon, sehingga karbon aktif dapat bersifat sebagai asam maupun basa (Sudirjo, 2006).

#### 2.5.5 Struktur Fisika dan Kimia Karbon Aktif

Karbon aktif mempunyai bentuk yang amorf yang terdiri dari pelat-pelat datar di mana atom-atom karbonnya tersusun dan terikat secara kovalen dalam kisi heksagonal. Hal tersebut telah dibuktikan dengan penelitian menggunakan sinar-X yang menunjukkan adanya bentuk-bentuk kristalin yang sangat kecil dengan struktur grafit.

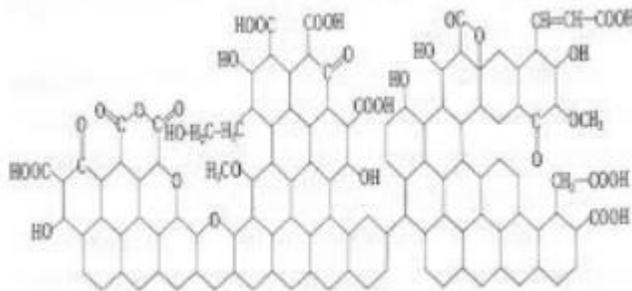


(Sumber: Sontheimer, 1985)

Gambar 1.4. Struktur fisika karbon aktif

---

Daerah kristalin memiliki ketebalan 0,7-1,1 nm, jauh lebih kecil dari grafit. Hal ini menunjukkan adanya 3 atau 4 lapisan atom karbon dengan kurang lebih terisi 20-30 heksagon di tiap lapisannya. Rongga antara kristal-kristal karbon diisi oleh karbon-karbon amorf yang berikatan secara tiga dimensi dengan 8 atom-atom lainnya terutama oksigen. Susunan karbon yang tidak teratur ini diselingi oleh retakan-retakan dan celah yang disebut pori dan kebanyakan berbentuk silindris. Selain mengandung karbon, karbon aktif juga mengandung sejumlah kecil hidrogen dan oksigen yang secara kimiawi terikat dalam berbagai gugus fungsi seperti karbonil, karboksil, fenol, lakton, quinon, dan gugus-gugus eter. Gugus fungsional dibentuk selama proses aktivasi oleh interaksi radikal bebas pada permukaan karbon dengan atom-atom seperti oksigen dan nitrogen. Gugus fungsional ini membuat permukaan karbon aktif reaktif secara kimiawi dan mempengaruhi sifat adsorbsinya. Ilustrasi struktur kimia karbon aktif dengan gugus fungsionalnya dapat dilihat pada Gambar berikut:



(Sumber : Sudibandriyo, 2003)

Gambar 1.5. Struktur kimia karbon aktif

## 2.5.6 Faktor yang Mempengaruhi Daya Serap Karbon Aktif

### 1. Sifat Serapan

Banyak senyawa yang dapat diadsorpsi oleh arang aktif, tetapi kemampuannya untuk mengadsorpsi berbeda untuk masing-masing senyawa.

Adsorpsi akan bertambah besar sesuai dengan bertambahnya ukuran molekul serapan dari struktur yang sama. Adsorpsi juga dipengaruhi oleh gugus fungsi, posisi gugus fungsi, ikatan rangkap, struktur rantai dari senyawa serapan.

## **2. Temperatur**

Dalam pemakaian arang aktif dianjurkan untuk mengamati temperatur pada saat berlangsungnya proses. Faktor yang mempengaruhi temperatur proses adsorpsi adalah viskositas dan stabilitas thermal senyawa serapan. Jika pemanasan tidak mempengaruhi sifat-sifat senyawa serapan, seperti terjadi perubahan warna maupun dekomposisi, maka perlakuan dilakukan pada titik didihnya.

## **3. pH (Derajat Keasaman)**

Untuk asam-asam organik, adsorpsi akan meningkat bila pH diturunkan, yaitu dengan penambahan asam-asam mineral. Ini disebabkan karena kemampuan asam mineral untuk mengurangi ionisasi asam organik tersebut. Sebaliknya bila pH asam organik dinaikkan yaitu dengan menambahkan alkali, adsorpsi akan berkurang sebagai akibat terbentuknya garam.

## **4. Waktu Kontak**

Bila arang aktif ditambahkan dalam suatu cairan, dibutuhkan waktu untuk mencapai kesetimbangan. Waktu yang dibutuhkan berbanding terbalik dengan jumlah arang yang digunakan. Pengadukan juga mempengaruhi waktu kontak. Pengadukan dimaksudkan untuk memberi kesempatan pada partikel arang aktif untuk berkontak dengan senyawa serapan. Untuk larutan yang mempunyai viskositas tinggi, dibutuhkan waktu kontak yang lebih lama.

### **2.5.7 Proses Pembuatan Karbon Aktif**

Secara umum proses pembuatan karbon aktif terdiri dari tiga tahap yaitu:

#### **1. Dehidrasi**

Dehidrasi ialah proses penghilangan kandungan air didalam bahan baku dengan cara pemanasan didalam oven dengan temperatur 170 oC. Pada suhu sekitar 275 oC terjadi dekomposisi karbon dan

terbentuk hasil seperti tar, methanol, fenol dan lain-lain. Hampir 80% unsur karbon yang diperoleh pada suhu 400-600 oC (Cerny, 1970).

## **2. Karbonisasi**

Karbonisasi adalah suatu proses dimana unsur-unsur oksigen dan hidrogen dihilangkan dari karbon dan akan menghasilkan rangka karbon yang memiliki struktur tertentu. Hesseler berpendapat bahwa untuk menghasilkan arang yang sesuai untuk dijadikan karbon aktif, karbonisasi dilakukan pada temperatur lebih dari 400 oC akan tetapi hal itu juga tergantung pada bahan dasar dan metoda yang digunakan pada aktivasi. Smisek dan Cerny, menjelaskan bahwa saat karbonisasi terjadi beberapa tahap yang meliputi penghilangan air atau dehidrasi, perubahan bahan organik menjadi unsur karbon dan dekomposisi tar sehingga pori-pori karbon menjadi lebih besar.

Produk dari hasil proses karbonisasi memiliki daya adsorpsi yang kecil. Hal ini disebabkan pada proses karbonisasi suhunya rendah, sebagian dari tar yang dihasilkan berada dalam pori dan permukaan sehingga mengakibatkan adsorpsi terhalang. Produk hasil karbonisasi dapat diaktifkan dengan cara mengeluarkan produk tar melalui pemanasan dalam suatu aliran gas inert, atau melalui ekstraksi dengan menggunakan pelarut yang sesuai misalnya selenium oksida, atau melalui sebuah reaksi kimia. Karbon aktif dengan daya adsorpsi yang besar, dapat dihasilkan oleh proses aktivasi bahan baku yang telah dikarbonisasi dengan suhu tinggi (Hassler, 1951).

### **2.5.7. Sumber-sumber Karbon Aktif**

Karbon aktif dapat dibuat dari berbagai macam bahan dasar yang mengandung karbon. Yang biasa dipakai sebagai bahan dasar karbon aktif antara lain batu bara, tempurung kelapa, tempurung kelapa sawit, petrol coke, limbah pinus, dan kayu (Pujiyanto, 2010). Bahan dasar yang digunakan memberikan pengaruh terhadap struktur permukaan besar dari karbon aktif yang dapat dilihat dari Scanning Electron Micrographs (SEM). Ada 3 kriteria bahan dasar yang dapat dibuat sebagai karbon aktif, yaitu:

1. bahan dasar harus mengandung karbon
2. pengotor pada bahan dasar harus dijaga seminimal mungkin
3. bahan dasar harus mempunyai kualitas yang konstan

### **2.5.8 Penggunaan Karbon Aktif**

Pada umumnya karbon/arang aktif digunakan sebagai bahan pembersih, dan penyerap, juga digunakan sebagai bahan pengemban

---

katalisator. Pada industri karet ban arang aktif yang mempunyai sifat radikal dan serbuk sangat halus, digunakan sebagai bahan aditif kopolimer.

Pemakaian arang aktif pada berbagai industri diantaranya adalah:

1. Industri makanan

Untuk menyaring dan menghilangkan warna, bau, dan rasa tidak enak pada makanan.

2. Industri Pengolahan Air Minum

Untuk menghilangkan bau, warna, rasa yang tidak enak, gas-gas beracun, zat pencemar air dan sebagai pelindung resin pada pembuatan demineralis water.

3. Industri minuman

Menghilangkan warna, bau dan rasa yang tidak enak.

4. Industri obat

Menyaring dan menghilangkan warna dan senyawa senyawa yang tidak diinginkan.

5. Industri Pengolahan Limbah Cair

Membersihkan air buangan dari pencemar warna, bau, zat beracun, dan logam berat. Mengambil Gas Polutan (pollutant remover): Menghilangkan gas beracun, bau busuk, asap, uap air raksa, uap benzen dan lain-lain. 16

6. Industri Plastik

Sebagai katalisator, pengangkut vinil klorida dan vinil asetat.

7. Industri Gas Alam Cair (LNG)

Desulfurisasi, penyaringan berbagai bahan mentah dan reaksi gas.

8. Industri Refinery

Zat perantara dan penyaringan bahan mentah.

9. Industri Pengolahan Emas dan Mineral

Pemurnian, uap merkuri dan menyerap pulutan.

10. Mendaur Ulang Pelarut

Mengambil kembali berbagai pelarut, sisa methanol, ethanol, Etil asetat dan lain-lain.

11. Industri Perikanan

Pemurnian, menghilangkan bau dan warna.

12. Industri Gula dan Glukosa

Selain menghilangkan warna, bau, dan rasa yang tidak enak, juga mempunyai kemampuan yang sangat baik untuk menyerap senyawa nitrogen dan lyophilic koloids yang akan membantu menyempurnakan proses penyaringan dan akan mengurangi busa

yang timbul pada proses penguapan, sehingga akan mempercepat proses kristalisasi gula.

13. Industri Minyak Goreng

Karbon aktif dicampur dengan bleaching earth sangat efektif dan ekonomis untuk menghilangkan peroksida, zat warna, rasa, dan bau yang tidak enak akibat proses sponifikasi.

14. Industri Karet

Karbon aktif yang diproduksi secara khusus dari bahan minyak bumi fraksi minyak bakar akan dihasilkan karbon aktif yang mempunyai mesh halus dan memiliki komponen karbon bebas radikal sehingga dapat dipakai sebagai bahan pembuat polimer karet alam menjadi karet yang kuat dan ulet, seperti karet ban mobil, karet untuk seal dan lain-lain