

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Klasifikasi Baja

Baja merupakan salah satu jenis logam yang banyak digunakan dengan unsur karbon sebagai salah satu dasar campurannya. Disamping itu baja juga mengandung unsur-unsur lain seperti sulfur (S), fosfor (P), silikon (Si), mangan (Mn), dan sebagainya yang jumlahnya dibatasi. Sifat baja pada umumnya sangat dipengaruhi oleh prosentase karbon dan struktur mikro. Struktur mikro pada baja karbon dipengaruhi oleh perlakuan panas dan komposisi baja. Karbon dengan unsur campuran lain dalam baja membentuk karbid yang dapat menambah kekerasan, tahan gores dan tahan suhu baja. Perbedaan persentase karbon dalam campuran logam baja karbon menjadi salah satu cara mengklasifikasikan baja. Berdasarkan kandungan karbon, baja dibagi menjadi tiga macam, yaitu :

#### a. Baja Karbon Rendah

Baja karbon yang mempunyai kandungan karbon kurang dari 0,3 % (Bishop, 2000). Karena kandungan karbonnya rendah maka sifat baja ini sangat lunak, tetapi mempunyai tingkat keuletan yang tinggi. Baja ini dapat dituang, dikeraskan permukaannya (*case hardening*), mudah dilas dan

ditempa. Baja karbon rendah ini biasanya banyak digunakan untuk konstruksi jembatan, mur, baut, pelat, kawat, roda gigi, pipa dan sebagainya.

b. Baja karbon sedang

Baja karbon yang mempunyai kandungan karbon antara 0,3 sampai 0,7 % (Bishop, 2000). Baja karbon ini lebih kuat dan keras dibanding baja karbon rendah. Sifat-sifat dari baja ini adalah dapat dikeraskan, ditempering, dilas, dikerjakan pada mesin dengan baik. Penggunaannya hampir sama dengan baja karbon rendah. Perancangan konstruksi pembebanan yang lebih berat yang memerlukan kekuatan dan kekerasan tinggi, maka baja karbon sedang lebih tepat.

c. Baja Karbon Tinggi

Baja karbon tinggi mempunyai kandungan karbon antara 0,7 sampai 1,7 % (Bishop, 2000). Kekerasannya lebih tinggi bila dibandingkan dengan kedua baja karbon diatas. Baja karbon ini tingkat keuletannya rendah. Baja karbon ini bersifat tahan aus, contoh penggunaannya adalah untuk pahat kayu.

Sedangkan untuk baja paduan terdiri dari:

1. Baja Paduan Rendah (*Low Alloy Steel*)

Baja paduan rendah merupakan baja paduan yang elemen paduannya kurang dari 2,5% wt, misalnya unsur Cr, Mn, Ni, S, Si, P dan lain-lain.

2. Baja Paduan Menengah (*Medium Alloy Steel*)

Baja paduan menengah merupakan baja paduan yang elemen paduannya 2,5% - 10% wt, misalnya unsur Cr, Mn, Ni, S, Si, P dan lain-lain.

### 3. Baja Paduan Tinggi (*High Alloy Steel*)

Baja paduan tinggi merupakan baja paduan yang elemen paduannya lebih dari 10% wt, misalnya unsur Cr, Mn, Ni, S, Si, P dan lain-lain

(Amanto, 1999).

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

Proses perlakuan panas pada umumnya untuk memodifikasi struktur mikro baja sehingga meningkatkan sifat mekanik, salah satunya yaitu kekerasan (Smallman and Bishop, 1999).

Perlakuan panas (*heat treatment*) adalah suatu proses mengubah sifat mekanis logam dengan cara mengubah struktur mikro melalui proses pemanasan dan pengaturan kecepatan pendinginan dengan atau tanpa mengubah komposisi kimia. Tujuan proses perlakuan panas untuk menghasilkan sifat-sifat logam yang diinginkan. Perubahan sifat setelah perlakuan panas dapat mencakup keseluruhan bagian logam atau sebagian dari logam (Mizhar dan Suherman, 2011). Perlakuan panas biasanya menggunakan pemanasan dan pendinginan hingga suhu ekstrim, untuk mencapai hasil yang diinginkan seperti pengerasan atau pelunakan baja. Pengerasan baja dilakukan dengan proses pemanasan dan pendinginan. Pada saat pendinginan mengalami transformasi martensit yang dapat meningkatkan kekerasan. Proses pengerasan ini tanpa mempengaruhi sifat-sifat yang lain (Zinn and Semiatin, 1988). Secara umum, proses perlakuan panas adalah:

1. Memanaskan logam/paduannya sampai pada suhu tertentu (*heating temperature*).

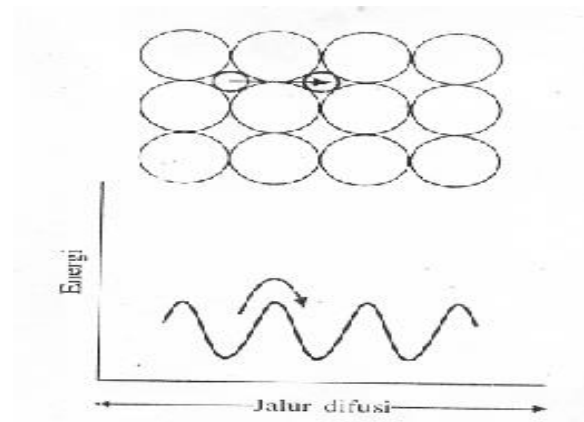
2. Mempertahankan pada suhu pemanasan tersebut dalam waktu tertentu (*holding time*).
3. Mendinginkan dengan media pendingin dan laju tertentu.

### C. *Holding Time*

*Holding time*  dilakukan untuk mendapatkan kekerasan maksimum dari suatu bahan pada proses  *hardening*  dengan menahan pada temperatur pengerasan untuk memperoleh pemanasan yang homogen sehingga struktur austenitnya homogen atau terjadi kelarutan karbida ke dalam austenit dan difusi karbon dan unsur paduannya (Dalil dkk, 1999). Lama waktu penahanan tergantung pada tingkat kelarutan karbida, ukuran butir yang diinginkan, laju pemanasan, dan ketebalan sampel (Yogantoro, 2010).

### D. Difusi Atom

Ketika temperatur meningkat dan atom-atom didalam cairan padat mengalami vibrasi yang lebih energetik, maka sebagian kecil fraksi dari atom-atom tersebut akan mengalami perubahan posisi dalam kisi.



Gambar 2.1. Pergerakan atom dengan energi aktivasi (Van Vlack, 2004).

Tidak hanya tergantung pada temperatur, tetapi juga tergantung pada seberapa eratnya atom-atom terikat pada posisinya. Energi yang diperlukan oleh sebuah atom untuk mengubah posisi disebut energi aktivasi (gambar 2.1). Atom karbon mempunyai ukuran cukup kecil dengan  $r = 0,07$  nm (Van Vlack, 2004). Ukuran tersebut dapat menempati posisi interstisial diantara sejumlah atom besi *fcc*, jika atom karbon mempunyai cukup energi. Energi atom karbon untuk melakukan difusi tersebut membutuhkan sekitar 34000 kal/mol (Van Vlack, 2004). Konstanta proporsionalitas dari suatu atom disebut *difusivitas* atau koefisien difusi. *Difusivitas* bergantung pada sifat atom terlarut, sifat struktur padatan dan perubahan temperatur. Perbedaan harga difusivitas disebabkan karena :

1. Makin tinggi temperatur menyebabkan *difusivitas* semakin tinggi, karena atom-atom memiliki energi termal yang lebih tinggi dan dengan demikian probabilitas untuk diaktifkan hingga melampaui hambatan energi antara atom juga lebih besar.
2. Atom-atom karbon memiliki *difusivitas* yang lebih tinggi dalam besi dibandingkan dengan atom-atom nikel, karena atom karbon mempunyai ukuran lebih kecil.
3. Atom-atom tembaga lebih mudah berdifusi kedalam aluminium dibandingkan kedalam tembaga, karena ikatan Cu-Cu lebih kuat dari pada Al-Al.
4. Atom-atom memiliki difusivitas yang lebih tinggi didalam besi *bcc* dibanding dengan didalam besi *fcc*. Hal ini disebabkan karena faktor penumpukan atomik dalam besi *bcc* lebih rendah.

5. Difusi disepanjang batas butir berlangsung lebih cepat, karena batas butir merupakan zona cacat kristal dan memiliki penumpukan yang lebih rendah.

#### **E. Penambahan Karbon (*Carburizing*)**

Penambahan karbon pada baja dilakukan menggunakan tiga cara yaitu: proses *solid* atau *pack carburizing*, proses *liquid carburizing* dan proses *gas carburizing*. Proses *pack carburizing* didefinisikan sebagai proses pelapisan permukaan baja dengan karbon padat di dalam kotak tertutup rapat, diikuti dengan pemanasan diatas temperatur kritis. Karbon padat yang biasa digunakan umumnya berupa arang kayu atau kokas, walaupun tidak menutup kemungkinan penggunaan dari sumber karbon lainnya. *Liquid carburizing* (karburasi cair), baja dipanaskan di atas temperatur  $A_{c1}$  dalam dapur garam cyanida sehingga karbon dan sedikit nitrogen dapat berdifusi kedalam lapisan luar. Proses ini mirip dengan cyanida, hanya disini kulit luar mempunyai kandungan karbon yang lebih tinggi dan nitrogennya lebih rendah. *Gas carburizing* (karburasi gas), adalah penambahan karbon dengan menggunakan media gas seperti gas alam atau hidro-karbon dan propan (gas karbit). Metode ini digunakan untuk penambahan karbon untuk komponen mesin yang berukuran kecil yang dapat didinginkan langsung setelah pemanasan dalam dapur.

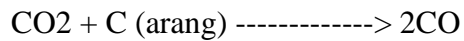
#### **F. Karburasi Padat (*Pack Carburizing*)**

*Pack carburizing* adalah proses di mana karbon monoksida yang berasal dari senyawa padat terurai pada permukaan logam menjadi karbon baru lahir dan

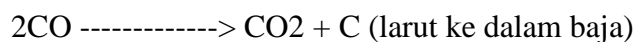
karbon dioksida. Karbon baru lahir diserap ke dalam logam, dan karbon dioksida segera bereaksi dengan bahan karbon hadir di kompleks karburasi solid untuk menghasilkan karbon monoksida segar. Pembentukan karbon monoksida ditingkatkan oleh *energizer* atau katalis, seperti barium karbonat ( $\text{BaCO}_3$ ), kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ), kalium karbonat ( $\text{K}_2\text{CO}_3$ ), dan natrium karbonat ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), yang hadir di kompleks karburasi. Ini *energizer* memfasilitasi pengurangan karbon dioksida dengan karbon untuk membentuk karbon monoksida. Dengan demikian, dalam sistem tertutup, jumlah *energizer* tidak berubah. Karburasi terus asalkan cukup karbon hadir untuk bereaksi dengan karbon dioksida berlebih. *Pack carburizing* tidak lagi menjadi proses komersial utama. Ini telah terutama karena digantikan dengan gas lebih terkendali dan kurang padat karya dan proses karburasi cair. Namun, setiap biaya gas keunggulan tenaga kerja karburasi atau karburasi cair mungkin memiliki lebih karburasi paket dapat dinegasikan harus benda kerja memerlukan langkah-langkah tambahan seperti pembersihan dan penerapan lapisan pelindung di karburasi operasi stopoff. Kandungan karbon dari setiap jenis arang adalah berbeda-beda. Semakin tinggi kandungan karbon dalam arang, maka penetrasi karbon ke permukaan baja akan semakin baik pula. Bahan karbonat ditambahkan pada arang untuk mempercepat proses karburisasi. Bahan tersebut adalah barium karbonat ( $\text{BaCO}_3$ ) dan soda abu ( $\text{NaCO}_3$ ) yang ditambahkan bersama-sama dalam 10 - 40 % dari berat arang (Y. Lakhtin, 1975: 255). Sebenarnya tanpa *energiser* pun dapat terjadi karburisasi, karena temperature yang tinggi ini mula-mula karbon teroksidir

oleh oksigen dari udara yang terperangkap dalam kotak menjadi CO<sub>2</sub> (Wahid Suherman, 1998: 149).

Reaksi yang terjadi adalah



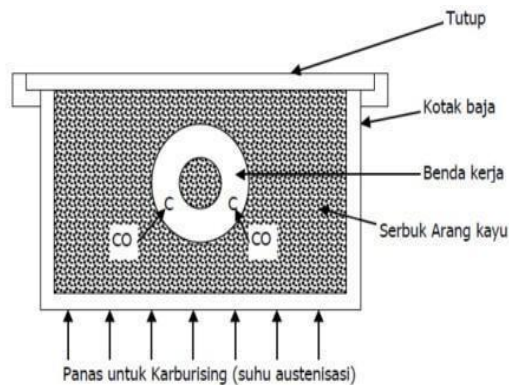
Dengan temperatur yang semakin tinggi kesetimbangan reaksi makin cenderung ke kanan makin banyak CO.



dimana C yang terbentuk ini merupakan atom karbon (carbon nascent) yang aktif berdifusi masuk ke dalam fase austenit dari baja ketika baja dipanaskan. Besarnya kadar karbon yang terlarut dalam baja pada saat baja dalam larutan pada gamma fase austenit selama karburisasi adalah maksimal 2 %.

Kotak karburisasi yang dipanaskan harus dalam keadaan tertutup rapat, hal ini bertujuan untuk mencegah terjadinya reaksi antara media karburisasi dengan udara luar. Cara yang biasanya ditempuh untuk menghindari hal tadi adalah dengan memberikan lapisan tanah liat (clay) antara tutup dengan kotak karburisasi. Menurut Wahid Suherman (1998: 150) bahwa “kotak karburisasi dipanaskan dalam dapur sampai temperatur 825 – 925 °C dengan segera permukaan benda kerja akan menyerap karbon sehingga dipermukaan akan terbentuk lapisan berkadar karbon tinggi sampai 1,2 %”. Dan menurut B.H Amstead (1979: 152) bahwa “*proses pack carburizing* banyak diterapkan untuk memperoleh lapisan yang tebal antara 0,75 – 4 mm”. Komponen yang akan *carburizing* ditempatkan dalam kotak yang berisi media penambah unsur karbon atau media Karburasi penambah unsur karbon atau media Karburasi.





Gambar 2.2. Proses Pack carburizing

Dipanaskan pada suhu austenitasi ( $850\text{--}950\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Akibat pemanasan ini, media karburasi akan teroksidasi menghasilkan gas  $\text{CO}_2$  dan  $\text{CO}$ . Gas  $\text{CO}$  akan bereaksi dengan permukaan baja membentuk atom karbon yang kemudian berdifusi ke dalam baja.

### G. *Quenching*

*Quenching* merupakan pendinginan secara cepat suatu logam dengan pencelupan pada media pendingin. Kekerasan maksimum dapat terjadi dengan mendinginkan secara mendadak sampel yang telah dipanaskan sehingga mengakibatkan perubahan struktur mikro. Laju *quenching* tergantung pada beberapa faktor yaitu temperatur medium, panas spesifik, panas pada penguapan, konduktivitas termal medium, viskositas, dan agitasi (aliran media pendingin). Kecepatan pendinginan dengan air lebih besar dibandingkan pendinginan dengan oli. Pendinginan dengan udara memiliki kecepatan yang paling kecil (Syaefudin, 2001).

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

#### 1. Air

Air adalah senyawa kimia dengan rumus kimia  $H_2O$ . Artinya satu molekul air tersusun atas dua atom hydrogen yang terikat secara kovalen pada satu atom oksigen. Air memiliki sifat tidak berwarna, tidak terasa dan tidak berbau. Air memiliki titik beku  $0\text{ }^{\circ}C$  dan titik didih  $100\text{ }^{\circ}C$  (Halliday dan Resnick, 1985). Air memiliki koefisien viskositas sebesar  $0,001\text{ Pa}\cdot s$  pada temperatur  $20\text{ }^{\circ}C$  (Giancoli, 1999). Pendinginan menggunakan air akan memberikan daya pendinginan yang cepat dibandingkan dengan oli (minyak) karena air dapat dengan mudah menyerap panas yang dilewatinya dan panas yang terserap akan cepat menjadi dingin. Kemampuan panas yang dimiliki air besarnya 10 kali dari minyak (Soedjono,1978). Sehingga akan dihasilkan kekerasan dan kekuatan yang baik pada baja. Pendinginan menggunakan air menyebabkan tegangan dalam, distorsi dan retak (Gary 2011).

#### 2. Minyak

Minyak 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 (Soedjono, 1978). Untuk oli mesin SAE 10 pada temperatur 30 °C memiliki koefisien viskositas  $200 \times 10^{-3}$  Pa.s (Giancoli, 1999).

### 3. Udara

Pendinginan udara dilakukan untuk perlakuan panas yang membutuhkan pendinginan lambat. Untuk keperluan tersebut udara yang disirkulasikan ke dalam ruangan pendinginan dibuat dengan kecepatan yang rendah. Udara sebagai pendingin akan memberikan kesempatan kepada logam untuk membentuk kristal-kristal dan kemungkinan mengikat unsur-unsur lain dari udara (Soedjono, 1978). Udara memiliki titik didih -194 °C dan nilai koefisien viskositasnya  $0,018 \times 10^{-3}$  Pa.s (Giancoli, 1999).

### 4. Garam

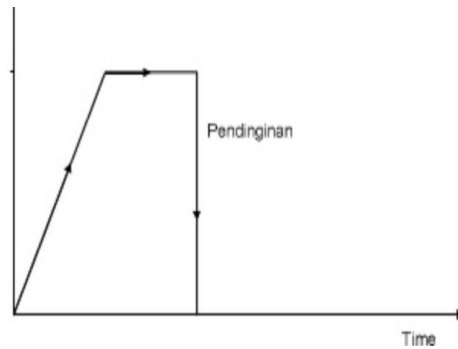
Garam dipakai sebagai bahan pendinginan disebabkan memiliki sifat mendinginkan yang teratur dan cepat. Bahan yang didinginkan di dalam cairan garam yang akan mengakibatkan ikatannya menjadi lebih keras karena pada permukaan benda kerja tersebut akan mengikat zat arang (Soedjono, 1978).

Proses pengerasan (*quenching*) dapat dilakukan dengan 3 cara, yaitu :

- a. Pendinginan langsung (*Direct Quenching*)
- b. Pendinginan tunggal (*Single Quenching*)
- c. *Double Quenching*

### 1. Pendinginan langsung (Direct Quenching)

Pendinginan secara langsung dari media karburasi Efek yang timbul adalah kemungkinan adanya pengelupasan pada benda kerja. Pada pendinginan langsung ini diperoleh permukaan benda kerja yang getas.

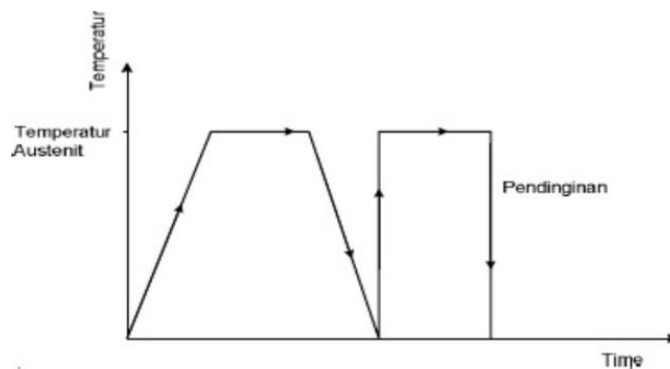


Gambar 2.3. Grafik pendinginan langsung

Diagram diatas merupakan pendinginan secara langsung dimana material yang telah diberikan perlakuan panas atau *heat treatment* langsung dimasukan kedalam pendingin dimana media yang digunakan untuk pendinginannya adalah air.

### 2. Pendinginan Tunggal (*Single Quenching*)

Single Quenching merupakan pendinginan dari benda kerja setelah benda kerja tersebut di karburasi dan telah didinginkan pada suhu kamar.



Gambar 2.4. Pendinginan Tunggal (*Single Quenching*)

Tujuan dari metode ini adalah untuk memperbaiki difusivitas dari atom  $\pm$  atom karbon, dan agar gradien komposisi lebih halus.

### 3. *Double Quenching*

*Double Quenching* adalah proses pendinginan atau pengerasan pada benda kerja yang telah di karburasi dan didinginkan pada temperatur kamar kemudian dipanaskan lagi diluar kotak karbon pada temperatur kamar lalu dipanaskan.

## **H. Katalisator**

Katalis merupakan suatu zat atau substansi yang dapat mempercepat reaksi dan mengarahkan atau mengendalikannya, tanpa terkonsumsi oleh reaksi, namun bukannya tanpa bereaksi. Katalis bersifat mempengaruhi kecepatan reaksi, tanpa mengalami perubahan secara kimiawi pada akhir reaksi. Peristiwa / fenomena / proses yang dilakukan oleh katalis ini disebut katalisis. Istilah *negative catalyst* atau inhibitor merujuk kepada zat yang berperan menghambat atau memperlambat berlangsungnya reaksi.

Katalis dapat dibedakan menjadi dua yaitu :

#### 1. katalis homogen

Katalis homogen merupakan katalis yang mempunyai fasa sama dengan reaktan dan produk. Penggunaan katalis homogen ini mempunyai kelemahan yaitu mencemari lingkungan dan tidak dapat digunakan kembali. Selain itu katalis homogen juga umumnya hanya digunakan pada skala laboratorium ataupun industri bahan kimia tertentu, sulit dilakukan secara komersil, operasi pada fase cair dibatasi pada kondisi suhu dan tekanan

sehingga peralatan lebih kompleks dan diperlukan pemisahan antara produk dan katalis.

## 2. Katalis heterogen

Katalis heterogen merupakan katalis yang fasanya tidak sama dengan reaktan dan produk. Katalis heterogen secara umum berbentuk padat dan banyak digunakan pada reaktan berbentuk cair atau gas.

Salah satu sumber  $\text{CaCO}_3$  yang mudah diperoleh disekitar kita adalah cangkang kulit telur. Kulit telur memiliki kandungan  $\text{CaCO}_3$  (kalsium karbonat) sebanyak 94 %,  $\text{MgCO}_3$  (magnesium karbonat) sebanyak 1 %,  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  (kalsium fosfat) sebanyak 1 % dan bahan-bahan organik sebanyak 4 %. (Stadelman, 2000).

Kulit telur kering mengandung sekitar 95 % kalsium karbonat dengan berat 5,5 gram (Butcher dan Miles, 1990). Sementara itu, Hunton (2005) melaporkan bahwa kulit telur terdiri atas 97 % kalsium karbonat. Selain itu, rerata dari kulit telur mengandung 3 % fosfor dan 3 % terdiri atas magnesium, natrium, kalium, seng, mangan, besi, dan tembaga (Butcher dan Miles, 1990). Kandungan kalsium yang cukup besar berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai pupuk organik bagi tanaman.

Hasil analisis kandungan kulit telur di Laboratorium tanah menunjukkan kandungan kalsium terdiri atas kalium, kalsium, fosfor, dan magnesium, masing-masing sebesar 0,121; 8,977; 0,394; 10,541 %. Kalsium (Ca) pada tanaman berperan untuk merangsang pembentukan bulu akar, mengeraskan batang tanaman, dan merangsang pembentukan biji. Kalsium pada daun dan

batang berkhasiat menetralkan senyawa atau menyebabkan suasana yang tidak menguntungkan pada tanah (Lingga dan Marsono, 2007).

### **I. Arang Aktif**

Arang Aktif merupakan arang yang diproses sedemikian rupa sehingga mempunyai daya serap/adsorpsi yang tinggi terhadap bahan yang berbentuk larutan atau uap. Arang aktif dapat dibuat dari bahan yang mengandung karbon baik organik maupun anorganik. Pada penelitian ini menggunakan karbon aktif dari arang batok kelapa. Karena arang tempurung kelapa salah satu bahan organik. . Tabel 1 memberikan informasi bahwa prosentase massa paling tinggi adalah karbon (C) sebesar 49,86% dan presentase atom sebesar 57,11%. Terdapat unsur-unsur impuritas yang teridentifikasi seperti Al, S, dan K dengan prosentase di bawah 1% . Unsur-unsur tersebut dapat dikurangi bahkan dihilangkan dengan proses pemanasan melebihi titik leleh atau melting point unsur tersebut. Hasil pengujian EDX dapat dijadikan dasar dalam penentuan fasa yang terbentuk pada pola difraksi sinarX. (Darminto, 2012).

Tabel 1. Hasil pengujian EDX serbuk tempurung kelapa

unsur	Massa (%)	Atom (%)
Karbon	49,86	47,11
Oksigen	49,60	42,67
Alumuni	0,13	0,07
Sulfur	0,13	0,06
Kalium	0,28	0,10

Prinsip dari pengujian ini untuk mengukur berkurangnya massa material ketika dipanaskan dari suhu kamar sampai suhu tinggi sehingga dapat diketahui

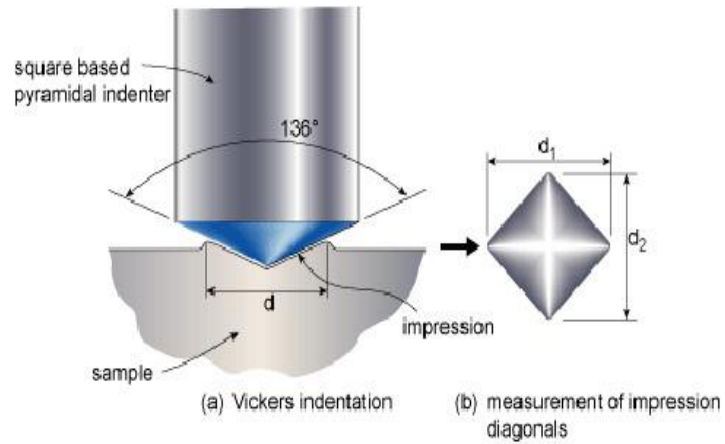
transisi fasa, dekomposisi termal dan penentuan diagram fasa. (Darminto, 2012).

## **J. Uji Kekerasan**

Kekerasan ( *hardness* ) adalah salah satu sifat mekanik (*Mechanical properties*) dari suatu material. Kekerasan suatu material harus diketahui khususnya untuk material yang dalam penggunaannya akan mengalami gesekan (*frictional force*) dan deformasi plastis. Deformasi plastis sendiri suatu keadaan dari suatu material ketika material tersebut diberikan gaya maka struktur mikro dari material tersebut sudah tidak bisa kembali ke bentuk asal artinya material tersebut tidak dapat kembali ke bentuknya semula. Lebih ringkasnya kekerasan didefinisikan sebagai kemampuan suatu material untuk menahan beban indentasi atau penetrasi (penekanan). Di dalam aplikasi manufaktur, material dilakukan pengujian dengan dua pertimbangan yaitu untuk mengetahui karakteristik suatu material baru dan melihat mutu untuk memastikan suatu material memiliki spesifikasi kualitas tertentu.

Uji kekerasan vickers menggunakan indentor piramida intan yang pada dasarnya berbentuk bujursangkar. Besar sudut antar permukaan-permukaan piramida yang saling berhadapan adalah 1360 . Nilai ini dipilih karena mendekati sebagian besar nilai perbandingan yang diinginkan antara diameter lekukan dan diameter bola penumbuk pada uji kekerasan brinell (Dieter, 1987).





Gambar 2.5 bentuk indenter dan jejak hasil uji keras (vickers).

Angka kekerasan vickers didefinisikan sebagai beban dibagi luas permukaan lekukan. Pada prakteknya, luas ini dihitung dari pengukuran mikroskopik panjang diagonal jejak. VHN dapat ditentukan dari persamaan berikut:

$$HVN = \frac{1,854 \times p}{d^2} \dots \dots \dots 2.1$$

dengan:

P = beban yang digunakan (kg)

d = panjang diagonal rata-rata (mm)