

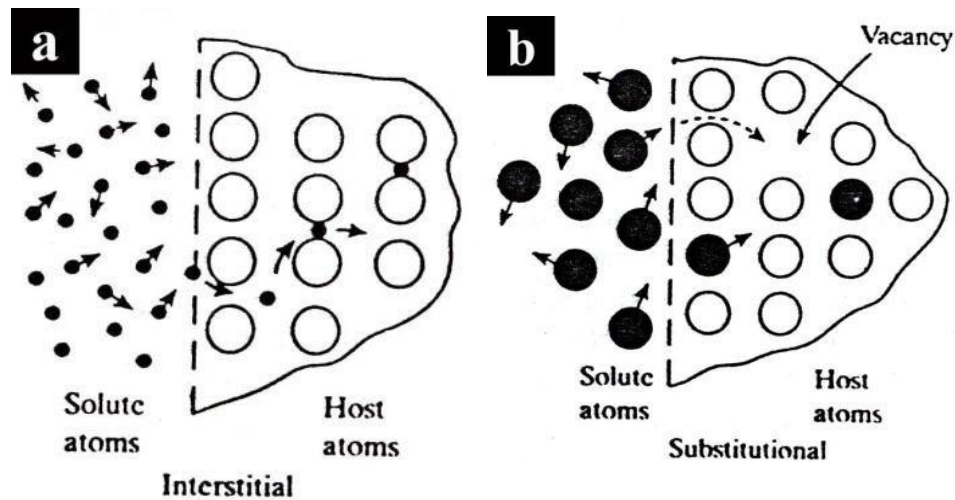
## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Definisi *Carburizing*

Penambahan karbon yang disebut *carburizing* atau karburasi, dilakukan dengan cara memanaskan pada temperatur yang cukup tinggi yaitu pada temperatur austenit dalam lingkungan yang mengandung atom karbon aktif, sehingga atom karbon aktif tersebut akan berdifusi masuk ke dalam permukaan baja dan mencapai kedalaman tertentu. Setelah proses difusi, diikuti perlakuan pendinginan cepat (*quenching*), sehingga diperoleh permukaan yang lebih keras, tetapi liat dan tangguh bagian tengahnya.

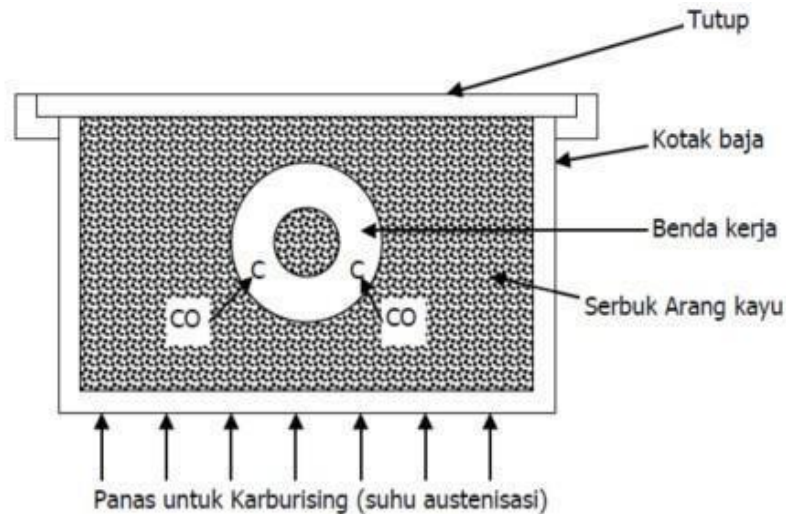
Difusi adalah gerak spontan dari atom atau molekul di dalam bahan yang cenderung membentuk komposisi yang seragam. Hukum pertama Fick's menyatakan bahwa difusi dari sebuah elemen dalam suatu bahan substrat merupakan fungsi koefisien difusi dan gradien konsentrasi. Gradien konsentrasi adalah jumlah atom yang terdapat disekitar substrat dibandingkan dengan jumlah atom yang terdapat di dalam substrat. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi kecepatan difusi yaitu, temperatur, komposisi dan waktu (Smallman, Bishop, 2000).

Pendinginan cepat dalam proses carburizing bertujuan untuk memperoleh permukaan yang lebih keras akibat perubahan struktur mikro pada permukaan baja yang telah dikarburasi. Dari bermacam-macam struktur mikro, martensit merupakan yang paling keras dan kuat namun paling getas (Callister, 2007).



Gambar 2.1. Pemodelan proses difusi: (a) Secara Interstisi, (b) Secara Substitusi.

Metode proses *carburizing* dibedakan berdasarkan media karburasinya, yaitu gas, cair dan padat. *Pack carburizing* adalah metode *carburizing* yang paling sederhana dibanding metode cair dan gas, karena dapat dilakukan dengan peralatan yang sederhana. Pada metode ini, komponen ditempatkan dalam kotak berisi media karburasi yang saat pemanasan pada suhu austenisasi (842 – 953 °C) akan mengeluarkan gas  $\text{CO}_2$  dan  $\text{CO}$ . 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. 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 (Y. Lakhtin, 1975).



Gambar 2.2. Proses *pack carburizing*

Gas CO ini bereaksi dengan permukaan baja karbon rendah membentuk atom karbon yang kemudian terdifusi masuk ke dalam baja mengikuti persamaan:



**B. Mekanisme Proses Difusi**

Mekanisme difusi dapat terjadi dengan dua cara yaitu interstisi dan substitusi. Pada proses *pack carburizing*, pembentukan dan pertumbuhan lapisannya merupakan proses difusi dengan mekanisme kekosongan (*vacancy*) dimana prinsip dari mekanisme kekosongan ini adalah jika suatu atom mengisi kekosongan yang terdapat pada susunan atom-atomnya maka akan terjadi kekosongan baru pada susunan atom tersebut.

Kekosongan baru ini dapat diisi oleh atom lain yang letaknya berdekatan dengan lubang yang ditinggalkan oleh atom yang pertama tadi. Gerakan

keseluruhan dari atom-atom disebut sebagai difusi dengan mekanisme kekosongan. Atom mampu bergerak didalam kisi-kisi kristal dari satu atom ke atom lainnya apabila, (Van Vlack, Lawrence, 2004).

1. Memiliki cukup energi aktivasi
2. Memiliki agitasi panas yang cukup dari atom-atom
3. Terdapat kekosongan atau cacat kristal lainnya pada kisi kristalnya
4. Ukuran atom dimana perbedaan atom terlarut dan pelarut kurang dari 15%.

Kekosongan dalam logam atau paduan akan menghasilkan ketidak stabilan yang mengakibatkan terjadinya pergerakan dari atom-atom untuk mengisi kekosongan itu dengan mekanisme interstisi dan substitusi.

Selain itu, temperatur sangat berpengaruh pada proses difusi. Hal ini dikarenakan kenaikan temperatur akan memperbanyak terjadinya kekosongan dalam logam, (Van Vlack, Lawrence, 2004).

Gambar 2.1-a untuk menggambarkan energi aktivasi secara skematik. Atom karbon cukup kecil ( $r = 0,07 \text{ nm}$ ) dan dapat menempati posisi interstisial di antara sejumlah atom besi. Jika atom karbon ini memiliki cukup energi, atom tersebut dapat pindah dari posisi diantara atom besi ke lokasi interstisial berikutnya apabila bergetar dalam arah itu (Van Vlack, Lawrence, 2004).

Mekanisme difusi lain yang digambarkan secara skematik pada Gambar 2.1-b. Bila semua atom yang ukurannya sama, atau hampir sama, maka mekanisme kekosongan menjadi dominan. Kekosongan dapat terjadi sebagai bagian dari suatu struktur yang cacat (Van Vlack, Lawrence, 2004).

### C. Katalisator

Katalis merupakan suatu zat atau substansi yang dapat mempercepat reaksi (dan mengarahkan atau mengendalikannya), tanpa dikonsumsi 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* (inhibitor) merujuk kepada zat yang berperan menghambat atau memperlambat berlangsungnya reaksi (Stadelman, 2000).

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

#### **D. Baja Karbon Rendah**

Baja merupakan salah satu jenis logam yang banyak digunakan dengan unsur karbon sebagai salah satu dasar campurannya. Di samping 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 presentase 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 prosentase karbon dalam campuran logam baja karbon menjadi salah satu cara mengklasifikasikan baja. Berdasarkan kandungan karbon, baja dibagi menjadi tiga macam, salah satunya adalah baja karbon rendah.

Baja karbon rendah (*low carbon steel*) mengandung karbon dalam campuran baja karbon kurang dari 0,3%. Baja ini bukan baja yang keras karena kandungan karbonnya yang rendah kurang dari 0,3% karbon. Baja karbon rendah tidak dapat dikeraskan karena kandungan karbonnya tidak cukup untuk membentuk struktur martensit (Purwanto, 2012).

Baja karbon rendah juga memiliki ciri khusus antara lain :

- a. Tidak responsif terhadap perlakuan panas yang bertujuan membentuk martensit.
- b. Metode penguatannya dengan “*cold working*” struktur mikronya terdiri ferit dan perlit.
- c. Relatif lunak, ulet dan tangguh.
- d. Mampu las dan mampu mesin yang baik.
- e. Harga murah.

Baja ST41 termasuk baja karbon rendah dikarenakan mempunyai kandungan karbon dibawah 0,3%. Setiap 1 ton baja karbon rendah memiliki 10–30 kg karbon. ST41 ini menunjukkan bahwa baja ini dengan kekuatan tarik kurang lebih 40 kg/mm<sup>2</sup> (Diawali dengan ST dan diikuti bilangan yang menunjukkan kekuatan tarik minimumnya dalam kg/mm<sup>2</sup>), (Purwanto, 2012).

## **E. Perlakuan Panas**

*Heat Treatment* ( perlakuan panas ) adalah salah satu proses untuk mengubah struktur logam dengan jalan memanaskan specimen pada elektrik furnace (tungku) pada temperatur 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 sangat dipengaruhi oleh struktur mikro logam disamping posisi kimianya, contohnya

suatu logam atau paduan akan mempunyai sifat mekanis yang berbeda-beda jika struktur mikronya diubah (Van Vlack, Lawrence, 2004).

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 temperatur sangat menentukan (Van Vlack, Lawrence, 2004).

#### **F. *Quenching***

Proses quenching atau pengerasan baja adalah suatu proses pemanasan logam hingga 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 lalu yang mertensit, ini berupa fase yang sangat keras dan bergantung pada keadaan karbon.



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 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  $0,001\text{ Pa}$  pada temperatur  $20\text{ }^{\circ}C$  (Giancoli, 1998). 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. Sehingga akan dihasilkan kekerasan dan kekuatan yang baik pada baja. Pendinginan menggunakan air menyebabkan tegangan dalam, distorsi dan retak.

#### 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 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. Untuk oli mesin SAE 10 pada temperatur 30 °C memiliki koefisien viskositas  $200 \times 10^{-3}$  Pa (Giancoli, 1998).

### 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. Udara memiliki titik didih -194 °C dan nilai koefisien viskositasnya  $0,018 \times 10^{-3}$  Pa (Giancoli, 1998).

### 4. Garam

Garam dipakai sebagai bahan pendinginan disebabkan memiliki sifat mendinginkan 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.

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

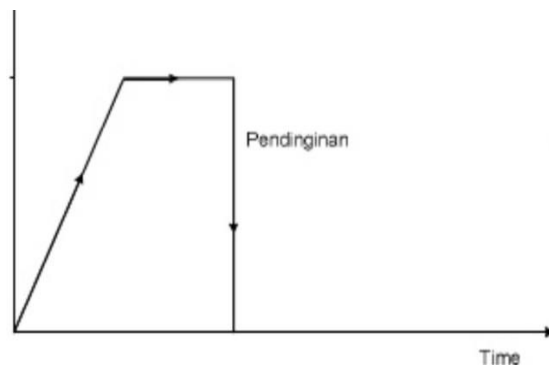
1. Pendinginan langsung (*Direct Quenching*)

2. Pendinginan tunggal (*Single Quenching*)

3. *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.

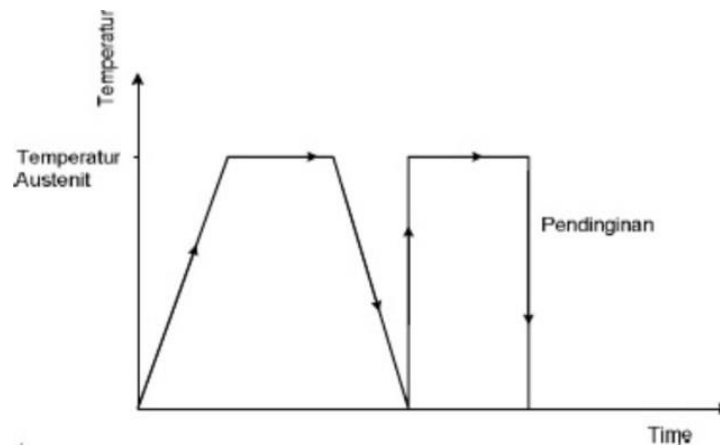


Gambar 2.3. Grafik pendinginan langsung

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.

1. 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 difusisitas dari atom-atom karbon, dan agar gradien komposisi lebih halus.

## 2. *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.

## **G. Uji Kekerasan Mikro**

Pada umumnya, kekerasan menyatakan ketahanan terhadap deformasi dan merupakan ukuran ketahanan logam terhadap deformasi plastis atau deformasi permanen (Dieter, 1998).

Terdapat tiga jenis ukuran kekerasan, tergantung pada cara melakukan pengujian, yaitu:

1. Kekerasan goresan (*scratch hardness*),
2. kekerasan lekukan (*indentation hardness*),
3. kekerasan pantulan (*rebound*).

Untuk logam, hanya kekerasan lekukan yang banyak menarik perhatian dalam kaitannya dengan bidang rekayasa (Callister, 2001).

Kekerasan mikro menggunakan indentor piramida intan dengan beban antara 100-1000 g. Pengukuran kekerasan mikro digunakan untuk permukaan benda yang sempit dan ketebalan yang tipis, serta daerah kritis. Jenis metode pengukuran kekerasan mikro:

## 1. Metode Vickers

Mirip dengan metoda vickers namun vickers untuk *micro hardness test* menggunakan beban yang lebih kecil. Pengujian kekerasan dengan vickers bertujuan menentukan kekerasan suatu material dalam yaitu daya tahan material terhadap indentor intan dan mempunyai bentuk geometri berbentuk piramid.

$$\text{VHN} = \frac{1,854 \times P}{d^2} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana : VHN = Vickers Hardness Number

P = Beban yang diberikan (kgf)

d<sup>2</sup> = Panjang diagonal rata-rata hasil indentasi

## 2. Metode Knoop

Geometri indentor Knoop yang memiliki alas dengan perbandingan diameter 7:1 memungkinkan indentor Knoop menjangkau daerah-daerah yang lebih sempit dan tipis dari vickers

## H. Analisis Awal Tempurung Kelapa

Tempurung kelapa merupakan salah satu bahan organik yang memiliki ragam unsur tergantung kondisi lingkungannya. Dilakukan analisis EDX (Energy Dispersive X-ray) untuk mengetahui unsur-unsur yang terdapat pada serbuk tempurung kelapa. Tabel 2.1 memberikan informasi bahwa presentase 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 2.1 Hasil pengujian EDX serbuk tempurung kelapa.

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

Setelah diketahui unsur yang terkandung pada bahan, dilakukan analisis termal dengan menggunakan alat DSC-TGA. Analisis ini didefinisikan sebagai pengukuran sifat-sifat fisik dan kimia material sebagai fungsi suhu baik reaksi endotermik, reaksi eksotermik maupun pengurangan massa. 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).