

**SKRIPSI**

**PENGARUH *CARBURIZING* TERHADAP KETAHANAN AUS  
PADA BAJA MANGAN UNTUK *STONE CRUSHER***

**OLEH :**

**ANJASDIR**

**D021 17 1009**



**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
GOWA  
2022**

**SKRIPSI**

**PENGARUH *CARBURIZING* TERHADAP KETAHANAN AUS  
PADA BAJA MANGAN UNTUK *STONE CRUSHER***

**OLEH :**

**ANJASDIR**

**D021 17 1009**

**Merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada  
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin**

**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**GOWA**

**2022**

LEMBAR PENGESAHAN

PENGARUH *CARBURIZING* TERHADAP KETAHANAN AUS PADA  
BAJA MANGAN UNTUK *STONE CRUSHER*

OLEH :

ANJASDIR

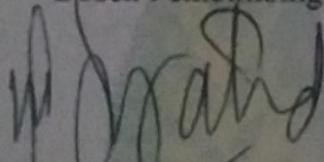
D021171009

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka  
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Mesin Fakultas  
Teknik Universitas Hasanuddin

Pada tanggal ...

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I



Dr. Muhammad Syahid, ST., MT.

NIP. 19770707 200501 001

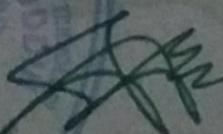
Dosen Pembimbing II



Prof. Dr. Ir. H. Ilyas Renreng, MT

NIP. 19570914 198703 1 001

Ketua Departemen Teknik Mesin  
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin



Dr. Eng. Ir. Jalaluddin, ST., MT

NIP. 19720825 200003 1 001



## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Anjasdir  
Nim : D021171009  
Program Studi : Teknik Mesin  
Jenjang : S-1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

**“PENGARUH *CARBURIZING* TERHADAP KETAHANAN AUS PADA BAJA MANGAN UNTUK *STONE CRUSHER*”**

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa 21 Oktober 2022

Yang Membuat Pernyataan



## DAFTAR RIWAYAT HIDUP

### DATA DIRI

Nama lengkap : ANJASDIR  
Nama Panggilan : Anjas  
Tempat / Tanggal Lahir : Unjuruiya, 10 Mei 1999  
Jenis Kelamin : Laki-Laki  
Agama : Islam  
Golongan Darah : A  
Alamat : Jl. Kalampeto no.28  
Telepon / No. HP : 085776474643  
E-mail : [mimpianjas09@gmail.com](mailto:mimpianjas09@gmail.com)

### RIWAYAT PENDIDIKAN

SDN Unjuruiya	(2005-2011)
SMPN 3 Bontomatene	(2011-2014)
SMAN 1 Bontomatene	(2014-2017)
Universitas Hasanuddin	(2017-2022)

### RIWAYAT ORGANISASI

OKFT-UH

HMM FT-UH

## **ABSTRAK**

*Pack carburizing merupakan metode karburisasi yang paling sederhana, yaitu menggunakan serbuk arang sebagai penambahan unsur Karbon. Tujuan penelitian carburizing ini adalah untuk mengetahui perubahan sifat sifat dari baja, baik sifat fisis maupun mekanis. Material yang digunakan adalah baja mangan. Proses karburisasi diawali dengan mencampur arang tempurung kelapa 80% dan BaCO<sub>3</sub> 20%, kemudian dimasukkan ke dalam kotak karburisasi dengan posisi specimen di tengah. Dilanjutkan pemanasan dalam oven pada temperature 850 C dengan waktu tahan 2 jam kemudian dikeluarkan dan didinginkan dalam air (quenching), kemudian di uji kekerasannya dengan metode rockwell menggunakan alat Micro Hardness Tester dan pengamatan struktur mikro menggunakan alat inverted metallurgical microscope.*

*Dari hasil proses karburising nilai kekerasannya pada raw material 16.97 HRC pada karburisasi 2 jam nilai kekerasan yang paling tinggi yaitu 57,43 HRC. Harga kekerasan naik di sebabkan karena proses karburisasi dan proses quenching.*

Kata kunci : Baja Karbon Tinggi, Pack Carburizing, Arang Tempurung Kelapa

## KATA PENGANTAR

*Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

Puji syukur kita panjatkan kehadirat Allah SWT, atas banyaknya Berkah, Rahmat dan Hidayah-Nya sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik. Salam dan shalawat kepada Nabi Muhammad SAW sebagai tauladan kami yang menghantarkan kita selalu menuntut ilmu untuk bekal akhirat dan duniawi.

Akhir penyusunan skripsi “PENGARUH *CARBURIZING* TERHADAP KETAHANAN AUS PADA BAJA MANGAN UNTUK *STONE CRUSHER*” sudah ada dihadapan pembaca. Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana pada program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Penghargaan dan ucapan terima kasih yang setulus-tulusnya kepada kedua orang tua dan saudara-saudara saya (penulis) yang selalu memberikan motivasi, support dan kasih sayangnya serta doa restunya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik.

Tak lupa pula penulis menyampaikan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada semua pihak yang telah memberikan bimbingan dan petunjuk, terutama kepada :

1. Bapak Dr. Muhammad Syahid, ST., MT., selaku pembimbing pertama atas segala bimbingan, arahan, masukan, dan bantuannya selama penyusunan tugas akhir.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. H. Ilyas Renreng, MT., selaku pembimbing kedua atas segala bimbingan, arahan, masukan, dan bantuannya selama penyusunan tugas akhir ini.
3. Dr.Eng. Jalaluddin, ST., MT. selaku Ketua Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
4. Bapak Dr. Eng. Lukmanul Hakim Arma, ST., MT., selaku kepala Laboratorium Metalurgi Fisik Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
5. Kedua Orang Tua penulis, yang senantiasa memberikan semangat dan doa serta membesarkan penulis dengan bangga.

6. Bapak Ir. H. Muskari Bakri, ST., selaku Direktur perusahaan Pt. Yusamasu Tech yang telah banyak membantu dan membimbing dalam proses pembelajaran dan penelitian yang telah banyak membantu dan memberikan pengalaman kepada penulis selama proses magang dan penelitian di Cikarang.
7. Kanda Ansar, yang telah banyak membantu proses pengerjaan spesimen penelitian dan sebagai teman berbagi penulis pada saat melakukan penelitian di lab pengecoran logam serta telah banyak menghibur, memberi masukan dan saran yang mendidik.
8. Bapak dan ibu dosen serta Staff Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
9. Kepada Teman-teman ZYNCROMEZH 2017 Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, yang telah memberikan saya banyak pelajaran hidup dan motivasi yang sangat baik serta telah menjadi wadah dan tempat saya berlindung.
10. Teman atau sahabat saya yang selalu mensupport yaitu, Hasni, Citra dan Nasrah serta terkhusus kepada Waode Asmarita yang selalu menyertai setiap langkah dan teman-teman yang senantiasa ada pada saat dibutuhkan dan juga selalu menghibur selama pengerjaan tugas akhir ini.
11. Kepada Teman-teman Lab Metalurgi Fisik, yang senantiasa berbagi ilmu dan sebagai teman sekaligus pemberi masukan kepada penulis pada saat melakukan penelitian.

Kepada seluruh saudara-saudari yang tidak bisa penulis sebutkan satu per satu, terima kasih telah memberi warna kehidupan penulis sebagai mahasiswa. Akhir kata, *jazakumullah khairan katsiran* atas semuanya dan penulis berharap, tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua khususnya dalam ilmu material dan pengecoran. Karenanya, masukan dan kritik rekan-rekan sekalian kiranya dapat membantu pengembangan penelitian ini selanjutnya.

Gowa, ... Oktober 2022

Penulis

## DAFTAR ISI

SAMPUL DEPAN .....	i
SAMPUL DALAM .....	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
PERNYATAAN KEASLIAN.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	v
ABSTRAK .....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL .....	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	2
1.3. Tujuan Penelitian.....	2
1.4. Batasan Masalah.....	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA .....	4
2.1. Stone Crusher .....	4
2.2. Klasifikasi Baja .....	10
2.3. Baja Anti Karat ( <i>Stainless Steel</i> ).....	12
2.4. Baja Paduan (Steel Alloy) .....	12
2.5. Baja Mangan.....	13
2.6. Rekayasa Permukaan.....	19
2.7. Nilai Kekerasan .....	22
2.8. Keausan .....	23

2.9.	Nilai Ketangguhan ( <i>Impact</i> ) .....	28
2.10.	Metalografi.....	33
2.11.	Difusi .....	37
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		39
3.1.	Waktu Dan Tempat Penelitian.....	39
3.2.	Alat Dan Bahan .....	39
3.3.	Variasi Penelitian.....	44
3.4.	Metode Pengambilan Data .....	45
3.5.	Prosedur Penelitian.....	45
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....		52
4.1.	Hasil Pengujian Komposisi .....	52
4.2.	Pengujian Kekerasan .....	53
4.3.	Pengujian Keausan .....	55
4.4.	Pengujian Ketangguhan.....	57
4.5.	Pengamatan Struktur Mikro .....	58
BAB V PENUTUP.....		61
5.1.	Kesimpulan.....	61
5.2.	Saran.....	61
DAFTAR PUSTAKA .....		62
LAMPIRAN .....		64

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Stone Crusher PT Bumi Karsa.....	4
<b>Gambar 2.2</b> Proses Pemecahan Batu .....	5
<b>Gambar 2.3</b> Diagram Alur Proses Stone Crusher .....	6
<b>Gambar 2.4</b> Klasifikasi Baja Karbon.....	12
<b>Gambar 2.5</b> Diagram Fasa Fe-Mn-C (Okamoto, 1992).....	14
<b>Gambar 2.6</b> Pack Carburizing.....	21
<b>Gambar 2.7</b> Gas Carburizing .....	22
<b>Gambar 2.8</b> Pengaruh Penambahan Unsur Paduan Terhadap Kekerasan Material Baja .....	23
<b>Gambar 2.9</b> Pengujian Keausan Dengan Metode Ogoshi .....	24
<b>Gambar 2.10</b> Ilustrasi Skematis Keausan Abrasif .....	25
<b>Gambar 2.11</b> Ilustrasi Skematis Keausan Abrasif .....	25
<b>Gambar 2.12</b> Mekanisme Keausan Fatik.....	26
<b>Gambar 2.13</b> Ilustrasi Skematis Keausan Oksidasi .....	27
<b>Gambar 2.14</b> Skematis Keausan Erosi.....	27
<b>Gambar 2.15</b> Skema Pengujian Impak .....	29
<b>Gambar 2.16</b> Sketsa Perhitungan Energi Impak.....	30
<b>Gambar 2.17</b> Macam-Macam Bentuk Takikan Pada Spesimen Uji Impak.....	32
<b>Gambar 2.18</b> Pola Patahan Pada Penampang Spesimen Uji Impak .....	32
<b>Gambar 3.1</b> Material Baja Mangan.....	39
<b>Gambar 3.2</b> Furnace Machine.....	40
<b>Gambar 3.3</b> Rockwell Machine .....	40
<b>Gambar 3.4</b> Triobtester Pin on Disk Machine .....	41
<b>Gambar 3.5</b> Gurinda .....	41
<b>Gambar 3.6</b> Timer.....	42
<b>Gambar 3.7</b> Media Pendingin Air.....	42
<b>Gambar 3.8</b> Arang Batok Kelapa.....	42
<b>Gambar 3.9</b> Barium Karbonat.....	43
<b>Gambar 3.10</b> Amplas .....	43
<b>Gambar 3.11</b> Cairan Etsa.....	44

<b>Gambar 3.12</b> Timbangan Digital .....	44
<b>Gambar 3.13</b> Pack Carburizing.....	46
<b>Gambar 3.14</b> Alat Uji Kekerasan (Rockwell).....	47
<b>Gambar 3.15</b> Alat Pengujian Ketangguhan (Charpy Impact).....	48
<b>Gambar 3.16</b> Alat Pengujian Keausan (Wear Machine).....	49
<b>Gambar 3.17</b> Alat Pengujian Metalografi.....	50
<b>Gambar 4.1</b> Nilai Kekerasan Rata-Rata Baja Mangan Sesudah Mendapatkan Perlakuan Carburizing Dengan Variasi Ukuran Serbuk .....	54
<b>Gambar 4.2</b> Nilai Rata-Rata Keausan Baja Mangan Sesudah Mendapatkan Perlakuan Carburizing Dengan Variasi Ukuran Bentuk .....	56
<b>Gambar 4.3</b> Nilai Rata-Rata Ketangguhan Spesimen Baja Mangan Sesudah Perlakuan Carburizing Dengan Variasi Ukuran Serbuk .....	58
<b>Gambar 4.4</b> Hasil Pengamatan Struktur Mikro Baja Mangan, a) Mesh 20, b) Mesh 40, c) Mesh 60, d) Tanpa Carburizing .....	59

## **DAFTAR TABEL**

<b>Tabel 4.1</b> Hasil Pengujian Komposisi Baja Karbon .....	52
<b>Tabel 4.2</b> Hasil Pengambilan Data Kekerasan Spesimen .....	53
<b>Tabel 4.3</b> Berat Spesimen Yang Hilang Akibat Gesekan.....	55
<b>Tabel 4.4</b> Laju Keausan Spesimen .....	56
<b>Tabel 4.5</b> Hasil Pengambilan Data Kekuatan Impak Spesimen .....	57

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Baja mangan austenitik merupakan material yang memiliki sifat ulet, ketangguhan yang tinggi, ketahanan terhadap benturan dan keausan yang baik serta pengerasan regangan yang tinggi. Karena sifat tersebut, baja ini banyak digunakan untuk komponen - komponen yang dalam pemakaiannya mengalami benturan dan gesekan. Karena sifat-sifat tersebut, salah satu aplikasi dibidang teknik yang menggunakan material baja mangan adalah *Stone Crusher*.(Baxter, 2008)

*Stone Crusher* adalah suatu mesin yang digunakan untuk menghancurkan batu atau mengubah ukuran batu dari yang besar ke yang kecil. Dalam *Stone Crusher* ada beberapa cara yang digunakan untuk mendapatkan batu pecah (gradasi) yang sesuai dengan yang dikehendaki, yaitu dari ukuran yang paling besar menjadi ukuran yang paling kecil. Salah satu yang digunakan adalah *Impact Crushing* (pemukulan). Proses pemecah batu ini menggunakan hammer berputar dan hammer tersebut memukul material, dimana material dijatuhkan lewat cerobong, sehingga batu akan hancur akibat pukulan yang berulang-ulang. Karena gesekan antara material baja dan batu yang terjadi secara terus menerus, sehingga hal ini membuat material *Stone Crusher* cepat aus, dan ini menjadi salah satu permasalahan yang tengah dihadapi dalam dunia teknik khususnya aplikasi baja mangan pada *Stone Crusher*.(K. Abrosimov ; 338)

Menanggapi permasalahan tersebut, ada beberapa solusi atau langkah yang bisa dilakukan, salah satunya berupa rekayasa permukaan yaitu dengan menggunakan metode *heat treatment*, *carburizing*, dan *nitriding*. Namun pada penelitian ini tertarik menggunakan metode *carburizing*. *Carburizing* adalah proses menambahkan karbon ke permukaan benda, dilakukan dengan memanaskan benda kerja dalam lingkungan yang banyak mengandung karbon aktif, sehingga karbon berdifusi masuk ke permukaan baja, hal ini akan memberikan kombinasi yang serasi antara bagian luar atau permukaan benda kerja yang keras dan tahan menerima beban, serta tahan aus dengan inti yang lunak dan ulet.

Beberapa penelitian mengatakan bahwa arang dapat digunakan sebagai energizer pada proses *pack carburizing* baja, dari penelitian tersebut dapat disimpulkan adanya peningkatan kekerasan pada permukaan baja setelah mengalami *pack carburizing*.(Ongkowu), 1999

Oleh karena itu, agar material baja mangan pada *Stone Crusher* tidak cepat aus maka diajukanlah proposal penelitian yang berjudul, “**Pengaruh Carburizing Terhadap Ketahanan Aus Pada Baja Mangan Untuk Stone Crusher**” yang nantinya dapat menghasilkan kualitas yang lebih baik.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Adapun rumusan masalah berdasarkan latar belakang di atas ialah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh kehalusan serbuk arang batok kelapa terhadap tingkat kekerasan pada *carburizing* baja mangan
2. Bagaimana pengaruh kehalusan serbuk arang batok kelapa terhadap tingkat keausan pada *carburizing* baja mangan
3. Bagaimana pengaruh kehalusan serbuk arang batok kelapa terhadap struktur mikro pada *carburizing* baja mangan

## **1.3. Tujuan Penelitian**

Berdasarkan permasalahan diatas, terdapat pula tujuan dalam penelitian ini, yakni;

1. Untuk mengetahui pengaruh kehalusan serbuk arang batok kelapa terhadap tingkat kekerasan pada *carburizing* baja mangan.
2. Untuk mengetahui pengaruh kehalusan serbuk arang batok kelapa terhadap tingkat keausan pada *carburizing* baja mangan.
3. Untuk mengetahui pengaruh kehalusan serbuk arang batok kelapa terhadap struktur mikro pada *carburizing* baja mangan.

#### **1.4. Batasan Masalah**

Batasan masalah yang diangkat di antaranya sebagai berikut :

1. Bahan uji yang digunakan adalah baja mangan.
2. Media *carburizing* menggunakan arang batok kelapa dengan ukuran serbuk mesh 20, 40, dan 60.
3. Tungku yang digunakan adalah tungku listrik (*Furnace Machine*) dengan temperature austenisasi 850 °C.
4. Pendinginan dilakukan secara cepat dengan media pendingin air.
5. Pengujian kekerasan menggunakan metode *Rockwell* dengan beban indentasi bola-bola baja dan waktu penerapan beban uji selama 10 detik.
6. Pengujian keausan menggunakan *Triobtester Pin on Disk Machine*, panjang lintasan dan massa pembebanan konstan.
7. Kondisi temperatur lingkungan dianggap konstan.

#### **1.5. Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dapat mengetahui dan memahami karakteristik dan sifat mekanik material baja mangan.
2. Untuk mengetahui bagaimana pengaruh kehalusan serbuk arang batok kelapa terhadap kekerasan, ketahanan aus, dan struktur mikro pada *carburizing* baja mangan.
3. Sebagai acuan untuk pembuatan produk-produk dari material baja mangan yang lebih baik.

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Stone Crusher**

Dalam *stone crusher* ada beberapa cara yang digunakan untuk mendapatkan batu pecah (gradasi) yang sesuai dengan yang dikehendaki, yaitu dari ukuran yang paling besar menjadi ukuran yang paling kecil dan tentunya mesin yang dipergunakan juga berbeda-beda, cara tersebut adalah, *Pressure crushing* (penekanan), *Shear crushing* (pemotongan), *Impact crushing* (pemukulan), *Rubbing crushing* (pengikisan). Sedangkan ukuran batu pecah (gradasi) yang dihasilkan menurut Abrosimov (1966:338) dari hasil *crushing* dapat dibedakan atas beberapa ukuran yaitu sebagai berikut :

1. Material kasar (coarse), berukuran : 70-300 mm
2. Material sedang (medium), berukuran : 20-70 mm
3. Material halus (fine), berukuran : 1-20 mm
4. Lembut/abu (fine grading), berukuran kurang dari 1 mm



**Gambar 2.1** *Stone Crusher* PT Bumi Karsa

##### **2.1.1. *Pressure Crushing* (Penekanan)**

Yaitu proses pemecahan batu dengan cara menekan material diantara dua permukaan yang mana penekanannya dapat dilakukan dari salah satu sisi

atau kedua permukaan tersebut, system ini cocok dipergunakan untuk materil yang keras, kasar dan tidak melekat.

### 2.1.2. *Shearing Crushing (Pemotongan)*

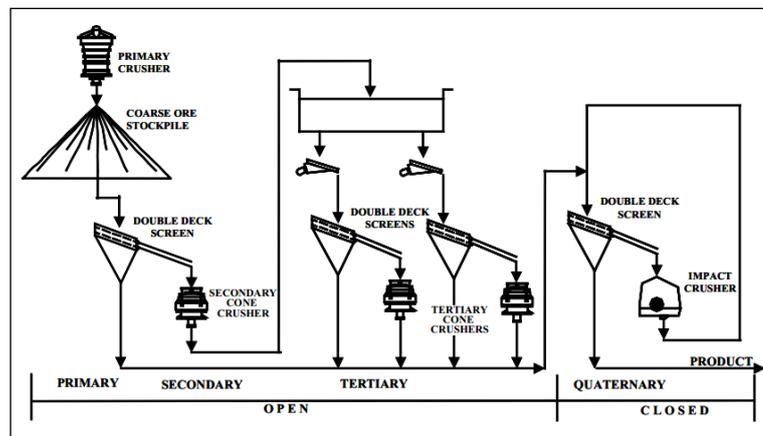
Proses pemecahan batu dengan cara mengikis, memotong, dan membelah. System ini cocok digunakan untuk jenis batu dengan karakteristik material yang mudah pecah.

### 2.1.3. *Impact Crushing (Pemukulan)*

Proses pemecah batu dengan cara menggunakan hammer berputar dan hammer tersebut memukul material, dimana material dijatuhkan lewat cerobong, sehingga batu akan hancur akibat pukulan yang berulang-ulang. Proses ini cocok untuk memecah batu yang mempunyai karakteristik material yang *non abrasive* dengan kandungan air 12%.

### 2.1.4. *Rubbing Crushing (Pengikisan)*

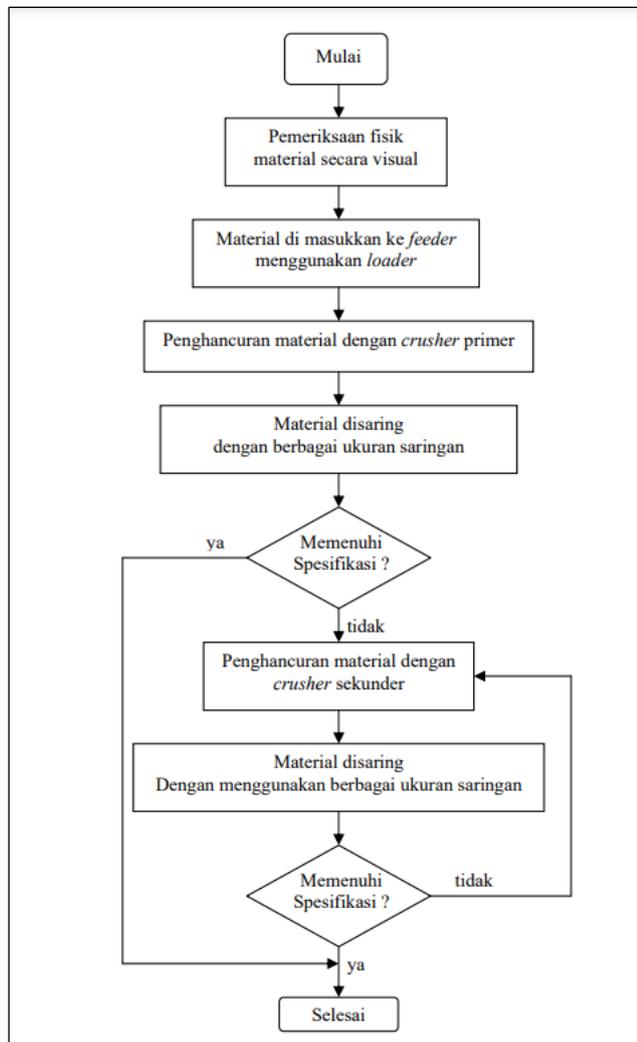
Proses pemecahan batu dengan cara menggesekkan material dengan disertai penekanan diantara dua permukaan material yang cukup keras, sehingga terjadi pengikisan dan menghasilkan batu pecah yang halus. System ini cocok untuk material yang mudah pecah.



Gambar 2.2 Proses Pemecahan Batu

Dalam penggunaan sehari-hari di pertambangan, crusher dibedakan dalam beberapa jenis tingkatan. *Crusher* primer dan sekunder digunakan untuk memproses material yang besar dan kasar, sementara crusher tersier dan

kuartener digunakan untuk memproses material setingkat biji untuk mendapatkan hasil yang lebih halus lagi.



**Gambar 2.3** Diagram Alur Proses Stone Crusher

Beberapa macam peralatan pemecah batu (*stone crusher*) meliputi :

1. *Primary Crusher*, biasanya menggunakan tipe *crusher* :

a. *Jaw crusher* (pemecah tipe rahang)

*Jaw crusher* digunakan untuk mengurangi besar butiran pada tingkat pertama, untuk kemudian dipecah lebih lanjut oleh *crusher* lain. Jenis ini paling efektif digunakan untuk batuan sedimen sampai batuan yang paling keras seperti granit atau basalt. *Jaw crusher* merupakan

mesin penekan (compression) dengan rasio pemecahan 6 : 1. Keuntungan yang diperoleh dari jaw crusher antara lain karena kesederhanaan konstruksinya, ekonomis dan memerlukan tenaga yang relatif kecil. Ukuran material yang dapat dipecah oleh crusher ini tergantung pada feed opening (bukaan) dan kekerasan batu yang akan dipecah. Umumnya untuk material hasil peledakan, material yang berukuran sampai dengan 90% dari feed opening (bukaan) dapat diterima. Untuk batuan yang tidak terlalu keras disarankan berukuran 80% dari feed opening (bukaan).

b. *Gyratory Crusher* (pemecah giratori)

Crusher ini beroperasi dengan kisaran. Bagian *crusher* pemecah berbentuk Conis, karena itu kadang disebut cone crusher. *Gyratory crusher* hampir sama dengan *jaw crusher*, perbedaannya terletak pada cara pemberian tekanan dimana untuk *gyratory crusher* tekanan diberikan dari arah samping. Hasil pemecahan crusher ini rata – rata berbentuk kubus dan agak uniform hal ini karena bentuk lengkung dari cone dan bowl yang mempunyai permukaan cekung (concave).

c. *Impact Crusher* (pemecah tipe pukulan)

*Impact crusher* disarankan terutama untuk batu kapur atau untuk penggunaan dengan abrasi lebih rendah. *Impact crusher* ada 2 jenis yaitu *impact breaker* dan *hammer mill*. Kedua jenis ini pada prinsipnya sama, perbedaannya terletak pada jumlah rotor dan ukurannya. *Impact breaker* mempunyai satu atau dua buah rotor dan ukurannya lebih besar daripada *hammer mill*. *Impact breaker* menghasilkan produk yang bentuknya 8 seperti kubus meskipun semula merupakan batu lempengan serta meningkatkan kualitas agregat dan mempertinggi kapasitas plant.

2. *Secondary Crusher*, biasanya menggunakan tipe *crusher* :

a. *Cone Crusher*

Selain sebagai *crusher* sekunder, cone crusher juga dapat digunakan untuk pasir dan kerikil serta material yang memiliki butir asal

(sebelum dipecah) 20 – 25 cm dimana tidak memerlukan lagi *crusher* primer.

b. *Roll Crusher*

*Roll Crusher* diperlukan untuk menghasilkan produk dengan ukuran tertentu. *Crusher* jenis tekanan ini menghasilkan variasi pemecahan yang lebih besar dibanding jenis *crusher* lainnya. Kapasitas *roll crusher* tergantung dari jenis batuan, ukuran *crusher* primer, ukuran batuan yang diinginkan, lebar roda dan kecepatan roda berputar. Ditinjau dari jumlah rollnya ada beberapa macam tipe *roll crusher* yaitu :  $\frac{3}{4}$  Single Roll (silinder tunggal), biasanya digunakan untuk memecahkan batuan yang lembab dan tidak menguntungkan jika digunakan untuk memecahkan batuan yang abrasif. *Crusher* tipe ini memiliki rasio pemecahan maksimum 7 : 1.  $\frac{3}{4}$  Double Roll (silinder ganda), memiliki rasio pemecahan 2 – 2,5 : 1.  $\frac{3}{4}$  Triple Roll (silinder tiga), memiliki rasio pemecahan 4 – 5 : 1.

c. Hammer Mill (pemecah tipe pukulan)

Hammer Mill digunakan untuk batu kapur berkualitas tinggi, dengan kadar abrasif kurang dari 5%, menghasilkan jumlah besar material halus. Hammer Mill dapat menerima feed material berukuran sampai dengan 20 cm dan memiliki rasio pemecahan 20 : 1.

3. *Tertiary Crusher*, biasanya menggunakan tipe *crusher* :

a. *Roll Crusher* (pemecah tipe silinder)

Selain sebagai *crusher* sekunder, *roll crusher* dapat juga digunakan sebagai *crusher* tersier. 9

b. Rod Mill (pemecah tipe batang)

Dimaksudkan untuk mendapatkan material yang lebih halus.

c. Ball Mill (pemecah tipe bola)

Dimaksudkan untuk mendapatkan material yang lebih halus. Namun dalam prakteknya di lapangan, pekerjaan *crushing* dilakukan hanya sampai pada tahap kedua. Tipe *crusher* yang dipakai umumnya menggunakan tipe jaw to jaw dimana jaw pertama sebagai primary

crusher (crusher primer) untuk pemecahan tahap pertama, sedangkan jaw kedua sebagai secondary crusher (crusher sekunder) untuk pemecahan tahap kedua. Hal ini disebabkan antara lain karena :

- kesederhanaan konstruksinya.
- ekonomis dan memerlukan tenaga yang relatif kecil.
- kapasitas produksi yang besar tergantung lebar bukaan pada jaw dan ukuran butir yang dikehendaki.

### **2.1.5 Bagian - Bagian Stone Crusher**

Bagian - bagian ini dimaksudkan untuk mengatur dan menyalurkan material yang masuk atau juga material hasil crusher yang dipisah – pisahkan menurut gradasinya. Beberapa bagian dari crusher antara lain :

#### **1. Feeder dan Hopper**

Fedeer dan hopper adalah komponen dari peralatan pemecah batu yang berfungsi mengatur aliran dan pemisah bahan – bahan serta penerima bahan baku (raw material). Fungsi utama feeder adalah mengatur aliran bahan batuan yang masuk kedalam pemecah batu. Beberapa tipe dari feeder antara lain :

- a. Apron feeder, umumnya dipakai untuk batuan yang akan dimasukkan ke dalam primary crusher. Feeder ini direncanakan sebagai heavy duty construction untuk menahan beban kejut dari batuan yang ditumpahkan.
- b. Reciprocating plate feeder (plat pengumpan bolak – balik), biasanya dipakai untuk material yang diambil dari gravel pit, material ini umumnya berukuran kecil yang kadang – kadang tidak perlu pemecahan sehingga harus dikelurkan dari material yang besar.
- c. Grizzly feeder (saringan pemisah pertama), hampir sama dengan apron feeder, hanya diberikan penambahan untuk sekedar memilih ukuran batu yang akan dipecahkan. Pada feeder jenis ini, butiran – butiran yang ukurannya lebih kecil dari ukuran rongga pada rantai feeder akan berjatuhan keluar.

- d. Chain feeder, pada chain feeder batu masuk karena berat sendiri melalui suatu penyalur.
2. Scalping Unit (saringan kisi – kisi)  
Scalping unit sering dipakai sebagai lanjutan feeder, scalping unit ini berupa kisi – kisi (grid) yang diam (stationery) atau bergetar (vibratiory motion).
3. Grizzly Bar (batang – batang pemisah)  
Grizzly bar juga dipakai pada scalping unit, konstruksinya berupa batang – batang (bars) besi paralel yang satu sama lainnya diberi jarak antara, dipasang miring ke arah pit sehingga batu yang ukurannya lebih besar dari jarak antara batang – batang tadi hanya akan melewatinya, tidak masuk ke dalam crusher. Jarak antara batang – batang besi tadi dapat diatur sesuai dengan ukuran batu (feed) yang diinginkan oleh primary crusher.
4. Conveyor atau Bucket Elevator  
Adalah komponen dari peralatan pemecah batu yang berfungsi untuk memindahkan material secara langsung dalam suatu proses dari satu unit ke unit lain. Fungsi conveyor pada peralatan pemecah batu biasanya terdiri dari unit joint conveyor (fungsi penyambung atau perantara), discharge conveyor (mendistribusikan ke stock pile), feed conveyor (fungsi pemasok), return conveyor (fungsi balik untuk dipecah lagi).
5. Bin dan Hopper Bawah  
Adalah komponen pada peralatan pemecah batu yang berfungsi untuk menampung sementara, atau sebagai container yang besar untuk penyimpanan material permanen dari material dari stock pile.

## **2.2. Klasifikasi Baja**

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 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 prosentase karbon dalam campuran logam baja karbon menjadi salah satu cara mengklasifikasikan baja. Berdasarkan kandungan karbon, baja dibagi menjadi tiga macam, yaitu :

1. 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%C. Baja karbon rendah tidak dapat dikeraskan karena kandungan karbonnya tidak cukup untuk membentuk struktur martensit (Amanto, 1999).

2. Baja Karbon Menengah

Baja karbon sedang mengandung karbon 0,3%C – 0,6%C (*medium carbon steel*) dan dengan kandungan karbonnya memungkinkan baja untuk dikeraskan sebagian dengan perlakuan panas (*heat treatment*) yang sesuai. Baja karbon sedang lebih keras serta lebih lebih kuat dibandingkan dengan baja karbon rendah (Amanto, 1999).

3. Baja Karbon Tinggi

Baja karbon tinggi (*high carbon steel*) mengandung 0,6%C – 1,5%C dan memiliki kekerasan tinggi namun keuletannya lebih rendah, hampir tidak dapat 986 Jurnal TEKNOLOGI, Volume 9 Nomor 1, 2012; 985 – 994 diketahui jarak tegangan lumernya terhadap tegangan proporsional pada grafik tegangan regangan. Berkebalikan dengan baja karbon rendah, pengerasan dengan perlakuan panas pada baja karbon tinggi tidak memberikan hasil yang optimal dikarenakan terlalu banyaknya martensit sehingga membuat baja menjadi getas.



Jenis dan kelas		Kadar karbon (%)	Kekuatan luluh (kg/mm <sup>2</sup> )	Kekuatan tarik (kg/mm <sup>2</sup> )	Perpanjangan (%)	Kekerasan Brinell	Penggunaan
Baja karbon rendah	Baja lunak khusus	0,08	18 - 28	32 - 36	40 - 30	95 - 100	Pelat tipis Batang kawat
	Baja sangat lunak	0,08-0,12	20 - 29	36 - 42	40 - 30	80 - 120	
	Baja lunak	0,12-0,20	22 - 30	38 - 48	36 - 24	100 - 130	
Baja karbon sedang	Baja setengah lunak	0,20-0,30	24 - 36	44 - 55	32 - 22	112 - 145	Konstruksi umum Komponen mesin
	Baja setengah keras	0,30-0,40	30 - 40	50 - 60	30 - 17	140 - 170	
Baja karbon tinggi	Baja keras	0,04 0,50	34 - 46	58 - 70	26 - 14	160 - 200	Perkakas, Rel, pegas dan kawat piano
	Baja sangat keras	0,50 0,80	36 - 47	65 - 100	20 - 11	180 - 235	

**Gambar 2.4** Klasifikasi Baja Karbon

### 2.3. Baja Anti Karat (*Stainless Steel*)

*Stainless Steel* merupakan bahan panas yang daya tahannya lebih kuat dibandingkan besi atau baja biasa. *Stainless Steel* adalah baja tahan karat karena tahan terhadap pengaruh oksigen karena mempunyai lapisan oksida yang stabil pada permukaannya. *Stainless Steel* mengandung unsur *chromium* lebih dari 10,5% yang mampu melindungi baja *Stainless Steel* dari gejala-gejala korosi yang disebabkan oleh pengaruh lingkungan.

### 2.4. Baja Paduan (*Steel Alloy*)

Baja adalah logam paduan, logam besi sebagai unsur dasar dengan karbon sebagai unsur paduan utamanya. Unsur paduan lain yang biasa ditambahkan selain karbon adalah titanium, krom (*chromium*), nikel, vanadium, cobalt dan tungsten (*wolfram*). Dengan memvariasikan kandungan karbon dan unsur paduan lainnya, berbagai jenis kualitas baja bias didapatkan.

Baja (*steel*) merupakan material yang sering digunakan dan dijumpai pada kehidupan kita sehari-hari. Kandungan utama dalam baja adalah ferrous atau iron. Selain ferrous, ada kandungan lain yang selalu ada pada baja. Kandungan lain yang selalu ada dalam baja adalah karbon dan manganese. Baja campuran atau baja paduan adalah baja dengan campuran satu atau lebih elemen seperti carbon, manganese, silicon, nickel, *chromium*, molybdenum, vanadium, cobalt, dll.

Fungsi utama dari elemen paduan yaitu untuk meningkatkan atau “menyempurnakan” sifat-sifat mekanis dari baja. Baja sering digunakan sebagai struktur utama bangunan karena memiliki beberapa keunggulan :

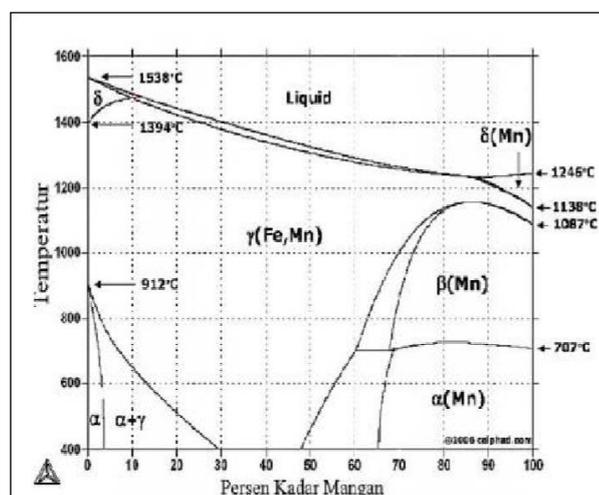
1. Mempunyai kekuatan yang tinggi meski berukuran lebih ringkas daripada beton. Sehingga dapat mengurangi ukuran struktur, serta mengurangi beban sendiri struktur. Baja sangat cocok diterapkan pada struktur jembatan. Beton jauh lebih berat dibandingkan baja.
2. Homogenitas tinggi. Baja bersifat homogen, sehingga kekuatannya merata. Beda dengan beton yang merupakan campuran dari beberapa material penyusun, tidak mudah mengatur agar kerikil dan pasir bisa merata ke semua bagian beton.
3. Keawetan tinggi. Baja akan tahan lama bila perawatan yang dilakukan terhadapnya sangat baik. Misalnya, rutin mengecat permukaan baja agar terhindar dari korosi.
4. Bersifat elastis. Baja berperilaku elastis sampai tingkat tegangan yang cukup tinggi. Baja akan kembali ke bentuk semula asalkan gaya yang terjadi tidak melebihi batas elastisitas baja.
5. Daktilitas baja cukup tinggi. Selain mampu menahan tegangan tarik yang cukup tinggi, baja juga akan mengalami regangan tarik yang cukup besar sebelum runtuh.
6. Kemudahan pemasangan dan pengerjaan. Penampang baja bisa dibentuk sesuai yang dibutuhkan. Penyambungan antar elemen pada struktur baja juga mudah, hanya tinggal memasang baut atau bisa menggunakan las, sehingga akan mempercepat kegiatan proyek.

## **2.5. Baja Mangan**

Austenisasi adalah proses pemanasan material besi/baja hingga mencapai fasa austenit untuk mendapatkan struktur austenit yang homogen. Austenisasi merupakan tahap yang sangat kritis pada proses perlakuan panas dimana proses ini berdampak terhadap proses pelarutan karbida ke dalam matriks austenit yang akan berubah menjadi martensit melalui proses pendinginan cepat/*quenching*. Karbida

yang sukar larut dan halus dapat memperlambat pertumbuhan austenit (Smallman dan Bishop, 1991).

Austenisasi juga dapat mempengaruhi *hardenability*, dimana bila semakin banyak unsur paduan yang larut ke dalam austenit akan meningkatkan sifat mampu keras/hardenability material besi/baja. Baja mangan austenitik atau disebut juga dengan baja mangan Hadfield, memiliki kandungan mangan yang tinggi yaitu antara 11%-18%. Nama Hadfield diberikan atas nama pembuatnya yaitu, Robert Hadfield (1858-1940) yang membuat baja mangan austenitik pada tahun 1882. Komposisi baja mangan austenitik yang diperkenalkan pertama kali secara komersial adalah baja mangan dengan kandungan karbon 1,2% dan mangan 12,5%. Unsur karbon dan unsur mangan dalam material baja berperan sebagai penstabil fasa austenit. Baja mangan sulit untuk dilakukan proses pemesinan dan pembentukan. Hal ini dikarenakan baja mangan memiliki nilai kuat luluh yang rendah, yaitu 345 – 415 Mpa (Baxter, 2008). Aplikasi yang tepat untuk baja mangan yaitu pada lingkungan kerja yang melibatkan proses penempaan, sebab proses ini akan meningkatkan kekuatan luluh dan kekerasan permukaan sehingga akan menghasilkan material yang memiliki bagian permukaan keras dan ketahanan aus yang baik, namun memiliki inti dengan ketangguhan yang baik. Oleh karena itu baja mangan ini banyak digunakan untuk peralatan yang mampu menahan beban dampak (Patil dkk, 2015).



Gambar 2.5 Diagram Fasa Fe-Mn-C (Okamoto, 1992)

Diagram fasa baja mangan (Fe-Mn), seperti ditunjukkan dalam gambar 2.2, berfungsi sebagai acuan dalam menentukan temperatur kerja proses perlakuan panas pada komposisi unsur mangan yang bervariasi dalam baja mangan. Gambar 2.2 menunjukkan bahwa jika temperatur kerja kurang dari 400°C, fasa ferit ( $\alpha$ ) dengan struktur kristal *Body Centre Cubic* (BCC) lebih dominan dari fasa austenite.

Kandungan mangan 12% berat pada baja dengan temperatur 400°C - 650°C terbentuk fasa ferit ( $\alpha$ ), fasa austenit ( $\gamma$ ) dan karbida mangan, sedangkan temperatur lebih dari 650°C maka fasa austenit ( $\gamma$ ) lebih dominan dibandingkan dengan fasa ferit ( $\alpha$ ). Pada temperatur kerja 1000°C-1400°C, maka akan terbentuk fasa austenit ( $\gamma$ ) dengan struktur kristal *Face Center Cubic* (FCC), sedangkan jika pemanasan di atas temperatur 1550°C terbentuk fasa *liquid* (L) pada baja mangan (Okamoto, 1992). Kandungan mangan dalam baja meningkatkan kekuatan, kekerasan dan ketangguhan material baja, sehingga baja mangan hadfield memiliki ketangguhan yang tinggi. Baja mangan memiliki struktur fasa austenit yang stabil pada temperatur kamar serta menghasilkan struktur butir yang lebih halus dalam material baja (Akil dan Geveci, 2008).

Kandungan mangan dalam baja hampir tidak berpengaruh pada kuat luluh, tetapi akan mempengaruhi kuat tarik dan keuletannya. Pada saat dilakukan proses austenisasi yang dilanjutkan dengan pendinginan cepat/*quench* terhadap material baja mangan, nilai kekerasan dan ketangguhan yang dimilikinya cenderung tinggi. Nilai kekerasan baja mangan yang didapat setelah proses pendinginan cepat menggunakan air/*water quench* dan *work hardened* mencapai 500 HRB/51 HRC (Baxter, 2008).

### **2.5.1 Unsur-unsur Kandungan Mangan**

Selain besi sebagai kandungan utama baja, terdapat beberapa unsur yang menjadi bahan pembentuk baja, yaitu:

1. Karbon (C)

Karbon merupakan unsur terpenting yang dapat meningkatkan kekerasan dan kekuatan baja. Kandungan karbon di dalam baja sekitar 0,1% hingga 2,1%, sedangkan unsur lainnya dibatasi sesuai dengan kegunaan baja.

Unsur paduan yang bercampur di dalam lapisan baja adalah untuk membuat baja bereaksi terhadap pengerjaan panas dan menghasilkan sifat-sifat yang khusus. Karbon dalam baja dapat meningkatkan kekuatan dan kekerasan tetapi jika berlebihan akan menurunkan ketangguhan.

2. Mangan (Mn)

Semua baja mengandung mangan karena sangat dibutuhkan dalam proses pembuatan baja. Kandungan mangan kurang lebih 0,6% tidak mempengaruhi sifat baja, dengan kata lain mangan tidak memberikan pengaruh besar pada struktur baja dalam jumlah yang rendah. Penambahan unsur mangan dalam baja dapat menaikkan kuat tarik tanpa mengurangi atau sedikit mengurangi regangan, sehingga baja dengan penambahan mangan memiliki sifat kuat dan ulet.

3. Silikon (Si)

Silikon merupakan unsur paduan yang ada pada setiap baja dengan kandungan lebih dari 0,4% yang mempunyai pengaruh untuk menaikkan tegangan tarik dan menurunkan laju pendinginan kritis. Silikon dalam baja dapat meningkatkan kekuatan, kekerasan, kekenyalan, ketahanan aus, dan ketahanan terhadap panas dan karat. Unsur silikon menyebabkan sementit tidak stabil, sehingga memisahkan dan membentuk grafit. Unsur silikon juga merupakan pembentuk ferit, tetapi bukan pembentuk karbida, silikon juga cenderung membentuk partikel oksida sehingga memperbanyak pengintian kristal dan mengurangi pertumbuhan akibatnya struktur butir semakin halus.

4. Nikel (Ni)

Nikel mempunyai pengaruh yang sama seperti mangan, yaitu memperbaiki kekuatan tarik dan menaikkan sifat ulet, tahan panas, jika pada baja paduan terdapat unsur nikel sekitar 25% maka baja dapat tahan terhadap korosi. Unsur nikel yang bertindak sebagai tahan karat (korosi) disebabkan nikel bertindak sebagai lapisan penghalang yang melindungi permukaan baja.

5. Kromium (Cr)

Sifat unsur kromium dapat menurunkan laju pendinginan kritis (kromium sejumlah 1,5% cukup meningkatkan kekerasan dalam minyak). Penambahan kromium pada baja menghasilkan struktur yang lebih halus dan membuat sifat baja dikeraskan lebih baik karena kromium dan karbon dapat membentuk karbida. Kromium dapat menambah kekuatan tarik dan keplastisan serta berguna juga dalam membentuk lapisan pasif untuk melindungi baja dari korosi serta tahan terhadap suhu tinggi.

6. Kobalt (Co)

Sebagai unsur paduan dalam baja, kobalt meningkatkan kekerasan, tahanan aus dan tahanan panas. Pada magnet permanen mengandung kobalt sehingga mempunyai kepekaan terhadap pemanasan lanjut.

7. Molibdenum (Mo)

Kebanyakan dipadu dengan baja dalam ikatan dengan Co, Ni, dan V. dapat meningkatkan kekuatan tarik, batas rentang kemampuan temper menyeluruh, ketahanan panas, batas kelelahan, menurunkan kerapuhan.

8. Vanadium (V)

Mempunyai pengaruh seperti Mo dalam baja. Dapat meningkatkan kekuatan, batas rentang keuletan, kekuatan panas dan ketahanan lelah. Unsur V dalam baja mempunyai keistimewaan yaitu dapat menurunkan kepekaan terhadap sengatan panas yang melewati batas pada perlakuan panas.

9. Titanium (Ti)

Memiliki kekuatan yang sama seperti baja dalam mempertahankan. Hingga suhu 400 derajat C, sehingga banyak dipakai sebagai bahan kawat las. Paduan antara baja karbon dengan titanium akan mempunyai sifat kekerasan yang tinggi. Baja-titan banyak diminati sebagai bahan dalam industri, kendaraan perang, kapal udara dan elemen-elemen yang membutuhkan kekuatan tinggi dan ringan.

## 10. Aluminium (Al)

Unsur Al terkandung dalam jumlah yang kecil pada baja. Tujuannya yaitu sama dengan Si, untuk memberikan keuletan dan kemampuan di perkakas serta meningkatkan daya tahan terhadap korosi.

### 2.5.2 Fase Pembentukan Baja

Fase-fase atau tahapan yang terjadi pada pembentukan baja adalah sebagai berikut:

#### 1. Austenit (Y)

Fasa ini disebut gamma (Y) dan merupakan larutan padat interstisi karbon dengan sel satuan berupa kubik pemusatan sisi. Ruang antar atomnya lebih besar dibandingkan ferit dan fasa ini stabil pada temperatur tinggi, yaitu antara 912°C, pada besi murni. Kadar karbon maksimum gamma sebesar 2,14% pada temperatur 1147°C. Pada temperatur stabil austenit bersifat lunak dan liat sehingga mudah dibentuk. Austenit merupakan fasa penting sebagai dasar pembentuk fasa-fasa lainnya dalam proses perlakuan panas termasuk perlakuan panas pada permukaan baja.

#### 2. Ferit (a)

Fasa ini disebut alpha (a) dan merupakan larutan padat intersrisi karbon dengan sel satuan berupa kubik pemusatan ruang. Ruang antar atomnya kecil dan rapat sehingga kelarutan karbon sangat kecil. Pada temperatur ruang, kadar karbonnya hanya 0,008% sehingga dapat dianggap besi murni. Kadar maksimum karbon sebesar 0,02% pada temperatur 727°C, lunak dan liat. Dibawah mikroskop ferlit terlihat berwarna putih. Kekerasan dari ferit berkisar antara 140-180 HVN.

#### 3. Sementit (Fe<sub>3</sub>C)

Fasa ini disebut karbida besi yang merupakan senyawa kimia dengan rumus (Fe<sub>3</sub>C). sel satuan sementit berbentuk orthorombik. Kadar karbon dalam sementit 6,7% dan senyawa ini bersifat keras tetapi getas. Pada baja, fasa ini dapat meningkatkan kekuatan dan kekerasan. Kekerasan sementit adalah lebih kurang berkisar antara 800 HVN.

#### 4. Perlit

Perlit adalah campuran sementit dan ferit yang tersebar merata pada seluruh penampang. Struktur ini berasal dari perubahan austenit pada pendinginan normal udara setelah melewati temperature kritis ( $700^{\circ}\text{C}$  sampai  $900^{\circ}\text{C}$ ). Kekerasan dari perlit kurang lebih 180-250 HVN.

#### 5. Martensit

Martensit merupakan fasa dimana ferit dan sementit bercampur. Tetapi bukan dalam lamellar. Fasa ini terbentuk dari austenit metastabil didinginkan dengan laju pendinginan cepat. Terjadi hanya presipitasi  $\text{Fe}_3\text{C}$  unsur paduan lainnya tetapi larut transformasi isothermal pada  $260^{\circ}\text{C}$  untuk membentuk dispersi karbida yang halus dalam matriks ferit. Martensit bilah terbentuk jika kadar C dalam baja sampai 0,6% sedangkan di atas 1% akan terbentuk martensit pelat. Perubahan dari bilah ke pelat terjadi pada interval  $0,6\% < C < 1,08\%$ . Kekerasan dari martensit lebih dari 500 HVN.

#### 6. Bainit

Bainit merupakan fasa yang terjadi akibat transformasi pendinginan yang sangat cepat dimana semua unsur paduan masih larut dalam keadaan padat dan atom karbon tidak sempat berdifusi keluar. Pada proses pembentukan bainit, austenit dibiarkan bertransformasi secara isothermal menjadi ferit dan karbida diatas temperatur MS (temperatur permulaan reaksi martensit). Untuk ini diperlukan celup pada air garam untuk mencegah terbentuknya perlit pada temperatur yang lebih tinggi. Sehingga akan membentuk sifat bainit yang kuat dan tangguh. Kekerasan bainit kurang lebih berkisar antara 300 - 400 HVN.

### 2.6. Rekayasa Permukaan

Rekayasa permukaan adalah kegiatan multidisiplin yang dimaksudkan untuk menyesuaikan sifat permukaan komponen teknik sehingga fungsi dan kemampuan mereka dapat ditingkatkan sesuai aplikasinya. Definisi lain dari rekayasa permukaan yaitu sebagai "perlakuan bagian permukaan dan bagian dekat permukaan dari suatu material untuk memungkinkan permukaan dari material

tersebut memiliki sifat dan fungsi yang berbeda dari sifat aslinya". (ASM Handbook)

### 2.6.1 Karburisasi

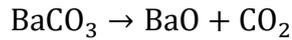
Pada suatu komponen mesin dari baja adakalanya diperlukan keras dan tahan aus pada permukaannya saja, sedangkan pada inti atau bagian dalam tetap dalam keadaan lunak dan ulet. Hal ini akan memberikan kombinasi yang serasi antara bagian luar atau permukaan benda kerja yang keras dan tahan menerima beban, serta tahan aus dengan inti yang lunak dan ulet. *Carburizing* adalah proses menambahkan karbon ke permukaan benda, dilakukan dengan memanaskan benda kerja dalam lingkungan yang banyak mengandung karbon aktif, sehingga karbon berdifusi masuk ke permukaan baja. Pada temperatur *Carburizing*, media karbon terurai menjadi CO yang selanjutnya terurai menjadi karbon aktif yang dapat berdifusi masuk ke dalam baja dan menaikkan kadar karbon pada permukaan baja. Pada proses perlakuan panas, termasuk karburising selalu mengacu pada diagram fase yang berdasarkan pada karbon dari baja. Baja pada dasarnya adalah paduan besi dan karbon (Fe-C), besi dan karbon selain dapat membentuk larutan padat juga dapat membentuk senyawa karbid besi (Sementit,  $Fe_3C$ ).

Ada 3 cara dalam penambahan karbon atau karburasi (*carburizing*), yaitu :

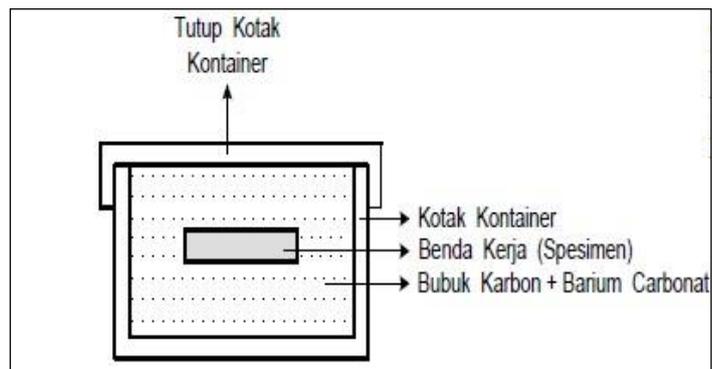
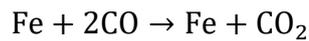
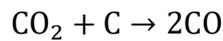
1. Menggunakan medium padat atau *Pack Carburizing*

Benda kerja dimasukkan ke dalam kotak yang berisi bubuk karbon dan ditutup rapat kemudian dipanaskan pada temperatur austenit, yaitu antara 8250 C - 9250 C selama waktu tertentu. Bahan *carburising* terdiri dari bubuk karbon aktif 60 %, ditambah  $BaCO_3$  (*Barium Carbonat*) atau  $NaCO_3$  (*Natrium Carbonat*) sebanyak 40 % sebagai energizer atau activator yang mempercepat proses karburisasi.

Namun biasanya  $BaCO_3$  yang dipakai karena lebih mudah terurai dari pada  $NaCO_3$ . Sebenarnya tanpa energizerpun dapat terjadi proses *carburizing* karena temperatur sangat tinggi, maka karbon teroksidasi oleh oksigen yang terperangkap dalam kotak menjadi  $CO_2$ , reaksi dengan karbon bereaksi terus hingga didapat ;



Dengan temperatur yang semakin tinggi keseimbangan reaksi makin cenderung ke kanan, makin banyak CO. Pada permukaan baja CO akan terurai ;



**Gambar 2.6** Pack Carburizing

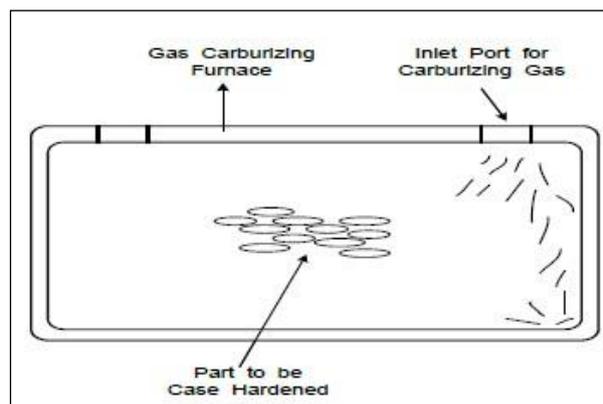
## 2. Menggunakan medium cair atau *Liquid Carburizing*

Pada karburasi yang menggunakan medium cair atau *Liquid Carburizing* biasanya pemanasan benda kerja menggunakan garam cair (*salt bath*) yang terdiri dari campuran *sodium cyanide* (NaCN) atau *potasium cyanide* (KCN) yang berfungsi sebagai karburasi agent yang aktif, dengan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  yang berfungsi sebagai energizer dan penurun titik cair garam.

Keuntungan dari proses ini adalah dapat mengeraskan baja tetapi tidak lebih dari 0,5 mm, dapat juga untuk benda kerja yang kecil, dan juga proses oksidasi dan dekarbonisasi dapat dicegah.

### 3. Menggunakan medium gas atau *Gas Carburizing*

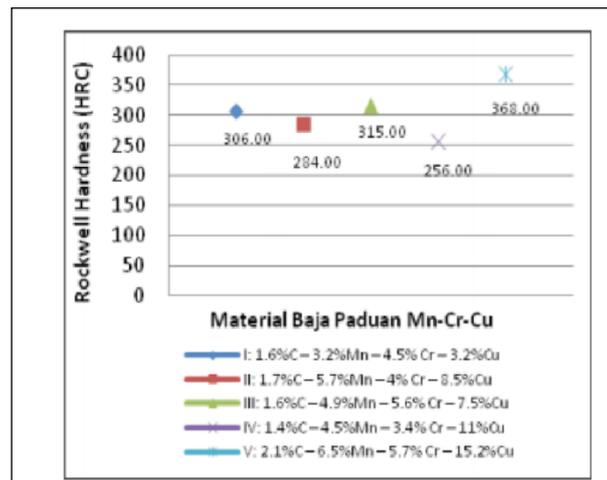
Pada proses karburasi menggunakan medium gas atau *gas carburizing*, baja dipanaskan didalam dapur pemanas dengan tekanan (atmosfer) yang banyak mengandung gas CO dan gas *hydrokarbon* misalnya metana, ethana, propana, dan lain – lain. Proses ini dilakukan pada tungku pit (*pit furnace*). Pemanasan dilakukan pada temperatur 900 C - 940 C.



**Gambar 2.7** *Gas Carburizing*

### 2.7. Nilai Kekerasan

Tingkat keausan, atau yang dalam istilah tekniknya dikenal dengan ketahanan terhadap gesekan (*wear resistance*), umumnya dapat diinterpretasikan oleh nilai kekerasan (*hardness*) suatu material. Material dengan nilai kekerasan yang tinggi umumnya memiliki sifat ketahanan gesek yang tinggi pula. Selain itu, struktur mikro dari suatu material juga turut menentukan sifat-sifat mekanik (*mechanical properties*) dari material tersebut, berupa kekerasan dan kekuatan (*strength*). Nilai kekerasan tertinggi dari material baja paduan, seperti yang tampak pada Gambar 2.4, dimiliki oleh material Baja Paduan V (2,1% C–6,5% Mn–5,7% Cr–15,2% Cu), yaitu sebesar 368 HBN. Baja Paduan V, merupakan baja paduan dengan komposisi unsur mangan, chrom, dan tembaga tertinggi. Penambahan unsur chrom secara signifikan dapat meningkatkan nilai kekerasan material. Hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.8, yaitu :



**Gambar 2.8** Pengaruh Penambahan Unsur Paduan Terhadap Kekerasan Material Baja

Pada baja paduan IV, II, dan III, di mana penambahan unsur chrom sebanyak 3,436%, 3,956%, 5,604% secara berturut-turut menghasilkan nilai kekerasan sebesar 256 HBN, 284 HBN, dan 306 HBN. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya bahwa keberadaan unsur chrom dalam material baja dapat meningkatkan nilai kekerasan.

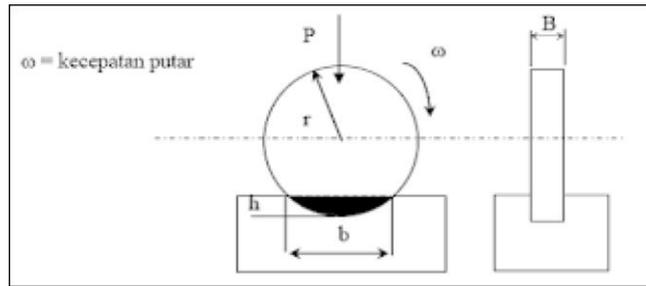
## 2.8. Keausan

Pengujian keausan dapat dilakukan dengan berbagai macam metode dan teknik, yang semuanya bertujuan untuk mensimulasikan kondisi keausan aktual.

### 1. Metode Ogoshi

Salah satunya adalah dengan metode Ogoshi dimana benda uji memperoleh beban gesek dari cincin yang berputar (*Revolving disc*). Pembebanan gesek ini akan menghasilkan kontak antar permukaan yang berulang-ulang yang pada akhirnya akan mengambil sebagian material pada permukaan benda uji. Besarnya jejak permukaan dari material tergesek itulah yang dijadikan dasar penentuan tingkat keausan pada material. Semakin besar dan dalam jejak keausan maka semakin tinggi volume material yang terlepas dari benda uji.

Skema pengujian keausan dengan metode Ogoshi ialah sebagai berikut :



**Gambar 2.9** Pengujian Keausan Dengan Metode Ogoshi

Keterangan :

B = tebal revolving disc (mm)

r = jari-jari disc (mm)

b = lebar celah material yang terabrasi (mm)

Dari sini kita bisa mendapatkan besar volume material yang terabrasi (W) yang diberikan oleh :

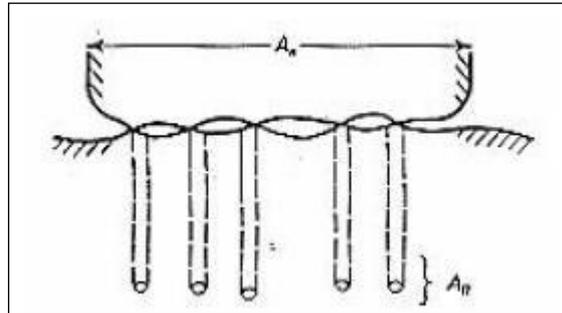
$$W = \frac{B \cdot b^3}{12r}$$

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

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

Material jenis apapun akan mengalami keausan dengan mekanisme yang beragam, antara lain keausan adhesive, keausan abrasive, keausan fatik, keausan oksidasi dan keausan erosi.

## 2. Keausan Adhesive

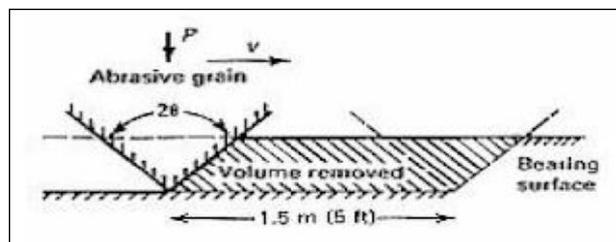


**Gambar 2.10** Ilustrasi Skematis Keausan Abrasif

Keausan ini terjadi bila kontak permukaan antara dua material atau lebih mengakibatkan adanya perlekatan satu sama lain dan pada akhirnya terjadi pelepasan atau pengoyakan salah satu material.

## 3. Keausan Abrasif

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



**Gambar 2.11** Ilustrasi Skematis Keausan Abrasif

Tingkat keausan pada mekanisme ini ditentukan oleh derajat kebebasan (*degree of freedom*) partikel keras atau asperity tersebut. Sebagai contoh partikel pasir silica akan menghasilkan keausan yang lebih tinggi ketika diikat pada suatu permukaan seperti pada kertas amplas, dibandingkan bila partikel tersebut berada di dalam *sistem slurry*. Pada kasus pertama, partikel tersebut kemungkinan akan tertarik sepanjang permukaan dan mengakibatkan

pengoyakan .Sementara pada kasus *sistem slury*, partikel tersebut mungkin hanya berputar (*rolling*) tanpa efek abrasi. Adapun rumus untuk mencari laju keausan (W) yaitu ;

$$W = \frac{w(\text{mg})}{s(\text{detik})}$$

Dengan :

W = Laju keausan

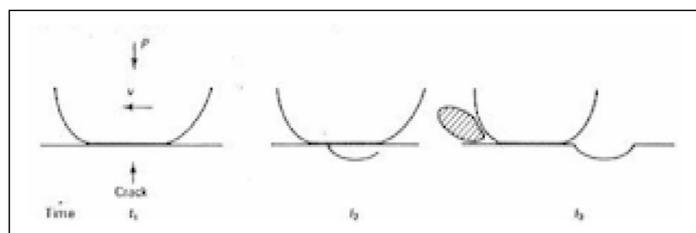
W = Berat material yang hilang

s = Waktu total pengujian

#### 4. Keausan Fatik

Keausan fatik atau keausan lelah merupakan mekanisme yang relatif berbeda dibandingkan dua mekanisme sebelumnya, keausan abrasif dan keausan adhesif, yaitu dalam hal interaksi permukaan. Baik keausan adhesif maupun abrasif melibatkan hanya satu interaksi sementara pada keausan lelah dibutuhkan interaksi multi.

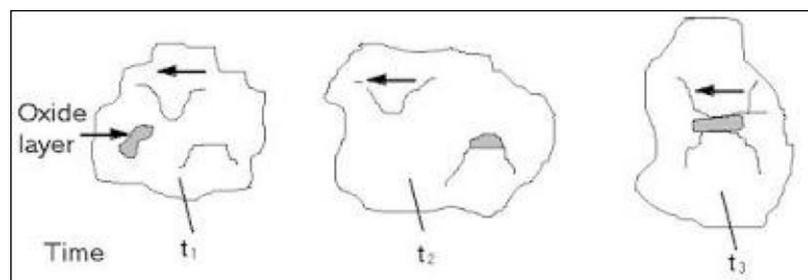
Keausan fatik terjadi akibat interaksi permukaan dimana permukaan yang mengalami beban berulang-ulang akan mengarah pada pembentukan retak mikro. Gambar 4.5 memberikan skematis mekanisme keausan lelah. Permukaan yang mengalami beban berulang akan mengarah pada pembentukan retak-retak mikro (t1). Retak-retak tersebut pada akhirnya menyatu (t2) dan menghasilkan pengelupasan material ((t3). Tingkat keausan sangat tergantung pada tingkat pembebanan.



**Gambar 2.12** Mekanisme Keausan Fatik

## 5. Keausan Oksidasi

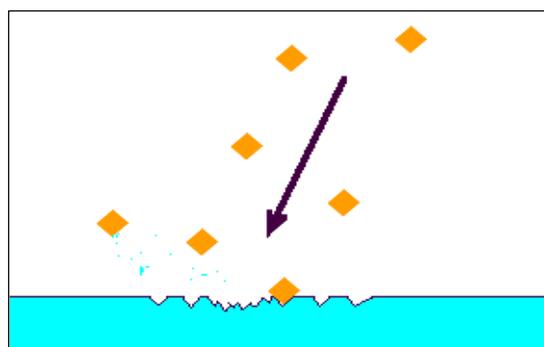
Mekanisme keausan dimulai dengan adanya perubahan kimiawi material di bagian permukaan oleh faktor lingkungan. Kontak dengan lingkungan ini akan menghasilkan pembentukan lapisan pada permukaan dengan sifat yang berbeda dengan material induk. Sebagai konsekuensinya, material pada lapisan permukaan akan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



**Gambar 2.13** Ilustrasi Skematis Keausan Oksidasi

## 6. Keausan Erosi

Proses erosi disebabkan oleh gas atau cairan yang dapat membawa partikel padatan (*solid particles*) yang mengenai (membentur) permukaan material. Jika sudut benturannya kecil, keausan yang dihasilkan analog dengan abrasive. Jika sudut benturannya membentuk sudut gaya normal ( $90^0$ ), maka keausan yang terjadi mengakibatkan brittle failure pada permukaannya.



**Gambar 2.14** Skematis Keausan Erosi

Untuk memilih material yang tahan aus, sangat penting untuk mengetahui karakteristik keausan suatu material. Faktor utama yang mempengaruhi karakteristik keausan pada material dapat dikelompokkan sebagai berikut.

Variabel Metalurgi seperti : kekerasan (*hardness*), ketangguhan (*toughness*), komposisi kimia dan struktur mikro.

Variabel di lapangan (*Service*) yang meliputi kontak material, tekanan, kecepatan gesek (*sliding*), temperatur, kehalusan permukaan, pelumasan, dan lingkungan korosi.

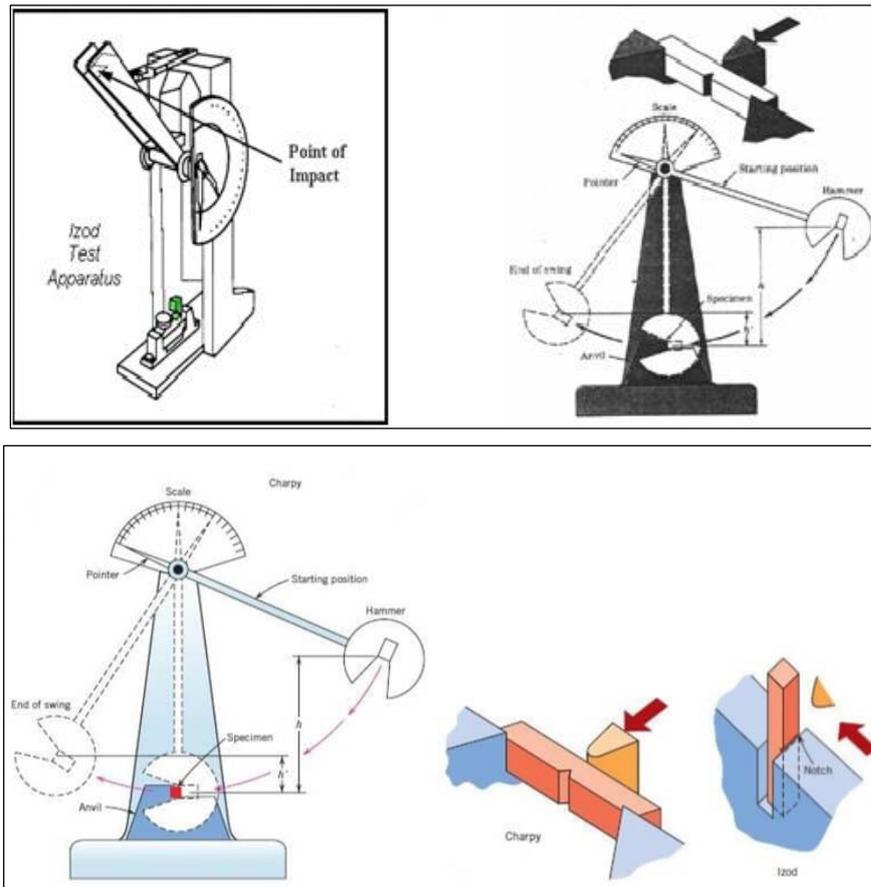
## **2.9. Nilai Ketangguhan (*Impact*)**

Beberapa perangkat pada otomotif dan transmisi serta bagian-bagian pada kereta api, akan mengalami suatu beban kejut atau beban secara mendadak dalam pengoperasiannya. Oleh karena itu ketahanan suatu material terhadap beban mendadak, serta faktor-faktor yang mempengaruhi sifat material tersebut perlu diketahui dan diperhatikan. Ketahanan tersebut merupakan salah satu sifat material yang disebut getas.

Ada banyak dijumpai kerusakan pada konstruksi yang menampakkan pola patah getas padahal terbuat dari logam yang ulet. Terdapat beberapa faktor yang menyebabkan kecenderungan suatu logam mengalami patah getas diantaranya; tegangan triaxial, temperatur rendah dan laju regangan/pembebanan yang tinggi. Tegangan triaxial dapat terjadi apabila pada permukaan terdapat takik/notch.

Ada dua teknik uji impact yang standar yaitu charpy dan izod. Pengujian ini bertujuan untuk menguji kecenderungan logam untuk patah getas dan untuk mengukur energi impact atau istilah lainnya disebut notch toughness (mengukur ketangguhan logam terhadap adanya takik) Teknik charpy V-notch (CVN) adalah teknik yang paling banyak digunakan.

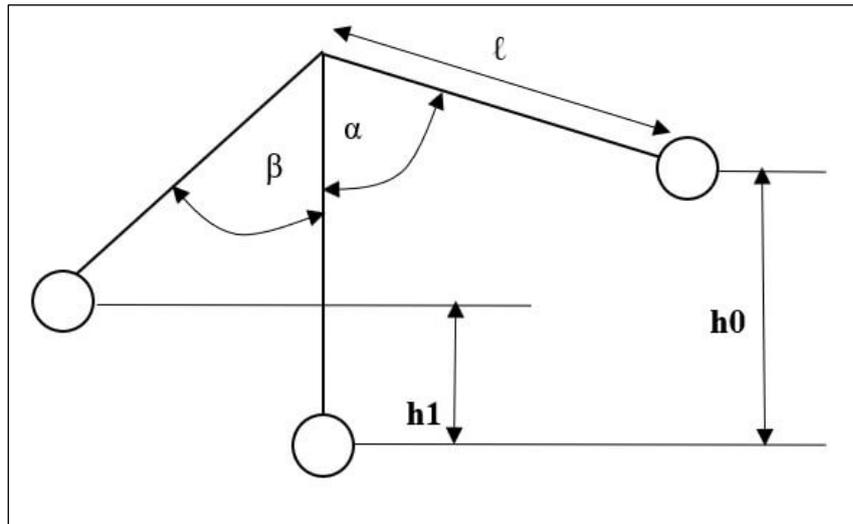
Pada uji impact digunakan spesimen uji bertakik yang dipukul dengan sebuah pendulum, pada teknik izod, spesimen dijepit pada satu ujung hingga takik berada didekat penjepit. Pendulum diayunkan dari ketinggian tertentu akan memukul ujung spesimen yang tidak dijepit dari depan takik. Pada charpy spesimen uji diletakkan mendatar kedua ujungnya ditahan, pendulum akan memukul batang uji dari belakang takik.



**Gambar 2.15** Skema Pengujian Impak

Impact Test berguna untuk melihat efek-efek yang ditimbulkan oleh adanya takikan, bentuk takikan, temperatur, dan faktor-faktor lainnya. Uji impak dapat juga disebut sebagai suatu pengujian material untuk mengetahui kemampuan suatu material/bahan dalam menerima beban tumbuk dengan diukur besarnya energi yang diperlukan untuk mematahkan spesimen material/bahan dengan ayunan seperti ditunjukkan pada gambar dibawah ini:

Bandul dengan ketinggian tertentu berayun dan memukul spesimen. Energi potensial dari bandul berkurang sebelum dan sesudah memukul spesimen merupakan energi yang diserap oleh spesimen.



**Gambar 2.16** Sketsa Perhitungan Energi Impak

Nilai besarnya energi impact (joule) dapat dilihat pada skala mesin penguji. Sedangkan besarnya energi impact secara teoritis dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$E_0 = W \cdot h_0$$

$$E_1 = W \cdot h_1$$

$$\Delta E = E_0 - E_1$$

$$\Delta E = W(h_0 - h_1)$$

Dari gambar 2.15 didapatkan

$$h_0 = \ell - \ell \cos \alpha$$

$$h_0 = \ell(1 - \cos \alpha)$$

$$h_1 = \ell - \ell \cos \beta$$

$$h_1 = \ell(1 - \cos \beta)$$

Mendapatkan substitusi dari persamaan 4 dan 5 diperoleh :

$$\Delta E = W\ell(\cos \beta - \cos \alpha)$$

Dimana :

$E_0$  = Energi awal (J)

$E_1$  = Energi akhir (J)

$W$  = Berat bandul (N)

$h_0$  = Ketinggian bandul sebelum dilepas (m)

$h_1$  = Ketinggian bandul setelah dilepas (m)

$\ell$  = Panjang lengan bandul (m)

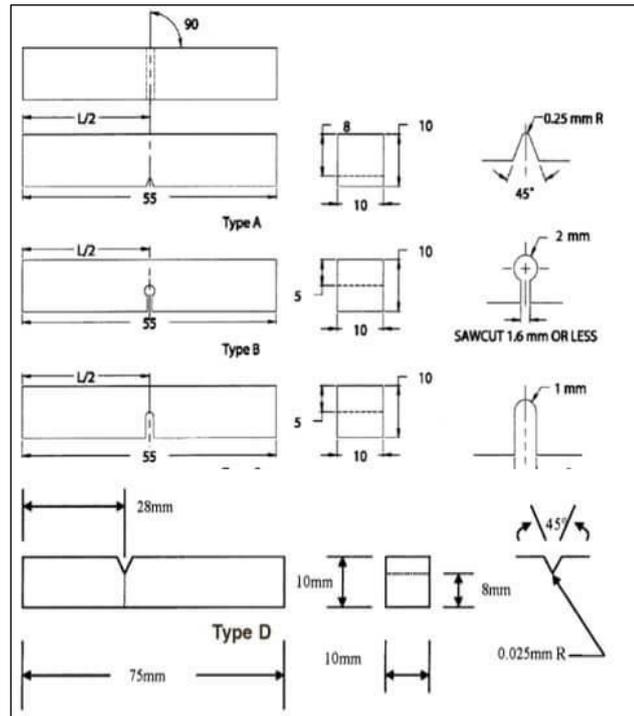
$\alpha$  = Sudut awal ( $^\circ$ )

$\beta$  = Sudut akhir ( $^\circ$ )

Apabila ingin mengetahui kekuatan impact strength ( $I_s$ ) maka energi impact tersebut harus dibagi dengan luas penampang efektif spesimen ( $A$ ) sehingga :

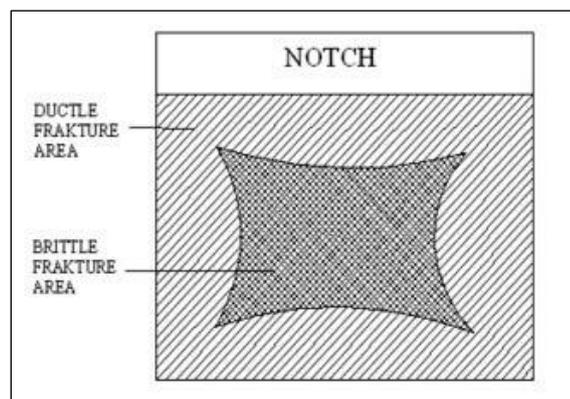
$$I_s = \frac{\Delta E}{A} = \frac{W\ell(\cos \beta - \cos \alpha)}{A}$$

Penampang spesimen uji standarnya adalah 10 mm x 10 mm dengan panjang 55 mm untuk teknik charpy (spesimen tipe A,B dan C) dan panjang 75 mm untuk teknik izod (spesimen tipe D). Bentuk takik spesimen uji ada tiga bentuk; V notch, U notch dan Key hole notch. Ukuran spesimen dan bentuk takik sebagaimana ditunjukkan pada Gambar di bawah ini:



**Gambar 2.17** Macam-Macam Bentuk Takikan Pada Spesimen Uji Impak

Uji impak juga digunakan untuk mempelajari pola patahan spesimen uji, apakah getas (brittle fracture) atau patah ulet (ductile fracture) atau kombinasi keduanya. Granular fracture atau cleavage fracture adalah Permukaan patah getas berkilat dan berbutir sedangkan patah ulet tampak lebih buram dan berserabut disebut juga fibrous fracture atau shear fracture. Perbedaan permukaan kedua jenis patahan sebagaimana ditunjukkan pada gambar dibawah ini :



**Gambar 2.18** Pola Patahan Pada Penampang Spesimen Uji Impak

Terdapat 2 macam pengujian impact yaitu Metode Charpy dan Metode Izod :

1. Metode Charpy

Pada metode sebagaimana ditunjukkan pada gambar 1, spesimen diletakkan mendatar dan kedua ujung spesimen ditumpu pada suatu landasan. Letak dari takikan (notch) berada pada tepat ditengah arah pemukulan dari belakang takikan. Biasanya metode ini digunakan di Amerika dan banyak negara yang lain termasuk Indonesia.

2. Metode Izod

Pada metode ini sebagaimana ditunjukkan pada gambar 1 spesimen dijepit pada salah satu ujungnya dan diletakkan tegak. Arah pemukulan dari depan takikan. Biasanya metode ini digunakan di Negara Inggris.

## **2.10. Metalografi**

Metalografi adalah perpaduan ilmu dan seni yang mempelajari tentang struktur mikroskopis logam dan paduan menggunakan mikroskop optik, mikroskop elektron atau jenis mikroskop lainnya. Kinerja dan sifat material terutama sifat mekanik logam ditentukan oleh struktur mikro, dengan menganalisis struktur mikro material maka kinerja dan keandalan saat digunakan dapat dipahami dengan lebih baik.

Pengujian metalografi ini dilakukan untuk menganalisa struktur mikro pada sampel. Adapun prinsip dasar langkah-langkah untuk melakukan pengujian ini adalah sebadagai berikut :

1. Cutting (Pemotongan)

Pemilihan sampel yang tepat dari suatu benda uji studi mikroskopik merupakan hal yang sangat penting. Pemilihan sampel tersebut didasarkan pada tujuan pengamatan yang hendak dilakukan. Pada umumnya bahan komersil tidak homogen, sehingga satu sampel yang diambil dari suatu volume besar tidak dapat dianggap representatif. Pengambilan sampel harus direncanakan sedemikian sehingga menghasilkan sampel yang sesuai dengan kondisi rata-rata bahan atau kondisi di tempat-tempat tertentu (kritis), dengan memperhatikan kemudahan pemotongan pula. Secara garis besar, pengambilan sampel dilakukan pada daerah yang akan diamati mikrostruktur maupun

makrostrukturnya. Sebagai contoh, untuk pengamatan mikrostruktur material yang mengalami kegagalan, maka sampel diambil sedekat mungkin pada daerah kegagalan (pada daerah kritis dengan kondisi terparah), untuk kemudian dibandingkan dengan sampel yang diambil dari daerah yang jauh dari daerah gagal. Perlu diperhatikan juga bahwa dalam proses memotong, harus dicegah kemungkinan deformasi dan panas yang berlebihan. Oleh karena itu, setiap proses pemotongan harus diberi pendinginan yang memadai.

2. Ada beberapa sistem pemotongan sampel berdasarkan media pemotong yang digunakan, yaitu meliputi proses pematahan, pengguntingan, penggergajian, pemotongan abrasi (abrasive cutter), gergaji kawat, dan EDM (Electric Discharge Machining). Berdasarkan tingkat deformasi yang dihasilkan, teknik pemotongan terbagi menjadi dua, yaitu :

3. Mounting

Spesimen yang berukuran kecil atau memiliki bentuk yang tidak beraturan akan sulit untuk ditangani khususnya ketika dilakukan pengamplasan dan pemolesan akhir. Sebagai contoh adalah spesimen yang berupa kawat, spesimen lembaran metal tipis, potongan yang tipis, dll. Untuk memudahkan penanganannya, maka spesimen-spesimen tersebut harus ditempatkan pada suatu media (media mounting). Secara umum syarat-syarat yang harus dimiliki bahan mounting adalah :

- Bersifat inert (tidak bereaksi dengan material maupun zat etsa)
- Sifat eksoterimis rendah
- Viskositas rendah
- Penyusutan linier rendah
- Sifat adhesi baik
- Memiliki kekerasan yang sama dengan sampel
- Flowabilitas baik, dapat menembus pori, celah dan bentuk
- Khusus untuk etsa elektrolitik bahan mounting harus konduktif

Media mounting yang dipilih haruslah sesuai dengan material dan jenis reagen etsa yang akan digunakan. Pada umumnya mounting menggunakan material plastik sintetik. Materialnya dapat berupa resin (castable resin) yang dicampur

dengan hardener, atau bakelit. Penggunaan castable resin lebih mudah dan alat yang digunakan lebih sederhana dibandingkan bakelit, karena tidak diperlukan aplikasi panas dan tekanan. Namun bahan castable resin ini tidak memiliki sifat mekanis yang baik (lunak) sehingga kurang cocok untuk material-material yang keras. Teknik mounting yang paling baik adalah menggunakan thermosetting resin dengan menggunakan material bakelit. Material ini berupa bubuk yang tersedia dengan warna yang beragam. Thermosetting mounting membutuhkan alat khusus, karena dibutuhkan aplikasi tekanan (4200 lb/in<sup>2</sup>) dan panas (1490C) pada mold saat mounting.

#### 4. Grinding (Pengamplasan)

Sampel yang baru saja dipotong, atau sampel yang telah terkorosi memiliki permukaan yang kasar. Permukaan yang kasar ini harus diratakan agar pengamatan struktur mudah untuk dilakukan. Pengamplasan dilakukan dengan menggunakan kertas amplas silicon karbit (SiC) dengan berbagai tingkat kekasaran yang ukuran butir abrasifnya dinyatakan dengan mesh, yaitu kombinasi dari 220, 330, 500, 600, 800, dan 1000. Ukuran grit pertama yang dipakai tergantung pada kekasaran permukaan dan kedalaman kerusakan yang ditimbulkan oleh pemotongan. Seperti perubahan struktur akibat panas yang timbul pada saat proses pemotongan dan perubahan bentuk sample akibat beban alat potong.

Hal yang harus diperhatikan pada saat pengamplasan adalah pemberian air. Air berfungsi sebagai pemindah geram, memperkecil kerusakan akibat panas yang timbul yang dapat merubah struktur mikro sampel dan memperpanjang masa pemakaian kertas amplas. Hal lain yang harus diperhatikan adalah ketika melakukan perubahan arah pengamplasan, maka arah yang baru adalah 450 atau 900 terhadap arah sebelumnya.

#### 5. Polishing (Pemolesan)

Setelah diampelas sampai halus, sampel harus dilakukan pemolesan. Pemolesan bertujuan untuk memperoleh permukaan sampel yang halus bebas goresan dan mengkilap seperti cermin dan menghilangkan ketidakteraturan sampel hingga orde 0.01 m. Permukaan sampel yang akan diamati di bawah mikroskop harus

benar-benar rata. Apabila permukaan sampel kasar atau bergelombang, maka pengamatan struktur mikro akan sulit untuk dilakukan karena cahaya yang datang dari mikroskop dipantulkan secara acak oleh permukaan sampel.

Tahap pemolesan dimulai dengan pemolesan kasar terlebih dahulu kemudian dilanjutkan dengan pemolesan halus. Ada 3 metode pemolesan antara lain yaitu sebagai berikut :

a. Pemolesan Elektrolit Kimia

Hubungan rapat arus & tegangan bervariasi untuk larutan elektrolit dan material yang berbeda dimana untuk tegangan, terbentuk lapisan tipis pada permukaan, dan hampir tidak ada arus yang lewat, maka terjadi proses etsa. Sedangkan pada tegangan tinggi terjadi proses pemolesan.

b. Pemolesan Kimia Mekanis

Merupakan kombinasi antara etsa kimia dan pemolesan mekanis yang dilakukan serentak di atas piringan halus. Partikel pemoles abrasif dicampur dengan larutan pengetsas yang umum digunakan.

c. Pemolesan Elektro Mekanis (Metode Reinacher)

Merupakan kombinasi antara pemolesan elektrolit dan mekanis pada piring pemoles. Metode ini sangat baik untuk logam mulia, tembaga, kuningan, dan perunggu.

6. Etching (Etsa)

Etsa merupakan proses penyerangan atau pengikisan batas butir secara selektif dan terkendali dengan pencelupan ke dalam larutan pengetsas baik menggunakan listrik maupun tidak ke permukaan sampel sehingga detail struktur yang akan diamati akan terlihat dengan jelas dan tajam. Untuk beberapa material, mikrostruktur baru muncul jika diberikan zat etsa. Sehingga perlu pengetahuan yang tepat untuk memilih zat etsa yang tepat.

a. Etsa Kimia

Merupakan proses pengetsasan dengan menggunakan larutan kimia dimana zat etsa yang digunakan ini memiliki karakteristik tersendiri sehingga pemilihannya disesuaikan dengan sampel yang akan diamati. Contohnya antara lain: nitrid acid / nital (asam nitrit + alkohol 95%), picral (asam

picric + alkohol), ferric chloride, hydroflouric acid, dll. Perlu diingat bahwa waktu etsa jangan terlalu lam (umumnya sekitar 4 – 30 detik), dan setelah dietsa, segera dicuci dengan air mengalir lalu dengan alkohol kemudian dikeringkan dengan alat pengering.

b. Elektro Etsa (Etsa Elektrolitik)

Merupakan proses etsa dengan menggunakan reaksi elektroetsa. Cara ini dilakukan dengan pengaturan tegangan dan kuat arus listrik serta waktu pengetsaan. Etsa jenis ini biasanya khusus untuk stainless steel karena dengan etsa kimia susah untuk medapatkan detil strukturnya.

### 2.11. Difusi

Difusi didefenisikan sebagai mekanisme atom berpindah ke dalam atau keluar dari benda uji (spesimen). Apabila suatu material temperaturnya dinaikkan, maka energinya akan meningkat yang menyebabkan atom-atom bergerak sehingga menimbulkan jarak antar atom yang lebih besar. “Suatu atom bila memiliki energi yang cukup untuk mendobrak ikatannya dan melompat ke posisi yang baru, maka pada saat yang sama akan terjadi suatu proses pergerakan yang disebut proses difusi. Pergerakan ini akan diikuti oleh pergerakan atom lain yang berdekatan sampai terjadi kondisi yang stabil dan peristiwa ini umumnya berlangsung melalui dua mekanisme yaitu sisipan (intersisi dan kekosongan (*vacancy*)) (Vlack, 1986; Bertone and Nelly, 2000).

Struktur ferit (besi  $\alpha$ ) dan austenit ( besi  $\gamma$ ) memiliki kemampuan untuk menampung atom-atom penyisip seperti atom karbon untuk membentuk larutan padat. Karena ukuran atom karbon relatif kecil dibandingkan dengan atom besi, sehingga memungkinkan atom karbon masuk kedalam kisi besi  $\alpha$  dan besi  $\gamma$  sebagai atom yang larut secara interstisi. ”Unsur paduan logam 18 seperti mangan, nikel dan krom memiliki atom yang relatif besar sehingga bila masuk kedalam besi akan membentuk larutan padat substitusi oleh karena itu, maka perbandingan ukuran atom karbon dengan ukuran celah yang tersedia menunjukkan bahwa beberapa distorsi akan terjadi pada saat atom karbon masuk kedalam kisi besi (Abbaschian and Robert, 1994)”. Kelarutan atom karbon di dalam austenit cenderung lebih besar dibandingkan dengan ferrit hal ini disebabkan struktur kubus pemusatan sisi maka