

**ANALISIS PENINGKATAN KEKERASAN BAHAN SPROKET  
DENGAN METODE HARDENING  
PADA PENAHANAN WAKTU PEMANASAN**

**SKRIPSI**

**OLEH:**

**MHD HYEKAL SIRAIT  
15.813.0009**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MEDAN AREA  
MEDAN  
2017**

## LEMBAR PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila di kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Medan, 06 Desember 2017



Mhd Hyekal Sirait  
15.813.0009

Judul Skripsi : Analisis Peningkatan Kekerasan Bahan Sproket Dengan Metode Hardening Pada Penahanan Waktu Pemanasan  
Nama : Mhd Hyekal Sirait  
Npm : 15.813.0009  
Fakultas : Teknik  
Jurusan : Mesin

Disetujui Oleh  
Komisi Pembimbing



Ir. Batu mahadi, ST., MT  
Pembimbing I



Ir. Amrinsyah, MM  
Pembimbing II

Mengetahui

Dekan

Ka. Program Studi



(Prof. Dr. Dadan Ramdan, M.Eng, M.Sc)



(Bobby Umroh, ST, MT)

Judul Skripsi : Analisis Peningkatan Kekerasan Bahan Sproket Dengan  
Metode Hardening Pada Penahanan Waktu Pemanasan  
Nama : Mhd Hyekal Sirait  
Npm : 15.813.0009  
Fakultas : Teknik  
Jurusan : Mesin

Disetujui Oleh  
Komisi Pembimbing



Ir. Batu mahadi, ST., MT  
Pembimbing I

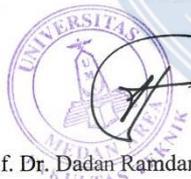


Ir. Amrinsyah, MM  
Pembimbing II

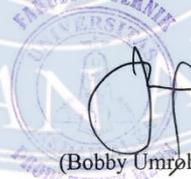
Mengetahui

Dekan

Ka. Program Studi



(Prof. Dr. Dadan Ramdan, M.Eng, M.Sc)



(Bobby Umroh, ST, MT)

## ***ABSTRAK***

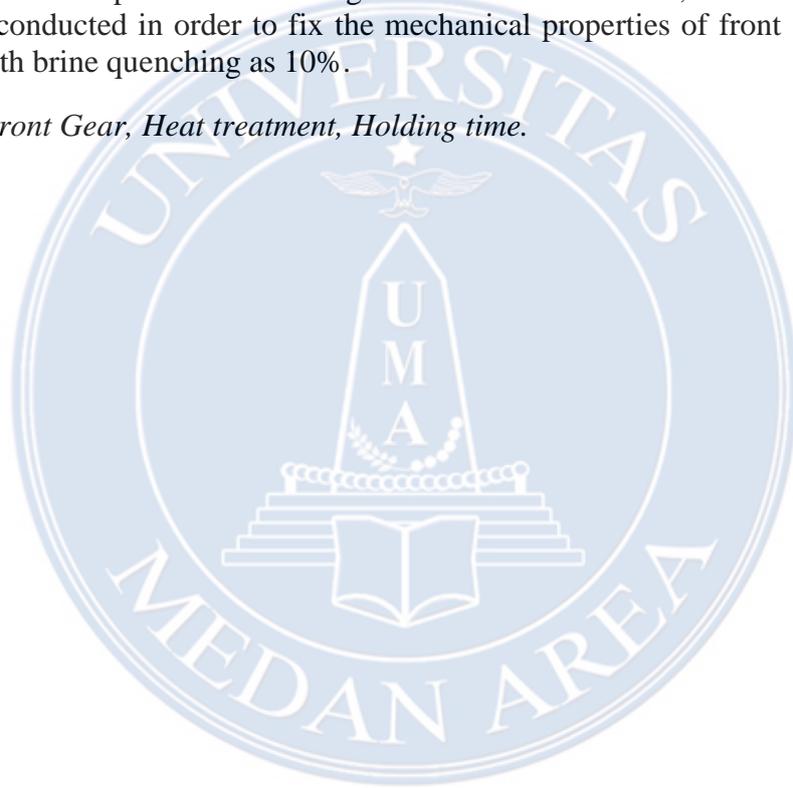
Komponen mesin motor roda gigi juga mempunyai peran yang sangat penting sebagai media pemindah gaya, baik gaya putar, atau gaya momen. Sebagai contoh yang nyata adalah roda gigi depan atau (*front gear*) yang ada pada motor. Roda gigi ini berfungsi sebagai poros perputaran rantai yang menghubungkan antara mesin dan roda belakang. Kerja dari roda gigi depan ini sering sekali terjadi gesekan antara rantai dan gear sehingga sangat memungkinkan kondisi gear yang mengalami keausan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik front gear yang telah mengalami heattreatment. Penelitian kuantitatif dengan metode deskriptif dan eksperimen dan sampel dalam penelitian ini adalah *front gear* yang mengalami heat treatmen, Pengambilan sampel menggunakan metode *Purposive Random Sampling*. Pengumpulan data dilakukan selama tiga bulan. Hasil penelitian ini menunjukkan Hasil uji komposisi kimia menunjukkan bahwa specimen *front gear chain* yang termasuk baja dalam golongan rendah yaitu yang mengandung jumlah karbon 0,244 %C dan Perlakuan panas yang dilakukan untuk memperbaiki sifat mekanis *front gear chain* adalah *hardening* dengan *quenching* air garam 10 %.

***Kata kunci*** : *Penahanan waktu, Perlakuan panas, Roda gigi depan.*

## ***ABSTRACT***

Gear motor machine component plays an important role as the media energy transfer both turing force and moment of a force. For the real example is front gear on motor and has a fuction as the chain rotary shaft conncting both machine and real wheel. A friction ussualy occures between chain and gear due to the front gear activity and possibly causing wearing to gear. The study aims to discover front gear characteristic which have the heat treatment throught quantitative research by applying descriptive method and experiment. Purposive random sampling is used to determine sample size and data were colleted for three months. The chemical composition test result identifies that front gear chain speciment including lowclaa steel contains 0,244% of carbon. Heat treatment is conducted in order to fix the mechanical properties of front gear chain by hardening with brine quenching as 10%.

*Keywords: Front Gear, Heat treatment, Holding time.*





## KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum wr.wb

Alhamdulillah segala puji bagi Allah yang memberikan ilmu dengan perantaraan pena dan mengajarkan kepada manusia apa yang tidak pernah ia ketahui serta memberi seluruh rahmat dan karunia-Nya.

Skripsi ini merupakan Skripsi sederhana sebagai salah satu syarat dalam menyelesaikan Sarjana Jurusan Teknik Mesin Universitas Medan Area.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan Sripsi ini telah banyak mendapat dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. Bapak. Prof. Dr. Dadan Ramadan, M. Eng., M. Sc selaku Dekan Universitas Medan Area Jurusan Teknik.
2. Bapak Ir. Batu Mahdi., MT selaku Pembimbing I dan Bapak Ir. Amriansyah, MM. selaku Pembimbing II yang telah memberikan saran dan masukan kepada penulis sehingga Skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik.
3. Ayahanda Amrin Sirait dan Ibunda tercinta Miharty yang telah memberikan do'a yang tulus dan ikhlas, kasih sayang yang melimpah dan ribuan motivasi baik moril maupun materil demi kesuksesan penulis.
4. Khususnya kepada Lia Aryani yang membantu dan mendoakan sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.

Akhir kata penulis mengucapkan Alhamdulillah dan hanya kepada Allah SWT penulis bersyukur dan berserah diri, semoga selalu dalam petunjuk dan lindungan-Nya.

Medan , 06 Desember 2017

Penulis

Mhd Hyekal Sirait

## DAFTAR ISI

*Halaman*

<b>ABSTRAK</b> .....	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>v</b>
<b>RIWAYAT HIDUP</b> .....	<b>vi</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>vii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Identifikasi Masalah .....	3
1.3 Pembatasan Masalah.....	3
1.4 Perumusan Masalah.....	3
1.5 Tujuan Penelitian.....	4
1.6 Manfaat Penelitian.....	4
<b>BAB II LANDASAN TEORI</b>	
2.1 Roda Gigi Depan(Front Gear / Spoket) .....	5
2.2 Baja.....	6
2.3 Perlakuan Panas Mekanik.....	13
2.4 Perlakuan Panas Kimia.....	19
2.5 Kekerasan Bahan .....	20
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b>	
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	21
3.2 Metode Penelitian .....	21
3.3 Populasi dan Sampel.....	22
3.4 Teknik Pengumpulan Data .....	23
3.5 Tahap Eksperimen .....	25
3.6 Penyiapan Bahan .....	25
3.7 Pengujian Komposisi.....	26
3.8 Pengujian Kekerasan .....	27
3.9 Pelaksanaan Uji Heat treatment .....	28
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1. Hasil Dan Pembahasan Raw Material .....	30
4.2. Pembahasan Hardening Quenching Air Garam.....	35
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1. Kesimpulan .....	38

5.2. Saran .....	39
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>40</b>



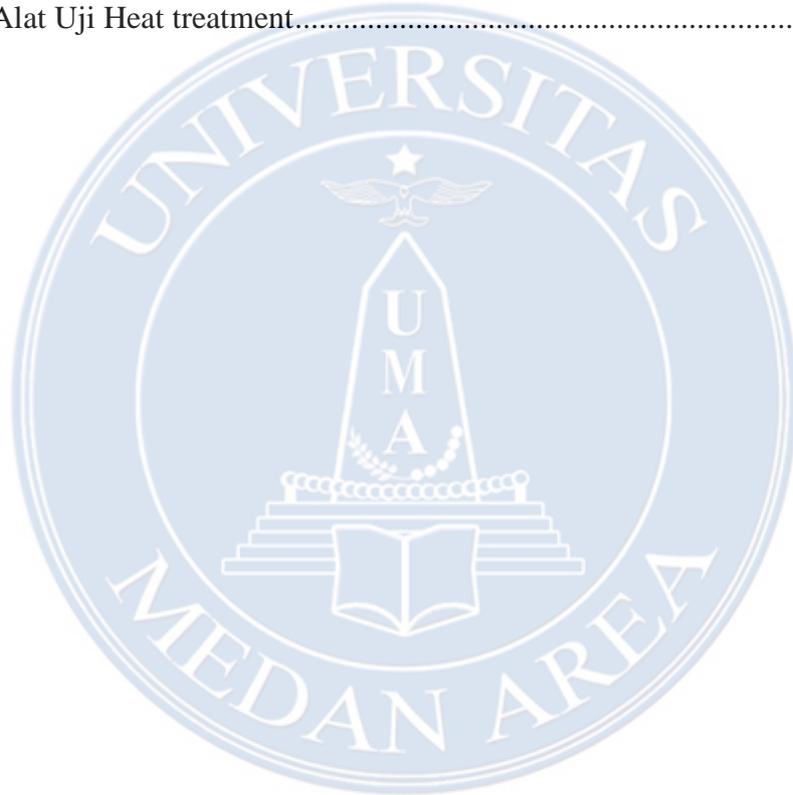
## DAFTAR TABEL

	<i>Halaman</i>
Tabel 1. Hasil Pengujian Komposisi Kimia <i>front gear chain</i> .....	30
Tabel 2 Nilai kekerasan rockwell <i>front gear chain</i> .....	34
Tabel 3. . Pengujian Kekerasan <i>front gear chain</i> yang mengalami hardening dengan <i>holding time</i> 5, 10, 15 menit.....	36



## DAFTAR GAMBAR

	<i>Halaman</i>
Gambar 1. Macam-macam roda gigi .....	6
Gambar 2. Tampak Struktur baja zat arang .....	7
Gambar 3. Tiga Bentuk Utama Sel Satuan Dari Sistem Kristal Logam.....	10
Gambar 4. Diagram Fasa Besi – Karbon .....	11
Gambar 5. Diagram TTT .....	16
Gambar 6. Lokasi Pengambilan Sampel .....	25
Gambar 7. Bahan Sproket Roda Gigi Depan.....	26
Gambar 8. Alat Uji Komposisi .....	27
Gambar 9. Alat Uji Kekerasan Rockwel .....	27
Gambar 10. Alat Uji Heat treatment.....	29



# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1. Latar Belakang Masalah

Baja karbon banyak digunakan dalam bidang teknik maupun industri terutama pada industri komponen mesin, karena harganya relatif murah, dan mudah didapat pada pasaran. Dalam perdagangan baja karbon banyak digunakan sebagai bahan perkakas, baut, poros, roda gigi, ragum, pegas, martil, landasan tempa dan lain-lain.

Satu dari sekian komponen mesin yang menggunakan bahan baja karbon adalah roda gigi. Roda gigi di dalam dunia industri mempunyai peranan yang sangat penting. Selama ini banyak sekali pengembangan-pengembangan yang dilakukan oleh para peneliti agar dalam pembuatan roda gigi menghasilkan roda gigi yang baik, hal ini disebabkan dalam dunia industri banyak sekali roda gigi yang rusak, aus, patah, dikarenakan roda gigi tersebut tidak kuat terhadap gesekan dan tekanan yang dihasilkan saat dua roda gigi bersinggungan pada saat mesin bekerja.

Sama dengan komponen mesin motor roda gigi juga mempunyai peran yang sangat penting sebagai media pemindah gaya, baik gaya putar, atau gaya momen. Sebagai contoh yang nyata adalah roda gigi depan atau (*front gear*) yang ada pada motor. Roda gigi ini berfungsi sebagai poros perputaran rantai yang menghubungkan antara mesin dan roda belakang. Kerja dari roda gigi depan ini sering sekali terjadi gesekan antara rantai dan gear sehingga sangat memungkinkan kondisi gear yang mengalami keausan. Roda gigi ini mempunyai peran yang penting dalam proses kinerja motor karena roda gigi yang aus akan menyebabkan rantai motor tidak dapat berputar secara maksimum atau mengalami gaya elastisitas yang tinggi sehingga menimbulkan kerugian efisiensi.

Berkurangnya umur gear sering terjadi pada motor yang menggunakan rantai, yang saat ini banyak digunakan oleh produk-produk motor yang beredar di Indonesia. Komponen-komponen mesin seperti poros, roda gigi, dan lain-lain memerlukan persyaratan konstruksi yang kuat, keras, ulet dan juga tahan aus serta memiliki nilai rapuh yang rendah. Untuk itu perlu adanya perbaikan atau diubah sifat mekanis pada *sproket* motor produk dimata masyarakat Indonesia.

Satu dari sekian sifat-sifat baja yang paling penting ialah kekuatannya, selain harus mempunyai ketahanan terhadap gesekan yang baik, maka baja dituntut untuk mempunyai kekerasan yang cukup tinggi, namun jika baja memiliki nilai kekerasan yang terlalu tinggi maka akan memiliki sifat kerapuhan pula. Sifat-sifat yang dapat dilihat dari baja adalah sifat fisis dan mekanis, dimana sifat fisis dari elemen bahan teknik adalah berat atom, berat jenis, titik cair/leleh, titik didih, panas, spesifik, daya hantar panas, tahanan listrik, ketahanan erosi, struktur mikro dan komposisi bahan. Selain itu sifat mekanis terdiri dari kemampuan bahan untuk menahan beban.

Untuk memperbaiki sifat mekanis dari baja maka perlu melalui suatu tahap *heat treatment* atau perlakuan panas. Tahap *heat treatment* memiliki banyak macam antara lain Perlakuan Panas Mekanik yang meliputi Pengerasan (*hardening*), Pemijaran dingin (*annealing*), Penyepuhan (*tempering*), Penormalan (*normalizing*) dan Pengerasan dengan kimia (*carburizing, nitriding dan cyaniding*)

Dari bermacam-macam tahap *heat treatment* di atas yang memungkinkan untuk dilakukan dalam perbaikan sifat mekanisnya pada *Sproket* adalah *hardening*. Proses *hardening* adalah untuk memperbaiki dan meningkatkan salah satu sifat mekanis bahan yang cukup penting yaitu kekerasan. Proses *hardening* dilakukan untuk mencapai kekerasan yang maksimal, terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi yaitu : kandungan karbon, suhu pemanasan, waktu penahanan dan laju pendinginan yang digunakan.

Proses *heat treatment* ini sangat penting sekali dalam perbaikan sifat baja *sproket*. Pada dasarnya Komponen-komponen mesin seperti poros, roda gigi, dan lain-lain memerlukan persyaratan konstruksi yang kuat, keras, ulet dan juga tahan aus serta memiliki nilai rapuh yang rendah. Berdasarkan uraian di atas maka perlu dilakukan. Penelitian dengan mengambil judul : “Analisa Peningkatan Kekerasan Bahan Sproket Dengan Metode Hardening Pada Penahanan Waktu Pemanasan”.

## 1.2. Identifikasi Masalah

Penelitian ini dapat diidentifikasi berbagai permasalahan yang timbul berkaitan dengan latar belakang yang telah disebutkan, antara lain:

1. Sering sekali terjadi gesekan antara rantai dan gear sehingga sangat memungkinkan kondisi gear yang mengalami keausan.
2. Banyak pemilik motor yang mengganti *sparepart* nya khususnya pada *front gear*.
3. Perbaikan sifat mekanik baja khususnya *front gear* dapat dilakukan dengan cara *heat treatment (hardening)*.
4. Berkurangnya umur gear dari umur pakai seharusnya.

## 1.3. Pembatasan Masalah

Agar penelitian ini tidak menyimpang dari permasalahan yang diteliti. Maka akan dibatasi permasalahannya pada:

1. Bahan penelitian adalah *front gear*.
2. Sifat fisis yang dibatasi pada pengamatan komposisi bahan.
3. Dilakukan Perlakuan Panas atau *heat treatment* dengan suhu pemanasan dan laju pendinginan yang efektif pada *front gear*.
4. Sifat mekanik yang dibatasi pada tingkat kekerasan.

## 1.4. Perumusan Masalah

Adapun masalah dalam penelitian ini dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimanakah karakteristik *front gear*?
2. Jenis perlakuan panas apakah (*heat treatment*) yang dilakukan untuk memperbaiki sifat fisis dan mekanis *front gear*?
3. Seberapa besarkah peningkatan *front gear* yang telah mengalami *heat treatment*?

### 1.5. Tujuan Penelitian

Berdasarkan masalah yang telah dirumuskan, penelitian ini memiliki tujuan yaitu:

1. Untuk mengetahui seberapa besar peningkatan kekerasan bahan spoket bila dipanaskan dengan hardening.

### 1.6. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan akan memberikan manfaat, sebagai berikut :

1. Manfaat Teoritis
  - a. Menambah pengetahuan tentang kemajuan teknologi di bidang metallurgi.
  - b. Sebagai bahan pustaka di lingkungan Universitas Medan Area khususnya di program Teknik Mesin.
  - c. Sebagai bahan masukan atau referensi untuk penelitian selanjutnya.
2. Manfaat Praktis
  - a. Dapat menyelidiki secara langsung kekerasan *front gear* sebelum mengalami proses *heat treatment*.
  - b. Memberikan informasi pada dunia industri khususnya produsen yang memproduksi *front gear*, tentang pentingnya nilai kekerasan bagi umur pakai dari pada *front gear*.
  - c. Membantu dalam memperbaiki sifat mekanik sebagai usaha dalam memperpanjang umur pakai *front gear*.
  - d. Menumbuhkan motivasi bagi para peneliti metallurgy khususnya perlakuan panas untuk mengoptimalkan penelitian-penelitian dibidang yang sama.



## **BAB II**

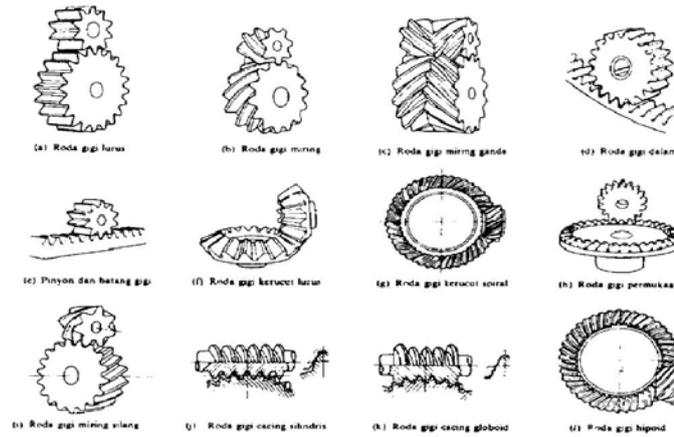
### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Roda Gigi Depan (Front Gear / Sproket)**

Dua buah roda berbentuk silinder atau kerucut yang saling bersinggungan pada kelilingnya salah satu diputar maka yang lain akan ikut berputar pula. Alat yang menggunakan cara kerja semacam ini untuk mentransmisikan daya disebut roda gesek. Cara ini baik untuk meneruskan daya kecil dengan putaran yang tidak perlu tepat. Guna mentransmisikan daya besar dan putaran yang tepat tidak dapat dilakukan dengan roda gesek. Untuk ini, kedua roda tersebut harus dibuat bergigi pada kelilingnya sehingga penerusan daya dilakukan oleh gigi-gigi kedua roda yang saling berkait. Roda bergigi semacam ini, yang dapat berbentuk silinder atau kerucut, disebut roda gigi (Sularso:1997).

Roda gigi adalah elemen mesin berbentuk gigi yang berfungsi sebagai transmisi gerak putar dan daya dari komponen mesin satu ke lainnya. Efisiensinya mendekati 98% sehingga roda gigi banyak dipakai untuk membuat transmisi motor penggerak ke poros yang digerakan. Salah satu roda gigi yang sering digunakan didalam transmisi motor adalah roda gigi rantai. Roda gigi rantai adalah roda gigi yang berhubungan dengan rantai sebagai penghubung antara roda gigi lain. Setiap roda gigi yang digunakan untuk memindahkan transmisi selalu mengalami gesekan di setiap giginya. Karena gaya gesekan inilah sering kali mengurangi efisiensi dari daya mesin.

Dilihat dari klasifikasi berdasar bentuk alur giginya maka roda gigi rantai termasuk dalam bentuk roda gigi lurus. Namun karena roda gigi ini dihubungkan dengan rantai yang memiliki ketebalan yang kecil maka roda gigi ini dapat dihubungkan dengan rantai.



Gambar 1. Macam-macam roda gigi. Sularso (1997 : 213)

## 2.2. Baja

Amstead (1997 : 49), baja adalah logam paduan antara unsur besi (Fe) dengan karbon (C), kadar karbon dalam baja dapat mencapai 2%. Di samping kedua unsur dalam baja terdapat pula unsur-unsur dalam jumlah kecil seperti *mangan (Mn)*, *silicon (Si)*, *fosfor (P)*, *belerang (S)*. Selain itu dapat mengandung unsur-unsur paduan seperti *khrom (Cr)*, *nikel (Ni)*, *wolfram (W)*, *molibden (Mo)* dan sebagainya, bervariasi menurut kebutuhan.

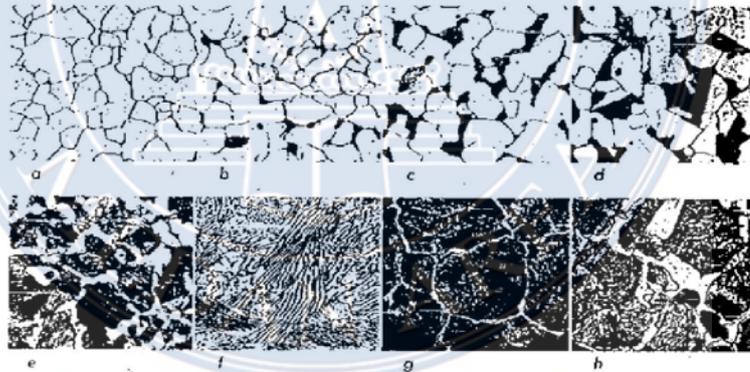
Baja merupakan bahan teknik yang memiliki banyak sifat, secara umum sifat bahan dikelompokkan ke dalam tiga kelompok yaitu ; *a. Sifat fisik* yang meliputi berat atom, berat jenis, ketahanan korosi, titik cair/leleh, titik didih, panas, spesifik, daya hantar panas, tahanan listrik, ketahanan erosi dan sebagainya namun sifat tersebut ditentukan oleh komposisi bahan dan struktur mikro, sebagai contoh kadar cromium dapat memperbaiki sifat tahan terhadap korosi. *b. Sifat mekanik* yang meliputi kekerasan, kekuatan, kekakuan, kerapuhan, keuletan, modulus elastis dan sebagainya. *c. Sifat teknologi* yang meliputi mampu las, mampu mesin, mampu cor dan sebagainya.

Baja mempunyai kekuatan tarik yang tinggi, antara 40 - 200 kg/mm<sup>2</sup>. Disamping itu baja juga mempunyai sifat keras dan ulet. Dengan kombinasi sifat tersebut baja mempunyai kekuatan yang cukup tinggi. Sifat-sifat baja dapat diatur dengan cara pengaturan komposisi kimianya, terutama kadar karbonnya. Semakin tinggi kadar karbon dalam baja, semakin tinggi kekuatannya serta kekerasannya, sementara keuletannya berkurang. Di samping itu sifat-sifat baja dapat diatur

dengan rekayasa struktur mikro dengan melalui proses perlakuan panas (*heat treatment*).

Aolis Schomentz, Karl Gruber (1985 : 40 ) untuk struktur baja yang tidak dipadu bentuk utama kristalnya terdiri dari tiga bentuk utama kristal :

- Ferrit, kristal besi murni (ferrum = Fe)  
Ferrit merupakan bagian baja yang paling lunak. Ferrit murni tidak akan cocok andaikata digunakan sebagai bahan untuk benda kerja yang menampung beban, karena kekuatannya kecil (gambar 3a). ferrit hanya terdapat pada baja yang memiliki kadar karbon kurang dari 0,8%
- Karbid besi ( $Fe_3C$ )  
Merupakan suatu senyawa kimia antara besi (Fe) dan karbon (C). dengan meningkatnya kandungan C, maka membesar pula kadar sementitnya. Sebagai unsure terstruktur tersendiri dinamakan sementit. Struktur keras, hanya terdapat pada baja dengan kadar karbon lebih dari 0,8%.
- Perlit  
Adalah besi karbon yang berkrystal lembut, terdiri dari ferrit dan sementit.



Gambar 2. Tampak Struktur baja zat arang. (a) Ferrit...0,0% C ; (b) ferrit + perlit...0,10% C; (c) Ferrit + Perlit ... 0,16% C; (d) Ferrit + perlit ... 0,45% C; (e) Ferrit + perlit ... 0,60%; (f) Perlit lamillar ... 0,85 % C; (g) perlit + sementit ... 1,1% C; (h) perlit + sementit ... 1,5% C.(Alois Schonmetz, Karl Gruber, 1985 : 40)

B.H. Amstead, Pilips F. Ostwald dan Myron L. Begeman (1997 : 51) secara garis besar baja dapat dikelompokkan menjadi beberapa kelompok yaitu:

### 2.2.1. Baja Karbon Rendah

Baja karbon rendah adalah baja yang memiliki kadar karbon  $< 0,30\%$  C yang sangat mudah ditempa dimesin. Penggunaannya  $0,05\%$  -  $0,20\%$  C digunakan untuk *automobile bodies, buildings, pipes, chains, rivets, screws, nails*.  $0,20\%$  -  $0,30\%$  C digunakan untuk *shafts, bolts, forgings, bridges, buildings* (M.Iqbal haqi, 2006 : 2).

### 2.2.2. Baja Karbon Sedang

Baja ini mengandung karbon antara  $0,30\%$  -  $0,60\%$  C. Di dalam perdagangan biasanya digunakan sebagai alat perkakas, baut. Poros engkol, roda gigi, ragum, pegas, dan lain-lain.

### 2.2.3. Baja Karbon Tinggi

Baja ini mengandung karbon antara  $0,70\%$  -  $1,4\%$  C. Baja karbon ini banyak digunakan untuk keperluan pembuatan alat konstruksi yang berhubungan dengan panas yang tinggi atau dalam penggunaannya akan menerima dan mengalami panas misalnya : landasan, palu, gergaji, pahat, kikir, bor, dan sebagainya.

### 2.2.4. Baja Paduan

Baja paduan adalah material *ferro* yang mengandung unsur-unsur paduan selain karbon seperti : *nikel (Ni), khrom (Cr), molibden (Mo), mangan (Mn)*, atau *silisium (Si)* yang berjumlah minimal  $5\%$ . Elemen paduan ditambahkan untuk menghambat laju *dekomposisi austenit* ke ferrit(□) dan karbida ( $\hat{C}$ ) selama laku panas. Baja menjadi lebih keras (Van Vlack, 1983 : 386).

Menurut Schonmetz (1985), pengaruh unsur paduan dalam baja dapat disebutkan sebagai berikut:

- *Silisium (Si)* merupakan unsur paduan dalam jumlah kecil dalam semua bahan besi dan jumlah besar pada jenis istimewa. Fungsinya adalah meningkatkan kekuatan, kekerasan, ketahanan aus dan ketahanan terhadap panas dan karat, *forgeability*, dan *weldability*.
- *Mangan (Mn)* seperti Si terkandung didalam semua bahan besi dan dibutuhkan dalam jumlah besar pada jenis istimewa. Mn berperan meningkatkan kekuatan, kekerasan, kemampuan temper menyeluruh,

ketahanan aus, kekuatan pada pengerjaan dingin serta menurunkan kemampuan serpih.

- *Khrom (Cr)* merupakan unsur terpenting untuk baja konstruksi dan baja perkakas, baja tahan karat dan asam. Meningkatkan keuletan dan kekerasan, kekuatan, batas rentang, ketahanan aus. kesudian diperkakas, kesudian temper menyeluruh, ketahanan panas, kerak, karat dan asam. Menurunkan regangan (dalam tingkat kecil).
- *Nikel (Ni)* jika baja dan nikel dipadu maka akan mempunyai sifat : dapat dilas, disolder, dapat dibentuk dengan baik dalam keadaan dingin dan panas, dapat dipoles, dapat dimagnetisasi. Fungsi Ni meningkatkan : keuletan, kekuatan, pengerasan menyeluruh, ketahanan karat, ketahanan listrik (kawat listrik) dan menurunkan kecepatan pendinginan dan regangan panas (regangan terkecil dimiliki baja invar dengan 36 % Ni).
- *Molybdenum (Mo)* kebanyakan dipadu dengan baja dalam ikatan dengan Cr, Ni, V. Meningkatkan kekuatan tarik, batas rentang, *temperability*, ketahanan panas, dan batas kelelahan menurunkan regangan, kerapuhan pelunakan
- *Vanadium (V)* mempunyai sifat mirip Mo dalam baja, namun tanpa mengurangi regangan. Meningkatkan kekuatan, batas rentang, keuletan, kekuatan panas dan ketahanan leleh, suhu pijar dalam perlakuan panas. Menurunkan kepekaan terhadap sengatan panas yang melewati batas pada perlakuan panas.
- *Wolfram (W)* Unsur paduan penting untuk baja olah cepat. Mempunyai titik lebur yang tinggi maka digunakan untuk kawat pijar dan logam keras. Meningkatkan kekerasan, kekuatan, kekuatan panas menurunkan regangan (sedikit).

#### **2.2.5. Perlakuan Panas (*heat treatment*)**

Perlakuan panas adalah proses pada saat bahan dipanaskan hingga suhu tertentu dan selanjutnya didinginkan dengan cara tertentu pula. (Bagyo Sucahyo, 1995: 192). Perlakuan panas adalah suatu proses pemanasan dan pendinginan logam dalam keadaan padat untuk mengubah sifat-sifat fisis dan mekanis logam

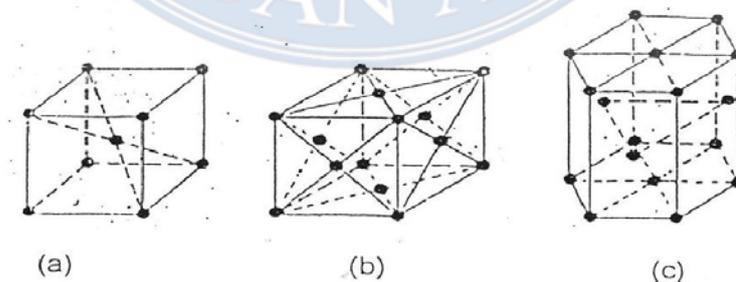
tersebut. Baja dapat dikeraskan sehingga tahan aus dan kemampuan memotong meningkat, atau baja dapat dilunakkan untuk memudahkan pemesinan lebih lanjut (B.H. Amstead Philip F. Ostwald dan Myron L. Begeman, 1997: 135).

Perlakuan panas adalah suatu cara yang mengakibatkan perubahan struktur bahan melalui penyolderan atau penyerapan panas: dalam pada itu bentuk bahan tetap sama (kecuali perubahan akibat regangan panas). (Alois schonmetz, 1985:38). Dapat disimpulkan bahwa perlakuan panas adalah suatu cara untuk meningkatkan sifat-sifat bahan agar lebih sempurna dengan cara memanaskan bahan sampai suhu tertentu kemudian didinginkan dengan cara tertentu pula.

Maksud dan tujuan perlakuan panas tersebut meliputi:

- Meningkatkan kekuatan dan kekerasan
- Mengurangi tegangan
- Melunakkan
- Mengembalikan pada kondisi normal akibat pengaruh pengajaran sebelumnya
- Menghaluskan butir kristal yang akan berpengaruh terhadap keuletan bahan, serta beberapa maksud yang lain.

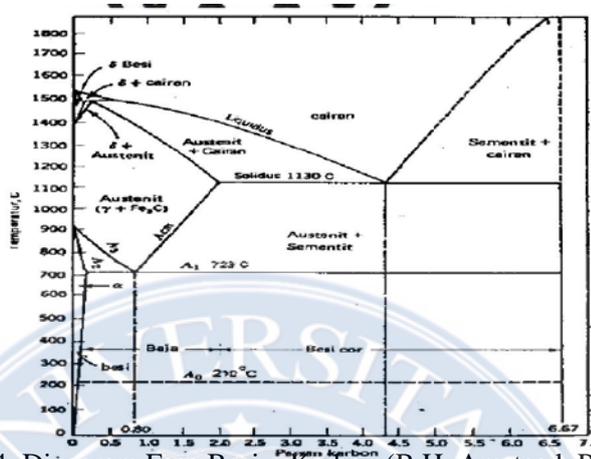
Pada logam atom-atomnya tersusun teratur menurut suatu pola tertentu dinamakan kristal. Pada umumnya kristal logam mempunyai susunan atom tertentu, salah satu dari beberapa sistem kristal yang mungkin terjadi. Ada yang kristalnya tersusun dari mutipikasi bentuk sel satuan *Body Centered Cubic* (BCC), *Face cubic* (FCC) dan *Hexagonal Closed Pack* (HCP) atau bentuk lain (Gambar 4).



Gambar 3. Tiga Bentuk Utama Sel Satuan Dari Sistem Kristal Logam (a). *Body Centered Cubic* (b). *Face Centered Cubic*; (c). *Hexagonal Closed Pack* (B.H. Amstead, Phillip F. Ostwald, Myron L. Begeman, 1997: 20)

Struktur semua logam terdiri atas kristal-kristal butiran yang bergandengan satu sama lain dalam wujud dan ukuran yang berlainan. Kristal- kristal itu terdiri

atas bagian-bagian terkecil dari suatu unsur atau atom-atom. Tinggi rendahnya kadar karbon mempengaruhi tinggi rendahnya suhu kritis (batas zona struktur logam) sehingga menyebabkan perubahan bentuk Kristal.



Gambar 4. Diagram Fasa Besi – Karbon (B.H. Amstead, Pilips F. Ostwald dan Myron L. Begeman, 1989 : 140)

Pada proses perlakuan panas diperlukan pengetahuan tentang transformasi fasa, sehingga memungkinkan memperoleh sifat-sifat mekanik bahan dengan mengubah struktur mikro baja. Struktur yang terdapat pada baja antara lain adalah:

a. *Ferrite*

*Ferrite* mempunyai sel satuan *Body Centered Cubic* (BCC) yang hanya dapat menampung unsur karbon maksimum 0,025% pada temperatur 723° C. *Ferrite* menjadi getas pada temperatur rendah, dan merupakan struktur yang paling lunak pada baja.

b. *Pearlite*

*Pearlite* adalah campuran *ferrite* dan *cementite* berlapis dalam suatu struktur butir. Laju pendinginan lambat menghasilkan *pearlite* kasar dan laju pendinginan cepat menghasilkan *pearlite* halus, bersifat keras dan lebih tangguh.

c. *Austenite*

*Austenite* mempunyai sel satuan kubus pusat badan atau *Face Centered Cubic* (FCC) yang mengandung unsur karbon maksimum hingga 1,7%. Fasa ini hanya mungkin ada pada temperatur tinggi.

d. *Martensite*

*Martensite* merupakan fasa larutan padat lewat jenuh dari karbon dalam sel satuan tetragonal pusat badan atau *Body Centered Tetragonal* (BCT). Makin tinggi kejenuhan karbon maka semakin keras dan getas. Jika baja didinginkan secara cepat dari fasa *austenite*, maka sel satuan FCC akan bertransformasi secara cepat menjadi BCC.

e. *Cementite*

*Cementite* merupakan senyawa bersifat sangat keras yang mengandung 6,67% karbon. *Cementite* sangat keras, tetapi bila bercampur dengan *ferrite* yang lunak maka kekerasan keduanya menurun.

f. *Ledeburite*

*Ledeburite* merupakan campuran eutektik antara *austenite* dan *cementite*, mengandung 4,3% karbon dan terbentuk pada suhu 1130° C.

## 2.3. Perlakuan Panas Mekanik

### 2.3.1. Pengerasan (*hardening*)

Pengerasan (*hardening*) adalah proses pemanasan baja sampai suhu di daerah atau di atas daerah kritis disusul dengan pendinginan yang cepat (B.H. Amstead, Pilips F. Ostwald dan Myron L. Begeman, 1997: 144) Pengerasan adalah perlakuan panas terhadap baja dengan sasaran meningkatkan kekerasan alami baja (Alois Schonmetz dan Karl Gruber, 1985:45).

Berdasarkan uraian di atas dapat disimpulkan bahwa pengerasan adalah suatu kegiatan yang bermaksud untuk meningkatkan kekerasan baja dengan cara memanaskan baja tersebut sampai terbentuknya suatu larutan padat (*austenit*) yang terjadi akibat terurainya karbid besi menjadi besi dan zat arang kemudian diikuti oleh proses pendinginan yang mendadak sehingga terbentuklah martensit Sebelum pelaksanaan pengerasan, maka jenis baja bahan asal benda kerja, harus sudah dikenal. Bila kadar karbon diketahui, suhu pemanasannya dapat dibaca dari diagram fasa besi-karbon.

Proses pengerasan bertujuan untuk menambahkan kekerasan, kekuatan dan memperbaiki ketahanan baja dalam pemakaian. Pengerasan dicapai dengan memanaskan baja hingga mencapai suhu di atas suhu pengerasan kemudian didinginkan pada media pendingin yang tersedia. Cara pemanasannya bertahap dan

pada setiap penambahan. Suhu ditahan selama beberapa menit sesuai dengan ukuran sampel, demikian seterusnya hingga mencapai suhu di atas suhu pengerasan atau disebut suhu kritis.

Baja dengan kadar karbon rendah sulit untuk dikeraskan. Dengan meningkatnya kadar karbon sekitar 0,6 % kekerasan akan naik pula. Di atas kenaikan harga karbon hanya sedikit pengaruhnya karena di atas suhu kritis baja dalam keadaan anil terdiri dari perlit dan sementit yang bersifat keras. Baja yang sebagian besar terdiri dari perlit dapat diubah menjadi baja yang keras (Suharno, 2007: 26). Sedang Amstead (1993 : 141), menyebutkan bahwa, bila sepotong baja karbon rendah dipanaskan, tidak terjadi perubahan dalam ukuran butir sampai titik  $A_{c3}$ , terjadi perubahan bentuk apabila samapai pada garis  $A_{c3}$ . Sedang pendinginan yang cepat akan menghasilkan struktur yang kasar (keras). Pemanasan yang lebih dari garis  $A_{c3}$  mengakibatkan butir menjadi *austenit* sehingga pendinginan akan menjadi lebih lama dan struktur yang timbul akan menjadi lebih halus dan besar (lunak).

Benda dengan ukuran yang lebih besar umumnya akan menghasilkan permukaan yang kurang keras meskipun kondisi perlakuan panas tetap sama. Hal ini disebabkan terbatasnya panas yang dapat merambat ke permukaan. Oleh karena itu kekerasan di dalam bagian benda akan lebih rendah dari pada dib again luar dan ada nilai batas tertentu. Namun air garam atau air akan menurunkan suhu permukaan benda dengan cepat, yang diikuti penurunan suhu di dalam benda tersebut sehingga diperoleh lapisan keras dengan ketebalan tertentu.

Muh. Iqbal Haqi (2006 : 4), faktor-faktor yang mempengaruhi hasil kekerasan pada perlakuan panas antara lain komposisi kimia yang mempengaruhi suhu pemanasan, langkah perlakuan yang meliputi waktu tahan, dan media pendinginan.

#### a. Suhu Pemanasan

Agar pemanasan pada proses pengerasan dapat berhasil yaitu mencapai suhu austenisasi dengan baik yaitu di atas suhu kritis baja eutektik yaitu  $723^{\circ}\text{C}$ , pemanasan menuju suhu pengerasan harus dilakukan secara bertahap (pemanasan pendahuluan dan pemanasan akhir) agar tegangan pemanasan sedapat mungkin tetap rendah. Suhu pemanasan ditentukan oleh kadar karbon dari sebuah baja.

Pada pemanasan sebuah benda kerja, pertama-tama pojok yang menjulur menjadi panas, kemudian pinggiran, setelah itu seragam sesuai dengan kenaikan suhu yang tidak seragam itu sehingga timbul tegangan. Hal ini akan menjadi semakin berbahaya, dengan semakin cepatnya pemanasan berlangsung. Benda kerja yang besar dan suhu akhir yang tinggi memerlukan pelaksanaan beberapa tahap dan di dalam setiap tahap membutuhkan cukup waktu untuk peralihan panas.

Pemanasan akhir menuju suhu pengerasan harus berlangsung cepat untuk mencegah rongga terak, penyerapan karbon permukaan dan pembentukan butiran kasar. Juga di dalam daerah ini, kenaikan suhu sedapat mungkin harus berlangsung merata ke arah inti. Penyebab paling sering terbentuknya retakan pengerasan karena pemanasan tidak merata pada benda yang dikeraskan.

b. Waktu tahan (*holding time*)

Maksud dari penahanan pada suhu penambahan tersebut yaitu supaya panas dapat merata ke seluruh benda kerja. Pada benda kerja yang bentuknya tidak teratur, benda harus dipanaskan perlahan-lahan agar tidak mengalami distorsi atau pun retak semakin besar potongan benda, maka semakin lama waktu yang diperlukan untuk memperoleh hasil yang merata. Menurut M.Iqbal Haqi (2006: 5) Baja karbon memiliki waktu tahan yang berbeda-beda tergantung dari jumlah kadar karbonnya maka holding time yang dimiliki baja karbon adalah:

- Baja konstruksi dari baja carbon dan baja paduan rendah yang mengandung karbida yang mudah larut, diperlukan holding time yang singkat, 5 - 15 menit setelah mencapai temperatur pemanasannya dianggap sudah memadai.
- Baja konstruksi dari baja paduan carbon menengah dianjurkan menggunakan holding time 15 -25 menit, tidak tergantung ukuran benda kerja.

c. Pengejutan (*Quenching*)

Setelah benda kerja memperoleh suhu pengerasan yang merata hingga intinya, maka benda kerja segera didinginkan dengan cepat dengan mencelupkan ke dalam air, air garam, minyak atau bahan pendingin lainnya sehingga atom-atom karbon yang telah larut dalam austenit tidak sempat membentuk pearlit dan ferrit, akibatnya austenit menjadi sangat keras yang disebut martensit. Suhu pembentukan

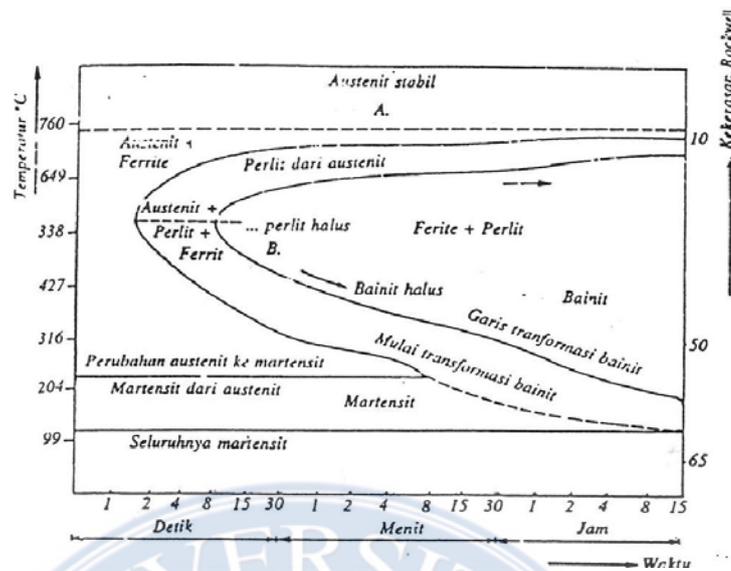
martensit akan makin rendah bila kandungan karbon tinggi. Namun untuk pendinginan yang paling maksimal terletak pada air garam karena air garam mampu membuat permukaan benda kerja tersebut akan mengikat zat arang dan menjadi martensit (Bagyo sucahyo : 1993 : 195). Campuran air dan garam yang paling efektif untuk pengerasan memiliki kadar 10 % NaCl (ASM *Hand Book*, 1991 : 222).

Untuk pengerasan baja karbon memiliki nilai kekerasan sendiri-sendiri jika diklasifikasikan berdasarkan komposisinya dan dihubungkan dengan % *martensite* yang dimilikinya. Menurut ASM hand book 1984 edition mengklasifikasikan beberapa % karbon yang dihubungkan dengan nilai kekerasan HRC dan jumlah persen *martensite* yang terkandung didalamnya.

Martensit mempunyai suatu struktur yang sangat halus seperti jarum. Di samping itu, pelarutan unsure karbon dalam jumlah yang besar menyebabkan terjadi perubahan lapisan kubusnya, serta mempunyai sifat sangat kuat dan keras, tetapi rapuh. Pengerjaan baja untuk menghasilkan kondisi yang tidak seimbang dapat dilakukan pengerjaannya dengan cara pengerasan (*hardening*) dan penyepuhan (*tepering*).

Laju difusi pada saat pemanasan ditentukan oleh unsur paduan dan pada saat pendinginan cepat austenit yang berbutir kasar akan mempunyai banyak martensit. Amstead (1993 : 141), fase kristal dan besarnya butir yang terjadi akan membentuk sifat baja. Apabila ferrit dan sementit di dalam perlit berbutir besar, maka baja tersebut makin lunak sebagai akibat pendinginan lambat. Sebaliknya baja menjadi semakin keras apabila memiliki martensit yang diperoleh pada pendinginan cepat.

Untuk memahami macam-macam fase dan struktur kristal yang terjadi pada saat pendinginan, dapat diamati dari diagram TTT berikut :



Gambar 5. Digaram TTT (Kurva-S) (Bagyo Suchahyo, 1995:197)

Fase *austenit* stabil berada di atas suhu 770°C. pada suhu yang lebih rendah akan terbentuk *martensit* dan mulai suhu ini *martensit* sudah tidak tergantung pada kecepatan pendinginan.

Pada kenyataanya laju pendinginan sangat mempengaruhi hasil proses *hardening*, bahkan bila dibandingkan pengaruh pemanasan maka pengaruh laju pendinginan lebih besar dan lebih nyata. Laju pendinginan yang cepat akan menghasilkan logam dengan kekerasan yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan laju pendinginan yang lambat. Waktu yang dibutuhkan agar didapatkan kekerasan maksimal adalah kurang dari satu menit. Laju pendinginan ini dipengaruhi oleh viskositas atau kekentalan bahan pendinginan. Jika bahan pendingin berupa cairan semakin rendah viskositasnya akan lebih mudah menyerap panas sehingga laju pendinginan logam pada proses *hardening* akan semakin cepat karena laju perpindahan kalor dari benda ke bahan pendingin lebih besar. Berbeda dengan bahan pendingin dengan viskositas yang semakin tinggi maka penyerapan panas juga akan semakin lambat sehingga pendinginan akan lambat atau bahkan bertahap. Laju pendinginan yang cepat akan menghasilkan besi atau baja dengan kekerasan yang lebih tinggi.

### 2.3.2. Flame hardening

Flame hardening atau pengerasan dengan nyala api terbuka adalah pemanasan yang disusul dengan pencelupan permukaan. Pemanasan dilakukan dengan nyala oksidasi asetilen yang dibiarkan memanasi permukaan logam sampai mencapai suhu kritis (Amstead, 1997:155). Cara ini sangat efektif untuk baja dengan kandungan karbon cukup tinggi lebih dari 0,4 % C). Sebelum diperkeras sebaiknya komponen dinormalising, sehingga didapat kulit dengan struktur martensit (sedalam 4 mm) dan inti *ferrite-pearlite* yang ulet.

Dalam hal ini tempering juga diperlukan, dapat dengan nyala api ataupun dalam dapur tempering. Baja-baja ini dipijarkan bebas tegangan dan ditemper keras sebelum pengerasan. Permukaan yang akan dikeraskan dipanaskan sedemikian cepat dengan sebuah pembakar acetylene-zat asam (1:1) atau pembakar gas penerangan zat asam (1:0,6) sampai suhu pengerasan, sehingga akibat kelembaman penghantaran panas, hanya lapisan atas saja yang terliput. Langsung setelah ini dilakukan pengejukan dengan guyuran air tekanan yang mengikuti pembakar sebelum panas meresap kedalam lapisan yang terletak lebih dalam lagi

### 2.3.3. Pelunakan (*annealing*)

Proses *annealing* adalah perlakuan panas pada bahan dimana bahan tersebut dipanaskan pada temperatur tertentu, dan mendinginkannya dengan lambat sampai temperatur ruangan (Amstead, 1997:150). Metode pendingin dilakukan dengan mematikan *furnace* (*furnace cooled*). Tujuan dari proses *annealing* adalah menghilangkan tegangan sisa dan menghindarkan terjadinya retakan panas (Van vlack, 1983:437)

Semua temperatur pada *annealing* juga telah ditentukan berdasarkan macam-macam *annealing*, untuk suhu pemanasan berdasarkan jumlah karbon maka dapat dilihat di diagram fasa besi karbon.

### 2.3.4. Normalizing

*Normalizing* adalah suatu proses pemanasan logam hingga mencapai fase austenit yang kemudian diinginkan secara perlahan-lahan dalam media pendingin udara. Hasil pendingin ini berupa *perlite* dan *ferrite* namun hasilnya jauh lebih mulus dari *annealing*. Prinsip dari proses *normalizing* adalah untuk melunakkan logam. Tujuan dari normalisasi ini adalah untuk membentuk butir halus dan seragam (Van Vlack, 1983:441).

### **2.3.5. Tempering**

Proses tempering adalah pemanasan baja sampai temperatur sedikit di bawah temperature kritis, kemudian didiamkan dalam tungku dan suhunya dipertahankan sampai merata selama 15 menit. Selanjutnya didinginkan dalam media pendingin. Jika kekerasan turun, maka kekuatan tarik turun pula. Dalam hal ini keuletan dan ketangguhan baja akan meningkat. Meskipun proses ini akan menghasilkan baja yang lebih lemah. Proses ini berbeda dengan annealing karena dengan proses ini belum tentu memperoleh baja yang lunak, mungkin berupa pengerasan dan ini tergantung oleh kadar karbon.

## **2.4. Perlakuan Panas Kimia**

### **2.4.1. Karburizing / pengkarbonan**

Karbonisasi atau *carburizing* adalah cara pengerasan dengan proses penambahan unsur karbon pada permukaan baja karbon rendah, pemanasan karbonisasi dilaksanakan pada suhu 850°– 950° C. Unsur karbon dapat diperoleh dari arang kayu, arang tempurung kelapa atau suatu material yang mengandung unsur karbon. Pengarbonan bertujuan memberikan kandungan karbon yang lebih banyak pada bagian permukaan dibanding dengan dinding bagian dalam, sehingga kekerasan pada permukaan lebih meningkat. Tebal lapisan yang dikarbonasikan dalam lingkungan yang menyerahkan karbon tergantung dari waktu, dan suhu karbonisasi. Menurut Suharno (2007 : 29) Untuk kedalaman penetrasai unsur C pada permukaan baja adalah 0,5–2 mm dengan kadar karbon pada permukaan tersebut 0,75 – 1,2 % Karbonisasi dapat dilakukan dengan tiga (3) cara, yaitu Karbonisasi padat, Karbonisasi cair dan Karbonisasi gas.

### **2.4.2. Nitriding**

*Nitriding* atau nitridasi adalah suatu proses penambahan unsur nitrogen pada permukaan baja. Proses nitriding menggunakan gas ammonia (NH<sub>3</sub>) pada temperature 480-650°. (Suharno, 2007 : 29) Atom nitrogen yang terbentuk akan bereaksi dengan besi pada permukaan benda kerja. Baja hasil *nitriding* akan mempunyai ketahanan aus, ketahanan fatik, dan ketahanan korosi dalam udara atau uap air yang lebih tinggi. Benda kerja proses *nitriding* harus sudah dikerjakan dengan mesin sebaik mungkin tetapi belum digerinda akhir. Keuntungan proses ini

adalah tidak perlu dilakukan pengejutan, tetapi sudah diperloeh kekerasan yang tinggi.

### **2.4.3. Cyaniding**

*Cyaniding* merupakan proses penambahan unsur nitrogen dan karbon pada permukaan baja. Kedalaman penetrasi nitrogen dan karon adalah 0,1 dan 0,2Mmm (Suharno, 2007 : 30). Hasil proses ini adalah baja yang mempunyai peningkatan kekerasan pada permukaan, ketahanan aus, batas fatik. Proses ini sangat baik untuk benda kerja dengan ukuran kecil/medium, misalnya roda gigi, piston, piston pin, poros kecil

Pada penelitian ini proses perlakuan panas yang digunakan adalah *hardening* (pengerasan) atau *annealing* (pelunakan), karena jenis perlakuan ini sering digunakan untuk melunakkan atau mengeraskan pada benda kerja khususnya adalah baja karbon rendah. Semua faktor yang mempengaruhi proses perlakuan panas diatas pada baja karbon dapat ditentukan melalui literature.

## **2.5. Kekerasan Bahan**

Pengertian umum kekerasan ialah penolakan suatu bahan atau material melawan desakan suatu bahan lain (Schonmetz dan Karl Gruber, 1990: 195). Pengujian kekerasan adalah satu dari sekian banyak pengujian yang dipakai, karena dapat dilaksanakan pada benda uji yang relatif kecil tanpa kesukaran mengenai spesifikasi. Ada beberapa cara untuk mengukur kekerasan suatu material, diantaranya adalah:

### **2.5.1. Pengujian Kekerasan Rocwell (HR)**

Pengujian kekerasan brinell adalah pengujian kekerasan material yang dilakukan dengan menekan sebuah bola baja atau logam yang sangat keras kedalam permukaan licin benda uji dalam sebuah mesin uji dengan suatu tekanan F (daN) yang dinaikan secara perlahan-lahan. (Schonmetz dan Karl Gruber, 1990: 195). Setelah beban dilepaskan, maka garis tengah d (mm) dampak tekan bola yang terjadi diukur dibawah kaca pembesar atau mikroskop. Dengan pertolongan besaran D, F dan d, kemudian dibaca kekerasan brinell HB dalam daN/mm<sup>2</sup> dari sebuah tabel.

### **2.5.2. Pengujian Kekerasan Vickers (HV)**

Dalam pengujian kekerasan vickers peran sebagai badan pendesak dimainkan oleh pucuk sebuah piramid intan yang bertekanan tanpa kejutan pada segenap benda uji yang benar – benar rata dan polos. Beban normal: 3,5; 10; 30; dan 60 daN, lama pembebanan 30 detik. Semakin tipis benda uji, maka semakin kecil pula beban yang dipilih. Dampak tekan yang berbentuk bujur sangkar tersebut didalam mesin uji diperbesar dan ditampilkan dalam layar. Ukuran sisi – sisi miringnya dapat dibaca dengan sebuah alat ukur halus dengan ketepatan 0,001 mm. dari nilai rata – ratanya dan besar beban, dicari angka kekerasan dari tabel yang telah distandarisasi dalam DIN 50.133 (Schonmetz, 1990: 197).

### **2.5.3. Pengujian Kekerasan Rockwell (HR)**

Pengujian kekerasan Rockwell bertujuan menentukan kekerasan suatu material dalam bentuk daya tahan material terhadap benda penguji yang berupa bola baja ataupun kerucut diamon. Benda penguji tersebut ditekankan pada permukaan material uji. Pengujian kekerasan Rockwell cocok untuk semua material yang keras maupun lunak penggunaannya yang sederhana dan penekanannya sangat leluasa.

Cara Rocwell banyak digunakan karena dengan cepat dapat diketahui kekerasan tanpa banyak mengukur dan menghitung seperti cara brinell dan vickers, nilai kekerasan dapat langsung dibaca setelah pembebanan utama dihilangkan, dimana beban awal masih menekan bahan tersebut.

## **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

### **3.1. Tempat dan Waktu Penelitian**

#### **3.1.1. Tempat Penelitian**

Tempat penelitian merupakan lokasi dimana informasi diperoleh untuk menyatakan kebenaran penelitian. Adapun yang menjadi tempat penelitian ini adalah di laboratorium *Universitas Medan Area* fakultas Teknik Mesin untuk pengujian uji komposisi, *heat treatment hardening* untuk pengujian uji kekerasan. Tempat tersebut dipilih dengan alasan bahwa proses pengujian dapat dilakukan dengan efektif dan efisien sehingga apabila dikaitkan dengan pokok permasalahan yang akan diteliti telah memenuhi syarat.

#### **3.1.2. Waktu Penelitian**

Penelitian ini direncanakan kurang lebih 3 bulan, dari bulan Januari 2017 sampai bulan Maret 2017. Adapun jadwal pelaksanaan kegiatan sebagai berikut :

1. Pengambilan Judul : 26 Maret 2016
2. Pembuatan Proposal : 30 Maret - 22 Mei 2016
3. Seminar Proposal : 27 Mei 2016
4. Revisi Proposal : 31 Juni – 25 Juli 2016
5. Perizinan : 2 Januari - 9 Januari 2017
6. Penelitian : 11 januari – 11 february 2017
7. Analisis Data : 13 february - 23 february 2017
8. Penulisan Laporan : 1 Maret – 14 Maret 2017

### **3.2. Metode Penelitian**

Penelitian ini adalah penelitian kuantitatif dengan metode deskriptif dan eksperimen. Yaitu penelitian yang dimaksudkan untuk mengamati gejala atau fenomena yang terjadi namun dari gejala yang timbul itu dilakukan eksperimen agar terjadi hasil yang dapat dianalisis dan disajikan dalam bentuk informatif.

Suharsimi Arikunto,(2005 : 245) mengemukakan bahwa penelitian deskriptif yaitu penelitian yang dimaksudkan untuk mengumpulkan informasi mengenai status suatu gejala yang ada, yaitu keadaan gejala menurut apa adanya pada saat penelitian dilakukan Jadi tujuan penelitian deskriptif adalah untuk membuat penjelasan secara sistematis, faktual, dan akurat mengenai fakta-fakta dan sifat-sifat populasi. Suharsimi Arikunto (2005 : 6) mengemukakan bahwa penelitian eksperimen adalah penelitian yang dilakukan dengan sengaja membangkitkan timbulnya sesuatu kejadian kemudian diteliti akibatnya.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui sifat mekanis dari *front gear* serta mengetahui hasil sifat mekanis setelah di heat treatment. Untuk itu perlu dua metode penelitian yaitu deskriptif dan eksperimen dimana penelitian ini termasuk penelitian kuantitatif yang menghasilkan angka-angka.

### **3.3. Populasi dan Sampel**

#### **3.3.1. Populasi Penelitian**

Populasi menurut Suharsimi Arikunto (1992: 115) menyatakan bahwa "Populasi adalah keseluruhan subjek penelitian". Populasi dalam proyek penelitian adalah *front gear* yang digunakan pada sepeda motor.

#### **3.3.2. Sampel Penelitian**

Dalam penelitian ini sampel penelitiannya diambil dengan menggunakan "Purposive Random Sampling" Yaitu pemilihan sekelompok subjek didasarkan atas ciri-ciri atau sifat-sifat tertentu yang dipandang mempunyai sangkut paut yang erat dengan ciri-ciri atau sifat-sifat populasi yang sudah diketahui sebelumnya (Hadi Sudjana, 2000) Pada proyek penelitian sampelnya adalah *front gear* yang mengalami heat treatment.

### **3.4. Teknik Pengumpulan Data**

#### **3.4.1. Sumber Data**

Dilakukan dengan cara pengujian *hardening* pada *front gear*, pengamatan (observasi) terhadap objek penelitian dan dibandingkan dengan *front gear* yang sudah di *heattreatment* dan sebelumnya sudah diamati karakteristiknya.

#### **3.4.2. Pelaksanaan Eksperimen**

##### a. Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah :

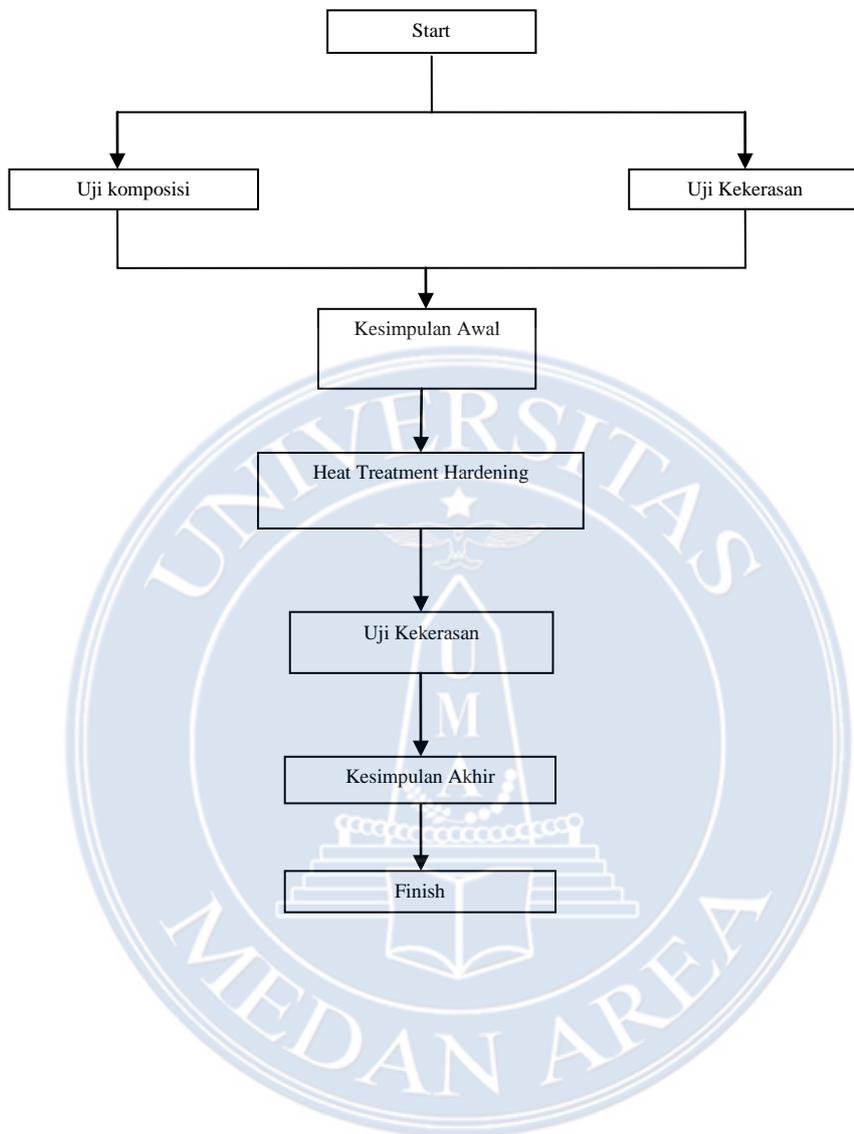
1. Sebuah produk *Front Gear* sepeda motor dengan mata gigi 15
2. Kertas pasir + potongan celana jeans
3. Autosol untuk poles dan Alkohol
4. Air garam 10 % untuk *quenching*

##### b. Alat Penelitian

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah :

1. Alat uji komposisi kimia spektrometer
2. Gergaji tangan dan *meta cut machine*
3. Alat uji kekerasan macro hardenss tester
4. Jangka Sorong
5. Alat uji *heattreatment*

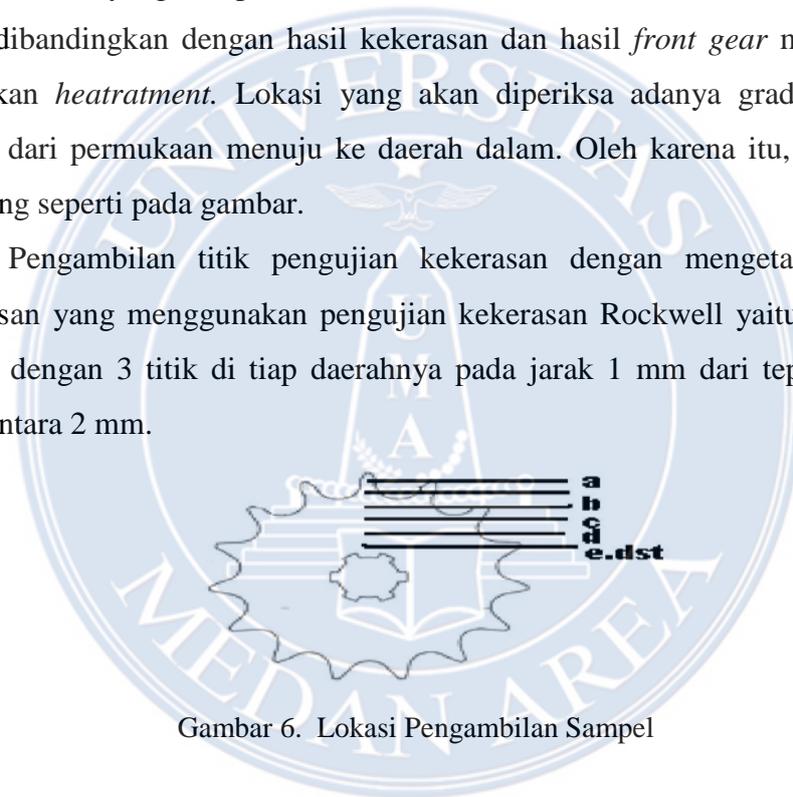
c. Desain Penelitian



### 3.5. Tahap Eksperimen

Dalam penelitian ini langkah-langkahnya meliputi pengadaan *Front Gear* dengan mata gigi 15, Sebelum proses *heat treatment* dilakukan, terlebih dahulu benda uji dilakukan uji komposisi, uji kekerasan. Hal ini dimaksudkan agar peneliti mengetahui *front gear* yang mempunyai nilai kekerasan yang tinggi. Dilanjutkan dengan preparasi bahan dengan cara memotong bahan dengan peralatan yang telah disediakan. Setelah bahan siap maka dapat dilakukan proses *hardening*, dan selanjutnya hasil dari bahan yang telah *dihardening* dapat dikarakterisasi yang meliputi distribusi kekerasan. Hasil dari karakterisasi tersebut dapat dibandingkan dengan hasil kekerasan dan hasil *front gear* motor sebelum dilakukan *heat treatment*. Lokasi yang akan diperiksa adanya gradasi kekerasan adalah dari permukaan menuju ke daerah dalam. Oleh karena itu, dipilih lokasi sampling seperti pada gambar.

Pengambilan titik pengujian kekerasan dengan mengetahui distribusi kekerasan yang menggunakan pengujian kekerasan Rockwell yaitu diambil di 6 daerah dengan 3 titik di tiap daerahnya pada jarak 1 mm dari tepi dan dengan jarak antara 2 mm.



Gambar 6. Lokasi Pengambilan Sampel

### 3.6 Penyiapan Bahan

Dalam penelitian ini langkah-langkahnya meliputi pengadaan *front gear* yang dilanjutkan karakterisasi yang terdiri dari pengujian komposisi, distribusi kekerasan.

Pemotongan spesimen dilakukan dengan membelahnya menjadi 3 bagian yang tiap bagiannya memiliki 5 mata gear. Pemotongan pada *front gear* dengan menggunakan pemotong gergaji tangan.



Gambar 7. Bahan Sproket Roda Gigi Depan

### 3.7. Pengujian Komposisi

Tujuan pengujian komposisi kimia adalah untuk mengetahui kadar unsur-unsur yang terkandung di dalam *front gear*, sehingga dapat diketahui spesifikasi baja *front gear* dan selanjutnya dapat dirumuskan proses pembuatannya. Pengujian komposisi kimia dilakukan menggunakan alat uji komposisi kimia spektrometer. Adapun Langkah pengujian komposisi kimia adalah sebagai berikut:

1. Menyiapkan alat uji komposisi kimia, *Spectrometer*.
2. Memasang benda uji diatas landasan. Benda uji harus menutupi lubang pada alat uji minimal diameter 14 mm, bila terjadi kebocoran maka mesin uji tidak bekerja dengan benar, karena pada waktu penembakan gas argon akan terjadi kebocoran.
3. Menghidupkan mesin. Pada tahap ini terjadi penyemburan gas berupa gas argon dengan temperatur 4000°C - 8000° C selama kurang dari 30 detik.
4. Hasil pembakaran berupa cahaya yang berwarna yang kemudian menuju optik dan dibiaskan berupa warna unsur dan ditangkap oleh detektor dalam jumlah persen.
5. Melihat pada layar komputer hasil dari penembakan dan bisa dicetak pada kertas yang sudah disediakan.



Gambar 8. Alat Uji Komposisi

### 3.8. Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan pada *front gear* yang sebelum dan sesudah proses *heat treatment hardening*. Spesimen dipotong melintang untuk mendapatkan permukaan gigi serta bagian-bagian yang lain dipermukaan yang telah disebutkan. Setelah melalui tahap persiapan spesimen. Pengujian kekerasan ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kekerasan yang harus dimiliki oleh *front gear* dan yang telah mengalami proses *hardening*, distribusi kekerasan dilakukan untuk mengetahui kemungkinan perbedaan tingkat kekerasan di bagian permukaan.



Gambar 9. Alat Uji Rockwell

Langkah-langkah pengujian adalah sebagai berikut :

1. Persiapan semua spesimen.
2. Menghidupkan power alat uji.

3. Memasang indentor untuk pengujian spesimen ini yaitu indentor berbentuk kerucut intan 120, serta memasang alas pengujian yang rata.
4. Memasang beban yang diseting pada beban 60 kg
5. Menentukan titik untuk pengujian dengan menempelkan indentor pada spesimen tersebut dengan cara memutarv ragum agar menempel persis.
6. Menyetil dial gauge pada posisi nol menarik tuas crank handel untuk memulai penekanan indentor
7. mendrorong reset motor agar dial gauge menunjukkan angka sebenarnya dari pengujian kekerasan rocwell tersebut.

### 3.9. Pelaksanaan Proses Heat Treatment

Sebelum dilakukan proses *heat treatment hardening* maka terlebih dahulu diketahui beberapa faktor yang mempengaruhi proses perlakuan panas tersebut. diataranya adalah:

#### 1. Suhu Pemanasan

Penentuan Suhu pemanasan untuk Proses hardening baja *front gear* yang dikontrol terus menerus dengan menggunakan diagram fasa Fe- C (gambar 5) yang ditarik dari garis % carbon menuju garis A3.

#### 2. Lama Waktu Pemanasan

Waktu pemanasan dapat diatur dengan menggunakan *stopwatch*. Untuk proses *hardening* baja karbon sedang waktu pemanasan bisa ditentukan yaitu 15, 20 dan 25 Menit. Untuk baja karbon rendah 5, 10 dan 15 menit. Untuk baja *front gear* tidak tergantung pada tebal benda kerja karena baja ini termasuk baja yang tidak besar.

#### 3. Media Pendingin

Media Pendingin yang digunakan untuk mendinginkan proses *heat treatment hardening* baja *front gear* adalah air atau air garam untuk didapatkan hasil kekerasan yang maksimal dan mengandung  $\pm 99$  % martensit agar dihasilkan nilai kekerasan yang baik. Untuk proses *hardening* pada *front gear* maka dilakukan beberapa proses, yaitu:

##### a. persiapan

1. menyiapkan 1 buah benda uji yang tidak dihardening

2. menyiapkan 3 buah benda uji, dimasukkan ke dalam dapur pemanas, saat sebelum saklar dapur dinyalakan
3. menyiapkan media pendingin yaitu air garam beserta wadahnya.
4. Menyiapkan alat pelindung berupa *masker*/ topeng serta sarung tangan
5. Menyiapkan tang penjepit spesimen
6. Meyiapkan stop watch pada posisi nol.

b. Proses *hardening*

1. Buka pintu dapur pemanas dan letakkan benda uji di atas batu tahan api yang tersedia di dalam dapur pemanas.
2. Hidupkan dapur pemanas dengan terlebih dahulu menutup pintu dapur pemanas.
3. Atur suhu pemanasan dan naikkan suhu pemanasan pada suhu pemanasan awal (*pre-heating*) yaitu  $700^{\circ}\text{C}$  kemudian tahan selama  $\pm 30$  menit. Hal itu dilakukan untuk mengurangi dan menghilangkan adanya rengatan pada baja.
4. Naikkan kembali suhu pemanasan pada suhu pemanasan *hardening* yang dikehendaki yaitu  $850^{\circ}\text{C}$  untuk baja karbon rendah 0,45 %C (gambar 5), pertahankan pada waktu penahanan yang ditentukan yaitu 5-15 menit untuk baja karbon rendah dan 15-25 menit untuk baja karbon sedang.
5. Ambil benda uji yang telah mengalami perlakuan dengan menggunakan tang penjepit spesimen dengan terlebih dahulu mematikan saklar dapur pemanas untuk sesaat, jangan lupa untuk memakai alat pelindung diri ketika mengambil benda uji.
6. Celupkan benda uji ke dalam wadah yang berisi air garam.
7. Biarkan benda uji menjadi dingin di dalam wadah yang pendingin tersebut.



Gambar 10. Alat Uji Heattreatment

## DAFTAR PUSTAKA

- Amstead.BH, .dkk. 1993. *TeknologiMekanik Edisi Kelima*. Jakarta :Erlangga.
- Amstead.BH, .dkk. 1997. *Teknologi Mekani kEdisi Ketujuh*.Jakarta :Erlangga.
- Arikunto, heri. 2005. *Prosedur Penelitian*. Jakarta: RinekaCipta.
- ASM Metals Handbook. 2005. Metallography and Microstruc-Tures. *AsmInternasional*.
- ASM HANDBOOK . 1993. “ *Propities And Selection Irons, Steels, And High – Perfomance Alloys*” . ASM Internasional.
- Beumer, BJ.M. *Ilmu Bahan Logam Jilid I*. Jakarta: PT. Bathara Karya Aksara.
- Pratiwi, D. A., Maryati, S., Srikini.,Suharno. 2007. *Biologi untuk Sma Kelas X* .Jakarta: Erlangga.
- Schonmentz, Alios. 1985. *Pengetahuan Bahan dalam Pengerjaa nLogam*. Bandung :Angkasa.
- Schonmentz, dkk. 1986. *Collective Efficiency Growth Path For Small Scate Industry. Jornal of Development Studies*.
- Surdia .T. , Saito. S.,1992.*Pengetahuan Bahan Teknik*. Jakarta : PT. Pradnya Paramita.
- Surdia .T. ,Saito.S., 1992. *Pengetahuan Bahan Teknik* ,Cetakan Keempat. Jakarta : PT. Pradnadya Paramita.
- Sularso.1997. *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*. Jakarta. PT Pradnaya Paramita.
- Sucahyo.,Bagyo. 1993. *Ilmu Logam*. Jakarta: PT Tiga Serangkai Pustaka Mandiri.
- Supardi.Edih. 1999. *Pengujian Logam* .Bandung : Angkasa.
- Van Vlack. Lawrench. 1983. *Ilmu dan Teknologi bahan (Ilmu Logam Dan Bukan Logam )*. Jakarta :Erlangga.
- Van Vlack ,Djaprie., S. (ahlibahasa). 1994. *Ilmu danTeknologi Bahan Edisi Kelima*. Jakarta : Erlangga.