PENGARUH MEDIA PENDINGIN PADA PROSES HARDENING TERHADAP PENINGKATAN KEKERASAN BAJA KARBON SEDANG

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Persyaratan Untuk Menyelesaikan Program Strata Satu Pada Program Studi Pendidikan Teknik Otomotif Jurusan Teknik Otomotif Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang

ALWARITS
NIM. 13831/2009

PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK OTOMOTIF
JURUSAN TEKNIK OTOMOTIF
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI PADANG

2014

PERSETUJUAN SKRIPSI

PENGARUH MEDIA PENDINGIN PADA PROSES HARDENING TERHADAP PENINGKATAN KEKERASAN BAJA KARBON SEDANG

Nama	:	Alwarits
NIM/TM	:	13831/2009
Program Studi	:	PendidikanTeknik Otomotif
Jurusan	:	Teknik Otomotif
Fakultas	:	Teknik

Padang, 21 Agustus 2014

Disetujui Oleh

Pembimbing I	Pembimbing II
Drs. Daswarman, M.Pd	**Drs. M. Nasir, M.Pd**
NIP: 19520504 198403 1 002	NIP. 19590317 198010 1 001

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Otomotif

Drs. Martias, M.Pd
NIP: 19640801 199203 1 003

PENGESAHAN SKRIPSI

Dinyatakan Lulus Ujian Setelah Dipertahankan Didepan Tim Penguji Skripsi

Program Studi Pendidikan Teknik Otomotif Jurusan Teknik Otomotif

Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang

Judul	:	**Pengaruh Media Pendingin pada Proses Hardening Terhadap Peningkatan Kekerasan Baja Karbon Sedang**
Nama	:	Alwarits
NIM/TM	:	13831/2009
Program Studi	:	PendidikanTeknik Otomotif
Jurusan	:	Teknik Otomotif
Fakultas	:	Teknik

Padang, 14 Agustus 2014

Tim Penguji

	Nama	Tanda Tangan
1. Ketua	**: Drs. Daswarman, M.Pd**	1. _____
2. Sekretaris	**: Drs. M. Nasir, M.Pd**	2. _____
3. Anggota	**: Drs. Martias, M.Pd**	3. _____
4. Anggota	**: Drs. Andrizal, M.Pd**	4. _____
5. Anggota	**: Irma Yulia Basri S.Pd, M.Eng**	5. _____

DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK OTOMOTIF
Jl.Prof Dr. Hamka Kampus UNP Air Tawar Padang 25171
Telp.(0751), ..., FT: (0751)7055644,445118 Fax .7055644
E-mail : info@ft.unp.ac.id

Certified Management System
DIN EN ISO 9001:2000
Cert.No. 01.100 086042

SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama	: Alwarits
NIM/TM	: 13831/2009
Program Studi	: Pendidikan teknik Otomotif
Jurusan	: Teknik Otomotif
Fakultas	: FT UNP

Dengan ini menyatakan, bahwa Skripsi saya dengan judul "Pengaruh Media Pendingin pada Proses Hardening Terhadap Peningkatan Kekerasan Baja Karbon Sedang " Padang adalah benar merupakan hasil karya saya dan bukan merupakan plagiat dari karya orang lain. Apabila suatu saat terbukti saya melakukan plagiat maka saya bersedia diproses dan menerima sanksi akademis maupun hukum sesuai dengan hukum dan ketentuan yang berlaku, baik di institusi UNP maupun di masyarakat dan negara.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan rasa tanggung jawab sebagai anggota masyarakat ilmiah.

Saya yang menyatakan,

Alawarits

ABSTRAK

Alwarits (2009): Pengaruh Media Pendingin Pada Proses Hardening Terhadap Peningkatan Kekerasan Baja Karbon Sedang.

Pengaruh perlakuan panas *hardening* adalah merupakan proses pemanasan logam (baja) dengan tujuan membentuk struktur martensit sehingga meningkatnya nilai kekerasan. Baja Karbon sedang memiliki komposisi kimia: 0,30%C–0,60%C dan sifat mekanik material baja karbon sedang ini dipengaruhi oleh struktur mikro dan perlakuan yang diterimanya. Perlakuan yang diberikan pada material baja karbon sedang ini akan menghasilkan nilai kekerasan, keuletan, dan kekuatan yang berbeda. Untuk meningkatkan kualitas baja tersebut maka diberi perlakuan panas yaitu *hardening* dengan temperature 830^{o}C yang selanjutnya didinginkan dengan media pendingin air, oli dan air garam. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh media pendingin terhadap peningkatan kekerasan pada baja karbon sedang S45C.

Metode yang digunakan sebagai pendekatan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen, yang digunakan untuk mencari pengaruh perlakuan tertentu terhadap yang lain dalam kondisi yang terkendalikan. Objek penelitian berupa Spesimen uji yang berjumlah 10 buah dan dikelompokkan menjadi 4 kelompok. Spesimen kelompok I tidak diberikan perlakuan, sementara kelompok II spesimen yang *dihardening* dan didinginkan dengan media air, kelompok III *dihardening* dan didinginkan dengan media oli, sedangkan kelompok IV *dihardening* dan didinginkan dengan media air garam.

Hasil uji kekerasan menunjukan bahwa terjadinya peningkatan kekerasan pada baja karbon sedang S45C yang *dihardening* dan didinginkan dengan media air mengalami peningkatan sekitar 110,10%, didinginkan dengan media oli mengalami peningkatan sekitar 28,18% dan didinginkan dengan media air garam mengalami peningkatan sekitar 128,38%

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT karena telah memberikan Rahmat dan petunjuknya yang begitu besar dan nyata, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul : *"***Pengaruh Media Pendingin Pada Proses Hardening terhadap Peningkatan Kekerasan Baja Karbon Sedang ".**

Penyusunan Skripsi ini bertujuan untuk melengkapi salah satu syarat dalam memperoleh gelar Sarjana Strata Satu (S1) Program Studi Pendidikan Teknik Otomotif di Jurusan Teknik Otomotif Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.

Dalam penulisan Skripsi ini, tidak terlepas bantuan dari berbagai pihak sehingga dengan bantuan tersebut Skripsi ini dapat diselesaikan. Penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih dengan hati yang tulus ikhlas kepada :.

1. Bapak Drs. Daswarman, M.Pd selaku Pembimbing I yang membimbing dan memberikan arahan dalam Proposal penelitian ini.
2. Bapak Drs. M. Nasir, M.Pd selaku Dosen Pembimbing II dan juga Penasehat Akademik yang membimbing dan memberikan masukan dalam Proposal penelitian ini.
3. Bapak Prof. Dr. Ganefri, M.Pd., Ph.D, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
4. Bapak Drs. Martias, M.Pd selaku Ketua Jurusan Teknik Otomotif.

5. Ibuk Irma Yulia Basri, S.Pd, M.Eng selaku Sekretaris Jurusan Teknik Otomotif.
6. Bapak dan Ibuk Dosen Jurusan Teknik Otomotif FT UNP.
7. Orang tua, keluarga dan sanak famili yang sangat penulis sayangi dan banggakan.
8. Sahabat, rekan-rekan dan semua pihak yang banyak membantu.

Semoga Allah SWT membalas jasa Bapak dan Ibuk serta rekan-rekan semua Amiennn.....

Penulis menyadari dalam skripsi ini takkan luput dari kekhilafan dan masih terdapat kekurangan dikarenakan keterbatasan dan kemampuan penulis, untuk itu dengan kerendahan hati, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dan memperbaiki demi kesempurnaan di masa yang akan datang.

Padang, Agustus 2014

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK ..... **i**

KATA PENGANTAR ..... **ii**

DAFTAR ISI ..... **iv**

DAFTAR TABEL ..... **vi**

DAFTAR GAMBAR ..... **vii**

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang 1
B. Identifikasi Masalah 5
C. Batasan Masalah 6
D. Rumusan Masalah 6
E. Tujuan Penelitian 7
F. Manfaat Penelitian 7

BAB II KAJIAN TEORI

A. Deskripsi Teori 8
   1. Media Pendingin 8
   2. Kekerasan Baja 11
   3. Perlakuan Panas (*heat treatment*) 17
   4. Baja Karbon 24
B. Kerangka Konseptual 28
C. Pertanyaan Penelitian 29

BAB III METODE PENELITIAN

A. Desain Penelitian 30
B. Defenisi Operasional 31
C. Variabel Penelitian 32

D. Objek Penelitian 32
E. Jenis dan Sumber Data 33
F. Instrumen Pengumpulan Data 33
G. Jadwal dan Prosedur penelitian 34
H. Diagram Alur Penelitian 35
I. Teknik dan alat pengumpulan data 36
J. Teknik Analisis Data 37

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Data Hasil Penelitian 39
B. Pembahasan 41

BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan 47
B. Saran 48

DAFTAR PUSTAKA 50

LAMPIRAN 52

DAFTAR TABEL

Tabel **Halaman**

1. Produksi Baja dunia 1
2. Spesifikasi baja S45C..... 2
3. Mechanical properties per ISO 898-1 3
4. Laju Pendinginan Beberapa Media Pendingin 8
5. Pola Penelitian..... 31
6. Data Kekerasan *Specimen* tanpa perlakuan..... 37
7. Data Kekerasan *Specimen hardening* dengan media pendingin air..... 37
8. Data Kekerasan *Specimen hardening* dengan media pendingin oli..... 37
9. Data Kekerasan *Specimen hardening* dengan media pendingin air garam. 37
10. Data Hasil Pengujian Kekerasan Baja S45C Sebelum perlakuan. 39
11. Data Hasil Pengujian Kekerasan Baja S45C Setelah *Hardening* dan didinginkan dengan air 39
12. Data Hasil Pengujian Kekerasan Baja S45C Setelah *Hardening* dan didinginkan dengan oli 40
13. Data Hasil Pengujian Kekerasan Baja S45C Setelah *Hardening* dan didinginkan dengan air garam..... 40

DAFTAR GAMBAR

Gambar **Halaman**

1. Beberapa Media Pendingin Yang Digunakan Pada Perlakuan Panas Pada Baja Karbon Dengan Kandungan Karbon 11
2. Hubungan Antara Kadar Karbon Dengan Sifat Mekanis Baja 13
3. Metode Pengukuran Kekerasan *Brinell* 15
4. Metode Pengujian Kekerasan *Vickers* 16
5. Metode Pengujian *Rockwell*..... 17
6. Diagram FeC..... 20
7. Perubahan Struktur Kristal Yang Terjadi Pada Baja
   a. jika baja didinginkan secara normal/perlahan..... 21
   b. jika baja didinginkan dengan cepat..... 21
8. Hubungan Antara Kadar Karbon Dengan Kekerasan Baja 25
9. Struktur Mikro Pada Baja Karbon Rendah, Warna Putih Merupakan Ferit Dan Daerah Yang Berwarna Gelap Merupakan Perlit..... 26
10. Struktur Mikro Baja Karbon Tinggi Yang Terdiri Dari Perlit (Warna Gelap Bergaris) Dan Sementit (Fe_3C) Berwarna Putih Yang Terdapat Di Batas Butir. 28

11. Diagram Alur Penelitian 36
12. Bagan perbandingan rata-rata kekerasan baja karbon sedang S45C sebelum dan sesudah perlakuan..... 41
13. Bagan persentase peningkatan kekerasan *hardening* dengan media pendingin air 42
14. Bagan persentase peningkatan kekerasan *hardening* dengan media pendingin oli. 43
15. Bagan persentase peningkatan kekerasan *hardening* dengan media pendingin air garam 45

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran **Halaman**

1. Surat Bukti Telah Melakukan Penelitian 52
2. Dokumentasi Penelitian 53
3. Data Hasil Pengujian Kekerasan 59
4. Analisa Data Hasil Pengujian 61
5. Tabel konversi hasil kekerasan 64

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang.

Revolusi industri telah melahirkan berbagai teknologi pengetahuan bahan, contohnya logam. Seiring dengan hal tersebut banyak pelaku usaha mulai melakukan pengolahan terhadap logam dan menggunakan logam sebagai bahan baku produksinya. Perkembangan industri juga melahirkan berbagai jenis logam, dan hingga saat ini terdapat berbagai jenis logam dipasaran yang dapat digunakan sebagai bahan baku industri, salah satunya adalah baja. Seiring dengan meningkatnya penggunaan baja, maka produksi bajapun meningkat setiap tahunnya.

Tabel 1: Produksi Baja Dunia

Years	World steel production (million tones)
2005	1,148
2006	1,250
2007	1,348
2008	1,343
2009	1,238
2010	1,433
2011	1,537
2012	1,559
2013	1,606

Sumber : World Steel Association 2014

Baja karbon merupakan salah satu dari jenis baja. Baja karbon adalah campuran antara besi (Fe) dengan karbon (C) dimana kandungan karbon tidak melebihi 2%. Berdasarkan pada persentase karbonnya, baja karbon dibagi

menjadi baja karbon rendah (kadar karbon tidak lebih dari 0.30%), baja karbon sedang (kadar karbon berkisar antara 0.30-0.60% C) dan baja karbon tinggi (kadar karbon diatas 0.60% C).

Baja karbon bisa digunakan untuk berbagai hal contohnya untuk membuat peralatan sederhana seperti pisau hingga untuk membuat berbagai macam komponen mesin kendaraan. Pada industri mesin dan otomotif, baja karbon digunakan untuk membuat bodi kendaraan, baut, poros, batang torak, roda gigi, pegas, dll. Daswarman (2012: 47) mengemukakan "Baja karbon yang mengandung 0,40 % karbon dapat digunakan untuk keperluan industri kendaraan misalnya untuk membuat baut-baut, mur, poros engkol, dan batang torak". Salah satu dari jenis baja karbon sedang adalah baja S45C. spesifikasi dari Baja karbon S45C dapat dilihat pada tabel dibawah:

Tabel 2: Spesifikasi baja S45C

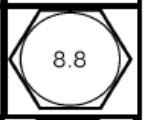
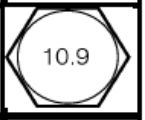
Chemical Composition (%)		**Mechanical Properties**	
Carbon (C)	0.42% – 0.48%	Density (kg/m3):	7700-8030
Silicon (Si)	0.15% – 0.35%	Young's Modulus (GPa)	190-210
Manganese (Mn)	0.6% – 0.9%	Tensile Strength (Mpa)	569 (Standard) 686 (Quenching, Tempering)
Phosphorus (P)	0.030% Max	Yield Strength (Mpa)	343 (Standard) 490 (Quenching, Tempering)
Sulphur (S)	0.035% Max	Brinell Hardness (HB)	160-220 (annealed)

Sumber: metal.beyond-steel.com

Komponen suatu mesin kendaraan memiliki sifat dan kemampuan yang berbeda-beda. Sifat mekanis yang berbeda-beda ini memang dibutuhkan, hal ini

dikarenakan setiap komponen mesin kendaraan bekerja dengan beban berbeda. Komponen mesin dari suatu kendaraan membutuhkan kekuatan, kekerasan, keuletan dan sifat mekanis lain yang berbeda-beda sesuai dengan fungsi komponen tersebut. Selain itu, spesifikasi atau nilai dari masing-masing sifat mekanis harus sesuai dengan standar yang telah ditetapkan. Untuk poros, menurut Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) *Rules For Machinery Installations, part 4 (2014, 1/12),"* *In general, the tensile strength of steels used for shafting (shafts, flange couplings, bolts/fitted bolts) shall be between 400 N/mm² and 800 N/mm² "*. Lebih lanjut Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) *Rules For Machinery Installations, part 4 (2014, 1/12)* menjelaskan "*760 N/mm2 for shafts made of carbon or carbon manganese steel except propeller shafts*". Untuk pembuatan baut, standar nilai kekerasan dan kekuatannya dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 3: Mechanical properties per ISO 898-1

Metric Property Class	Material	Size Range	Min. Proof Strength MPa	Min. Tensile Strength MPa	Core Hardness Rockwell		Min. Yield Strength MPa	Grade Identification Marking
					Min.	Max.		
4.6	Low or medium carbon steel	M5 - M39	225	400 (58,000 PSI)	B67	B99.5	240	
8.8	Medium carbon steel: quenched & tempered	M5 - M16 M18 - M39	580 600	800 (116,000 PSI) 830 (120,000 PSI)	C22 C23	C32 C34	640 660	
10.9	Alloy steel: quenched & tempered	M5 - M39	830	1040 (150,800 PSI)	C32	C39	940	
12.9	Alloy steel: quenched & tempered	M1.6 - M39	970	1220 (177,000 PSI)	C39	C44	1100	

Sumber: Fastenal.com

Salah satu sifat mekanis yang dibutuhkan dalam pembuatan komponen otomotif adalah kekerasan. Menurut Schonmetz (1994: 195) “kekerasan adalah penolakan suatu bahan melawan suatu desakan benda lainnya”. Kekerasan suatu bahan ini mempengaruhi ketahanan terhadap gores, aus dan kemampuan untuk memotong logam lainnya. Nilai kekerasan suatu baja antara lain dipengaruhi oleh kadar karbon dalam baja, bahan tambahan, perlakuan panas, struktur baja, dll. Karbon merupakan unsur utama yang mempengaruhi kekerasan pada baja. Selain itu unsur paduan seperti *Mangan, wolfram, vanadium* dll juga mempengaruhi kekerasan baja.

Berdasarkan tabel spesifikasi baja diatas, maka dapat dilihat bahwa nilai kekerasan dan kekuatan baja S45C belum mencukupi untuk aplikasi seperti baut dan poros. Maka untuk meningkatkan sifat mekanisnya, salah satu cara yang dapat dilakukan yaitu dengan memberikan perlakuan panas pada baja tersebut. Menurut Hari Amanto dan Daryanto (2003: 63) “Perlakuan panas (*heat treatment*) adalah proses memanaskan bahan sampai suhu tertentu dan kemudian didinginkan dengan metode tertentu”. Perlakuan panas memegang peranan penting dalam upaya meningkatkan kualitas bahan logam sesuai kebutuhan.

Dengan memberikan perlakuan panas, sifat-sifat mekanis logam dapat dirubah sesuai kebutuhan. Proses ini meliputi pemanasan baja pada suhu tertentu, dipertahankan pada waktu tertentu dan didinginkan pada media tertentu pula. Perlakuan panas mempunyai tujuan untuk meningkatkan keuletan, menghilangkan tegangan internal, menghaluskan butir kristal, meningkatkan

kekerasan, meningkatkan tegangan tarik logam, merubah struktur dalamnya dan sebagainya, Tujuan ini akan tercapai seperti apa yang diinginkan jika memperhatikan faktor yang mempengaruhinya, seperti temperatur pemanasan, waktu pemanasan dan media pendingin yang digunakan. Ada berbagai macam perlakuan panas, antara lain *annealing*, *hardening*, *tempering*, *normalizing* dan sebagainya tergantung dari sifat mekanis yang diinginkan dari.

Beumer (1994 : 92) berpendapat, "*Hardening* dapat diartikan sebagai pemanasan bahan pada temperatur 800^{o}C sampai 900^{o}C dan didinginkan dengan cepat". *Hardening* bertujuan untuk meningkatkan kekerasan logam dengan menghasilkan struktur *martensit* pada logam tersebut. Struktur ini sangat keras dan terbentuk akibat pendinginan yang cepat, semakin banyak struktur ini terbentuk pada baja maka semakin keras pula baja tersebut. Menurut Sriwardani (2009: 62) "ada 6 faktor yang berpengaruh pada kekerasan dalam proses *hardening* yaitu

1) kadar karbon dalam baja
2) temperature pemanasan (*temperatur austenitising)*
3) *holding* time atau waktu penahanan
4) laju pendinginan yang dilakukan (*cooling rate)*
5) ketebalan benda kerja
6) kondisi permukaan (*Surface condition*)"

Laju/Kecepatan pendinginan mempengaruhi kekerasan baja pada proses hardening. Laju pendinginan pada proses *hardening* dihasilkan oleh media pendingin, sehingga media pendingin memiliki peran yang penting. Kemampuan setiap jenis media pendingin (*cooling rate*) berbeda tergantung dari sifat media

itu sendiri. Semakin tinggi laju pendinginan suatu media pendingin, maka semakin cepat baja didinginkan yang berarti semakin banyak struktur martensit terbentuk. Media pendingin yang sering digunakan antara lain air, air yang dibubuhkan bahan tambahan (seperti garam, tawas, soda dll), dan minyak/oli. Namun, peningkatan kekerasan yang dihasilkan oleh tiap-tiap media pendingin tersebut belum diketahui untuk jenis baja tertentu. Untuk itu maka dilakukan penelitian mengenai pengaruh media pendingin pada proses hardening terhadap peningkatan kekerasan baja karbon sedang.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang permasalahan diatas maka didapatkan identifikasi masalah :

1. Nilai sifat mekanis baja karbon S45C belum mencukupi standar aplikasi seperti baut dan poros.
2. Peningkatan kekerasan yang dihasilkan oleh tiap-tiap media pendingin terhadap baja belum diketahui.

C. Batasan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah diatas dan keterbatasan yang peneliti miliki, maka untuk lebih terarahnya penelitian ini, maka permasalahan di batasi pada:

"Pengaruh media pendingin pada proses *hardening* terhadap peningkatan kekerasan baja karbon sedang S45C".

D. Rumusan Masalah

Adapun rumusan permasalahan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Seberapa besar pengaruh media pendingin pada proses *Hardening* terhadap peningkatan kekerasan baja karbon sedang S45C?
2. Media pendingin manakah yang menghasilkan kekerasan dengan nilai tertinggi pada proses *Hardening* baja karbon?

E. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui seberapa besar pengaruh media pendingin pada proses *Hardening* terhadap peningkatan kekerasan baja karbon sedang S45C.
2. Mengetahui media pendingin manakah yang menghasilkan tingkat kekerasan tertinggi baja karbon setelah proses *Hardening*.

F. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan informasi yang dapat digunakan untuk menambah pengetahuan tentang pengolahan logam.
2. Sebagai masukan yang dapat digunakan untuk penelitian lebih lanjut.
3. Sebagai syarat untuk menyelesaikan studi S1 dijurusan Pendidikan Teknik Otomotif Universitas Negeri Padang.

BAB II

KAJIAN TEORI

A. Deskripsi Teori

1. Media Pendingin

Media pendingin adalah media yang digunakan untuk menurunkan temperatur logam setelah mengalami perlakuan panas. Dalam hal ini media pendingin berfungi untuk merubah struktur baja. Kemampuan suatu jenis media dalam mendinginkan spesimen dipengaruhi oleh laju pendinginan media tersebut. Laju pendinginan dari tiap-tiap media pendingin bisa berbeda-beda, perbedaan ini antara lain disebabkan oleh *Viskositas* (kekentalan), *Densitas* (massa jenis) dan temperatur.

Tabel 4: Laju Pendinginan Beberapa Media Pendingin.

Coefficient of severity of quench : H			
Agitation	Cooling medium		
	Oil	Water	Brine
None	0.25 – 0.30	0.9 – 1.0	2.0
Mild	0.30 – 0.35	1.0 – 1.1	2.0 – 2.2
Moderate	0.35 – 0.40	1.2 – 1.3	
Good	0.4 – 0.5	1.4 – 1.5	
Strong	0.5 – 0.8	1.6 – 2.0	
Violent	0.8 – 1.1	4.0	5.0

Sumber : Sriwardani (2009 : 51)

Beberapa media pendingin yang digunakan dalam pengolahan logam antara lain:

a. Air

Air (H_2O) merupakan media pendingin yang paling mudah didapatkan. Pendinginan dengan menggunakan air akan memberikan daya pendingin yang cepat. Menurut Schonmetz (1994: 48) "air lunak 20^oC atau 50^oC digunakan untuk baja yang tidak dipadu atau paduan rendah. Dampak yang lebih lunak dicapai dengan bubuhan kalsium, sabun, tawas, gliserin, suatu lapisan minyak atau suhu air yang lebih tinggi".

b. Minyak/oli

Minyak memiliki massa jenis yang lebih kecil daripada air namun kekentalan yang lebih besar daripada air. Oleh karena itu, minyak/oli memberikan dampak yang lebih lunak.

c. Udara

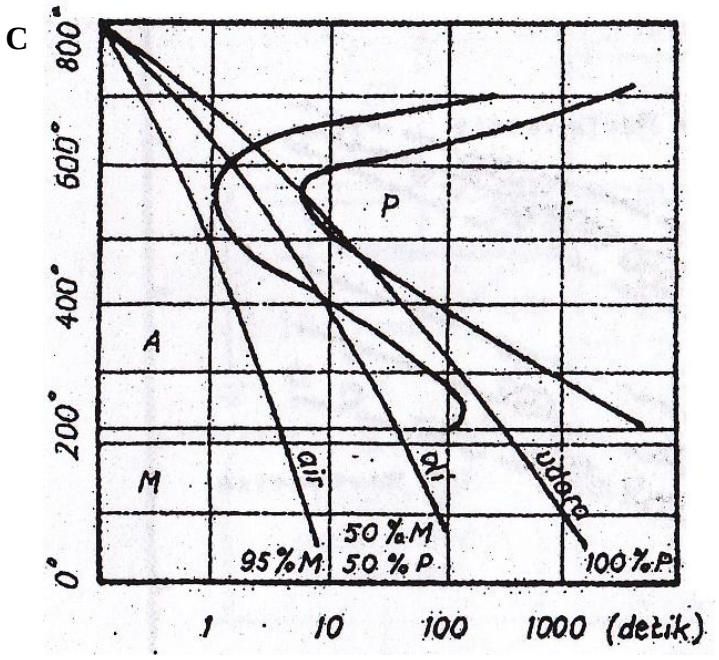
Pendinginan udara dilakukan untuk perlakuan panas yang membutuhkan pendinginan lambat. Pendinginan dengan media udara tidak menghasilkan struktur martensit pada baja. Pada umumnya udara yang disirkulasikan ke dalam ruangan dengan kecepatan tertentu. Udara sebagai pendingin akan memberikan kesempatan kepada logam untuk membentuk kristal-kristal dan kemungkinan mengikat unsur-unsur lain dari udara.

d. Garam

Penambahan garam kedalam media air dilakukan untuk meningkatkan efektifitas pendinginan, hal ini sesuai dengan pendapat Schonmetz (1994: 49) yang menyatakan "dampak yang lebih kuat terjadi dengan bubuhan soda, garam dapur, asam belerang, dan suhu air rendah". Menurut Effendie dalam Taufan (2005: 30) "garam (NaCl) merupakan bahan padat putih, memiliki bentuk kristal kubus yang transparan, tidak dapat terbakar serta mempunyai titik leleh 801^{o}C. Garam merupakan senyawa yang tersusun dari asam kuat HCl dan basa kuat NaOH."

Lebih lanjut Effendie dalam Taufan (2005: 31) mengemukakan :

> "Apabila NaCl dilarutkan dalam air, maka ikatan ion positif dan ion negatif terputus dan ion-ion tersebut berinteraksi dengan molekul air. Sehingga apabila baja (Fe3C) dicelupkan dalam medium pendingin larutan air garam akan terjadi pendinginan yang cepat karena apabila airnya telah menguap akan terjadi selubung uap air tetapi ada bintik bintik ion Na+ (Aq) + Cl- (Aq) pada seluruh permukaan benda kerja, maka selubung uap air tersebut diceraikan oleh bintik-bintik ion Na+ dan ion Cl-. Keadaan yang demikian itu berlangsung terus menerus dan mengakibatkan pendinginan tidak terhambat, sehingga benda kerja akan cepat dingin dan hasil kekerasan akan tinggi".



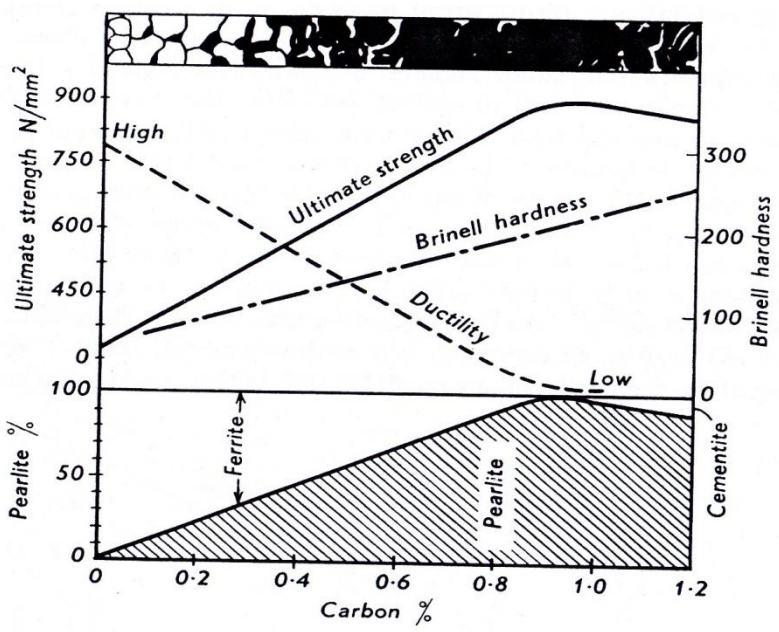
Gambar 1: Beberapa Media Pendingin Yang Digunakan Pada Perlakuan Panas Pada Baja Karbon Dengan Kandungan Karbon 0.7%
Sumber : Sriwardani (2010: 45)

2. Kekerasan baja

Kekerasan merupakan salah satu sifat mekanis suatu material. Chapman (1972: 32) mengemukakan "*the hardness of a metal is a measure of its ability to withstand scratching, wear and abrasion, indentation by harder bodies, marking by a file, etc",* maksudnya kekerasan suatu logam adalah kemampuannya untuk menahan goresan, keausan, abrasi, penekanan oleh bahan lain dll. Menurut Haroen (1984: 46), "Kekerasan adalah tahanan yang dilakukan oleh bahan terhadap desakan kedalam yang tetap, disebabkan oleh sebuah alat pendesak dengan bentuk tertentu dibawah pengaruh gaya tertentu". Selanjutnya Bondan (2010: 34) menambahkan "kekerasan

merupakan ukuran ketahanan material terhadap deformasi plastis terlokalisasi". Dari pendapat para ahli diatas, dapat diambil kesimpulan bahwa kekerasan adalah kemampuan suatu bahan untuk mempertahankan bentuknya akibat desakan dari bahan lain.

Kekerasan suatu bahan logam terutama baja dipengaruhi oleh kadar karbon. Selain itu, unsur paduan atau campuran juga mempengaruhi nilai kekerasan pada baja. Menurut Schonmetz (1977: 26) "Unsur paduan yang meningkatkan kekerasan antara lain *Silisium, Mangan, Krom, Wolfram,* dan *Kobalt".* Selain itu, kekerasan suatu baja juga dapat ditingkatkan dengan memberikan perlakuan panas. Nilai kekerasan suatu baja pada umunya berbanding lurus dengan kekuatan tarik (*tensile strength*). Menurut Bondan (2010: 38) "kekuatan tarik dan kekerasan sama-sama merupakan ketahanan material terhadap deformasi plastis. Keduanya berbanding lurus, tetapi konstanta proporsionalitasnya berbeda untuk jenis material yang berbeda". Selanjutnya Sriwardani (2009: 67) menambahkan "…pada pengujian tarik beban yang bekerja adalah secara aksial yang berlawanan dengan arah tegangan dalam, sehingga dengan naiknya kekerasan akan meningkatkan kekuatan tarik suatu material".



Gambar 2: Hubungan Antara Kadar Karbon Dengan Sifat Mekanis Baja
Sumber: Chapman (1972: 35)

Untuk mengetahui nilai kekerasan suatu material maka diperlukan pengujian terhadap material tersebut. Tata Surdia (2005: 31) berpendapat:

> Pengujian kekerasan adalah satu dari sekian banyak pengujian yang dipakai, karena dapat dilaksanakan pada benda uji yang kecil tanpa kesukaran mengenai spesifikasi. Pengujian yang paling banyak dipakai ialah dengan menekankan penekan tertentu kepada benda uji dengan beban tertentu dan dengan mengukur ukuran bekas penekan yang terbentuk diatasnya, cara ini dinamakan cara kekerasan penekan.

Ada beberapa metode yang bisa digunakan untuk mengukur kekerasan baja, diantaranya adalah metode penekanan atau indentasi. Bondan (2010: 35) mengemukakan "pada metode pengujian tersebut, umumnya diggunakan indentor kecil (berbentuk bola atau pyramid) yang ditekan ke permukaan bahan dengan mengontrol beban dan laju pembebanan". Selanjutnya jejak

yang dihasilkan oleh indentor tersebut diukur untuk mendapatkan nilai kekerasan bahan. Berdasarkan satuannya, metode pengukuran ini terdiri dari 3 macam yaitu *Brinell, Vickers* dan *Rockwell*.

a. Pengujian kekerasan *Brinell*

Menurut Beumer (1994 : 25) "Pada pengukuran kekerasan menurut *Brinell* peluru baja yang disepuh dengan garis tengah D yang ditentukan dengan gaya tertentu F, selama beberapa waktu t ditekan ke dalam bahan". Bondan (2010: 36) menambahkan:

> Pengujian kekerasan *Brinell* adalah dengan memberikan beban konstan, umumnya antara 500 sampai 3.000 kgf. Dengan indentor baja yang dikeraskan berdiameter 5 atau 10 mm, pada permukaan specimen yang rata. Kemudian jejak diukur menggunakan mikroskop.

Data dari hasil pengukuran kemudian dikonversi menggunakan rumus:

$$BHN = \frac{2P}{\pi D(D - (D^2 - d^2))½}$$ (Bondan, 2010: 37)

Dimana:

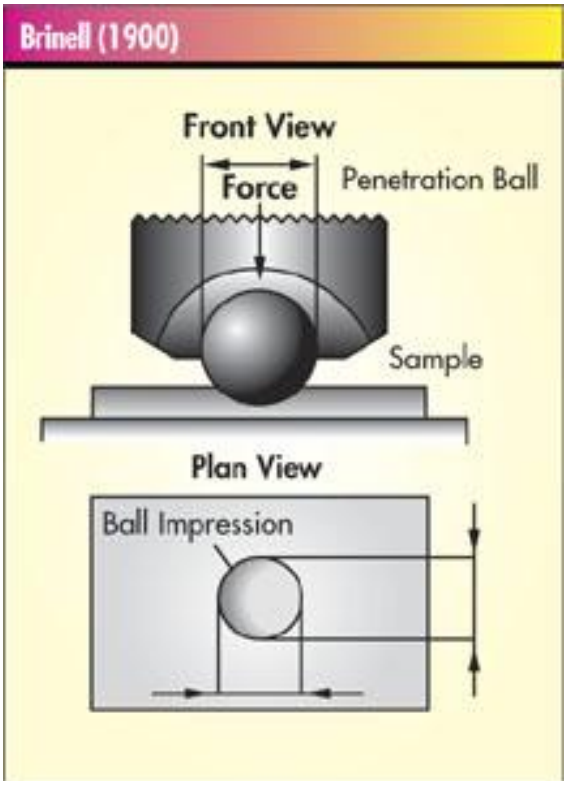
P = Beban yang diberikan (kg)

D = Diameter indentor (mm)

d = Diameter jejak penekanan (mm)

Pengujian kekerasan pada *Brinell* ini biasa disebut *BHN* (*Brinnel Hardness Number*). Lama pengujian itu tergantung pada

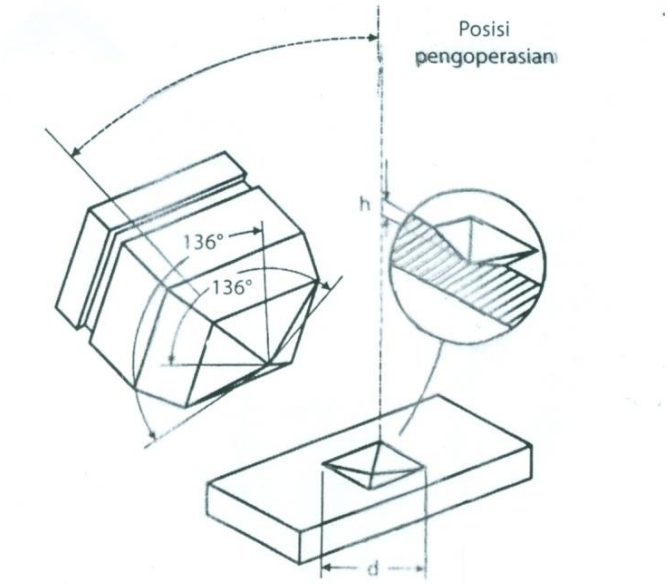
material yang akan diuji. Untuk semua jenis baja lama pengujian adalah 15 detik sedang untuk material bukan baja lama pengujian adalah 30 detik.



Gambar 3: Metode Pengukuran Kekerasan *Brinell*
Sumber : Daswarman (2012: 90)

b. Pengujian kekerasan *Vickers*

Metode pengujian lainnya yaitu pengujian *Vickers*. Perbedaan metode pengujian *Vickers* dengan *Brinell* terletak pada bentuk indentor atau penekan yang digunakan. Bondan (2010: 36) menjelaskan "Metode *Vickers* indentornya adalah piramid intan yang memiliki dasar berbentuk kotak".



Gambar 4: Metode Pengujian Kekerasan *Vickers*.
Sumber : Bondan (2010: 36)

Selanjutnya diagonal jejak bekas penekanan diukur. Nilai kekerasan *Vickers* dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\mathrm{HV} = \frac{[2\mathrm{P}\sin(\frac{136^{\mathrm{o}}}{2})]}{2} \qquad \text{(Bondan, 2010: 37)}$$

$$HV = \frac{1{,}8544P}{d^2}$$

Dimana :

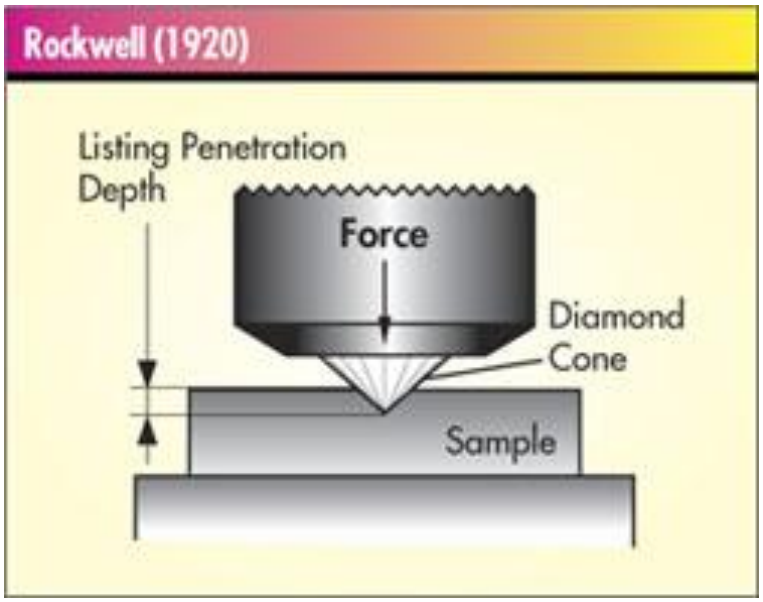
P = beban indentasi (kgf)

D = rata-rata diagonal jejak penekanan (mm)

c. Pengujian kekerasan *Rockwell*

Selanjutnya adalah pengujian kekerasan menurut *Rockwell*. Pada metode ini, Beumer (1994: 27) mengemukakan "pada

pengukuran kekerasan menurut *Rockwell* sebagai benda penekan dipergunakan suatu peluru baja yang disepuh keras atau suatu kerucut intan dengan ukuran yang ditetapkan". Metode ini tidak menggunakan jejak sebagai patokan pengukuran, melainkan selisih kedalaman antara beban awal dan beban utama.



Gambar 5: Metode Pengujian *Rockwell*
Sumber: Daswarman (2012: 90)

3. Perlakuan Panas *(Heat Treatment)*

Perlakuan panas merupakan suatu tindakan yang dilakukan untuk mengubah sifat mekanis pada baja. Menurut Syamsul Arifin (1984: 83),

> Pengerjaan panas adalah dilakukan pada temperatur yang lebih tinggi dari pada temperatur pengkristalan kembali dari benda kerja (logam) yang dikerjakan, sehingga dapat menghasilkan bentuk yang berukuran besar tanpa menyebabkan pengurangan tegangan logam, dapat dilakukan dengan tempa.

Sriwardani berpendapat (2009: 28), “Perlakuan panas adalah suatu proses pemanasan sampai suhu tertentu dan selama waktu tertentu kemudian diikuti dengan pendinginan menurut laju pendinginan tertentu untuk mengubah sifat-sifat fisik dan mekanik logam tanpa mengubah ukurannya”. Dari pendapat para ahli di atas, dapat disimpulkan bahwa perlakuan panas adalah kombinasi antara proses pemanasan dan pendinginan dalam waktu tertentu, dengan tujuan untuk merubah sifat mekanik bahan tersebut.

Chapman (1972: 43) Mengemukakan “*metal is heat-treted to give it certain desired properties*” maksudnya logam diberikan perlakuan panas untuk mendapatkan sifat yang diinginkan. Selanjutnya Sriwardani (2009: 29) menambahkan tujuan dilakukannya proses perlakuan panas tersebut antara lain:

a. Meningkatkan kekerasannya dan kekuatan.
b. Mengubah kemampuan untuk dimanufaktur.
c. Meningkatkan kemampuan untuk dimesin.
d. Meningkatkan kemampuan untuk dibentuk.
e. Meningkatkan kinerja produk.
f. Melunakkan.
g. Mengembalikan elastisitas setelah pengerjaan dingin.
h. Menormalkan keadaan dari pengaruh-pengaruh pengerjaan dan perlakuan panas sebelumnya.
i. Menghilangkan tegangan sisa.
j. Menghaluskan butir-butir Kristal.
k. Mengubah sifat elektromagnetis.
l. Meningkatkan karakteristik lain yang diinginkan.

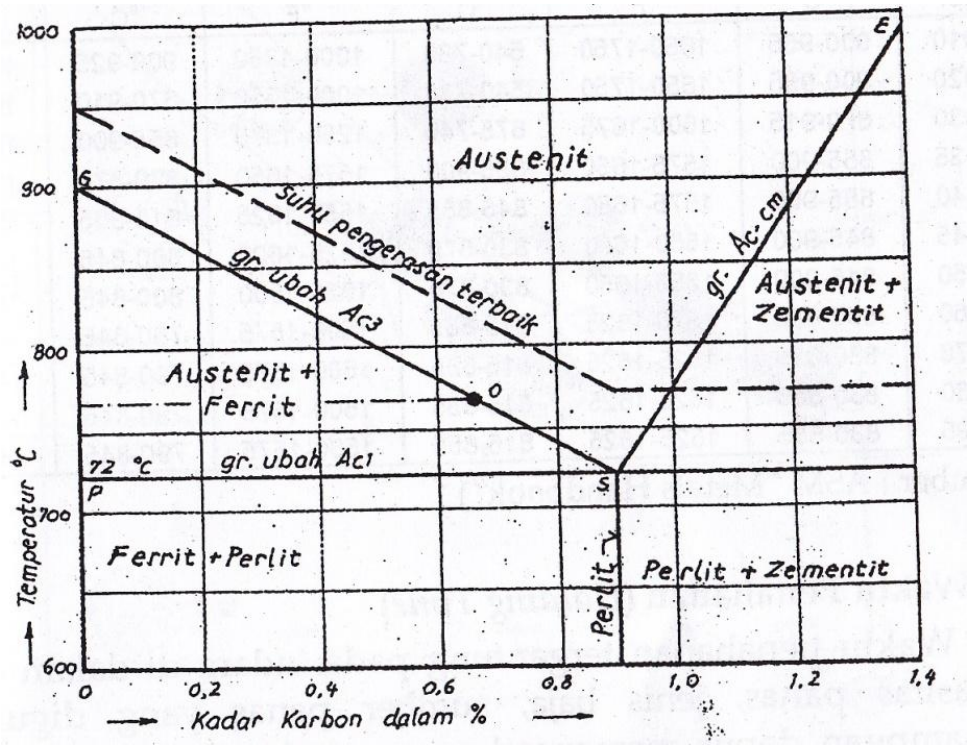
Proses perlakuan panas sederhana yang biasa dikenal selalu di awali dengan pemanasan (*Heating*) kemudian diikuti dengan pendinginan cepat (*Quenching*).

Beberapa proses perlakuan panas antara lain, yaitu:

a. *Hardening* (Pengerasan)

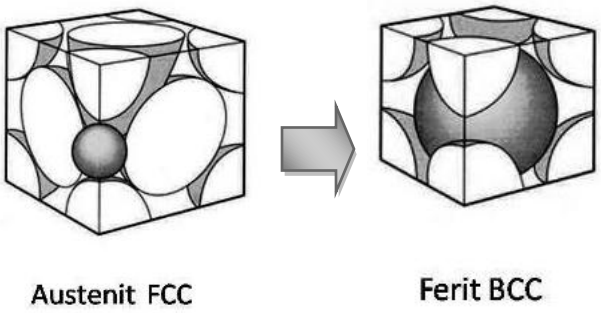
Menurut Schonmetz (1994: 45), "Pengerasan ialah perlakuan panas terhadap baja dengan sasaran meningkatkan kekerasan alami baja." *Hardening* atau pengerasan merupakan salah satu proses perlakuan panas yang sangat penting dalam produksi komponen-komponen mesin. Untuk mendapatkan struktur baja yang halus, keuletan, kekerasan yang diinginkan, dapat diperoleh melalui proses ini. *Hardening* adalah proses pemanasan baja sampai suhu di daerah atau di atas daerah kritis disusul dengan pendinginan yang cepat. Menurut Sriwardani (2009: 62) "ada 6 faktor yang berpengaruh pada kekerasan dalam proses *hardening* yaitu

7) kadar karbon dalam baja
8) temperature pemanasan (*temperatur austenitising)*
9) *holding* time atau waktu penahanan
10) laju pendinginan yang dilakukan (*cooling rate)*
11) ketebalan benda kerja
12) kondisi permukaan (*Surface condition*)"

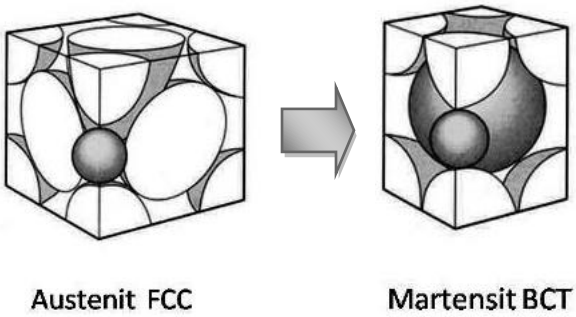


Gambar 6 : Diagram FeC
Sumber : Sriwardani (2009: 31)

Tujuan *hardening* untuk merubah struktur baja sedemikian rupa sehingga diperoleh struktur *martensit* yang bersifat sangat keras. Prosesnya adalah baja dipanaskan sampai suhu tertentu antara 700-900º C (tergantung dari kadar karbon) kemudian ditahan pada suhu tersebut. pada temperatur ini struktur baja berubah menjadi *austenit* atau disebut juga fasa *austenit*. Pada fasa ini atom karbon akan larut dan mengisi ruang pada kisi kristal *austenit*.



(a)



(b)

Gambar 7 : Perubahan Struktur Kristal Yang Terjadi Pada Baja
(a) jika baja didinginkan secara normal/perlahan
(b) jika baja didinginkan dengan cepat
sumber : ardra.biz

Selanjutnya baja yang telah dipanaskan didinginkan dengan memasukkannya ke dalam media pendingin. Jika struktur *austenit*e didinginkan secara normal/perlahan, atom karbon yang larut memiliki cukup waktu untuk berdisfusi keluar dari kisi kristal dan strukturnya kembali berubah menjadi *perlit* atau *ferit*. Tetapi dengan pendinginan yang cepat, atom karbon yang mengisi ruang kristal *austenit* tidak sempat berdisfusi keluar dan terperangkap. Hal ini menyebabkan *austenit* berubah menjadi *martensit*. Seperti yang dikemukakan oleh Chapman (1972: 45)

"*If we can by some means lower the temperature of the transformation of austenite so that instead of taking place at 700^{o} it takes place at about 300^{o,} it will not decompose into pearlite, but will be transformed into a constituent called mastensite*". Maksudnya, jika temperatur transformasi struktur *austenit* dibuat lebih rendah dari 700^{o}C menjadi 300^{o}C maka struktur *austenit*e tidak akan berubah menjadi *perlit*, tapi akan berubah menjadi sebuah unsur yang disebut *martensit*. *Martensi*t merupakan unsur yang sangat keras dan hasilnya kekerasan dari baja tersebut meningkat.

b. Annealing (Pelunakan)

Selain untuk tujuan pengerasan perlakuan panas dapat dilakukan untuk tujuan pelunakan. Hal ini diperlukan untuk perlakuan baja-baja yang keras, sehingga dapat dikerjakan dengan mesin (meningkatkan sifat mampu mesin dari logam tersebut). Menurut Sriwardani (2009: 56) "*Annealing* adalah proses perlakuan panas yang bertujuan untuk melunakkan dan meningkatkan kembali keuletan benda kerja sehingga dapat diproses dan mengalami deformasi lebih lanjut sehingga memudahkan dalam pemesinan dan dapat dikeraskan kembali."

Disamping itu juga pelunakan di lakukan untuk tujuan meningkatkan keuletan dan mengurangi tegangan dalam yang menyebabkan material berperilaku getas. Tahapan dari proses *annealing* ini dimulai dengan memanaskan logam (paduan) sampai temperature tertentu, menahan pada temperatur tertentu tadi selama beberapa waktu

tertentu agar tercapai perubahan yang diinginkan lalu mendinginkan logam atau paduan tadi dengan laju pendinginan yang cukup lambat.

c. Normalizing (Penormalan)

Setelah mengalami pengerjaan tempa atau pengerjaan rol, baja akan memiliki struktur butiran lebih kasar karena proses pemanasan yang terjadi berlebihan. Untuk memperbaiki dan menghaluskan struktur butiran dan membentuk struktur mikro agar terbentuk butir halus dan seragam, sehingga pengaruh dari pengerjaan dingin atau panas dapat dihilangkan, maka dilakukan *normalizing*. Sriwardani berpendapat (2009: 58) "*Normalizing* bertujuan untuk mendapatkan bentuk struktur yang seragam sehingga dapat memperbaiki keuletan baja."

Pengerjaan ini dilakukan dengan memanaskan baja hingga menjadi fasa *austenit* penuh dan didinginkan di udara, hingga mencapai suhu kamar. Fasa yang dihasilkan berstruktur *ferrite* dan *pearlite* tergantung komposisi unsur karbon. *Normalizing* pada umumnya menghasilkan struktur yang halus, sehinga baja dengan komposisi kimia yang sama akan memiliki kekerasan yang baik.

d. Tempering

Perlakuan untuk menghilangkan tegangan dalam dan menguatkan baja dari kerapuhan disebut dengan tempering. Pada saat tempering dapat terjadi proses difusi yaitu karbon dapat melepaskan diri dari martensit

berarti keuletan (*ductility*) dari baja naik, akan tetapi kekuatan tarik menurun.

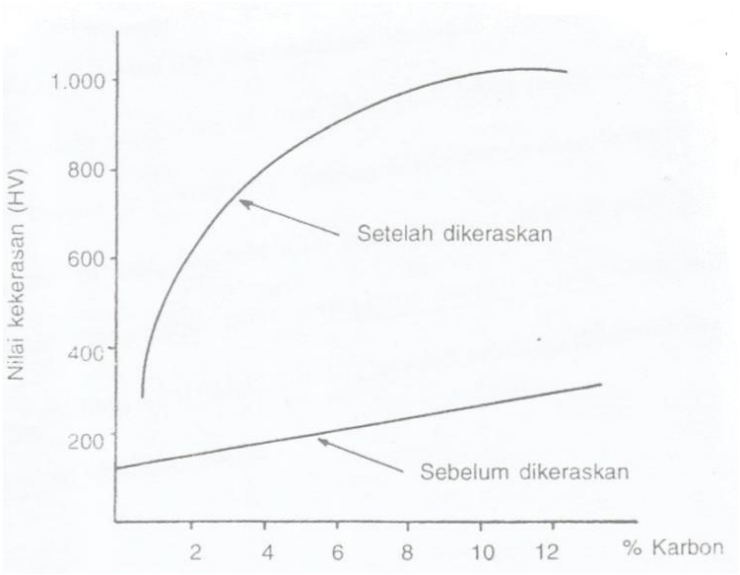
Menurut Amanto dan Daryanto (2003: 80). "Tempering didefinisikan sebagai memanaskan baja kembali pada suhu tempering, setelah dilakukan pengerasan (*Hardening*) untuk memperbaiki kekuatan dan kekenyalannya, yang dilanjutkan dengan proses pendinginan". Jadi secara sederhana dapat dikatakan bahwa tempering adalah pemanasan kembali pada baja, yang bertujuan untuk menurunkan kekerasan, pendinginan dilakukan di udara.

Baja yang telah dikeraskan bersifat rapuh dan tidak cocok untuk digunakan, melalui proses *tempering* kerapuhan dapat diturunkan sampai memenuhi persyaratan penggunaan. Kekuatan tarik akan turun sedang keuletan dan ketangguhan baja akan meningkat. Meskipun proses ini menghasilkan baja yang lebih lunak, proses ini berbeda dengan proses *annealing*, karena di sini sifat-sifat fisis dapat dikendalikan dengan cermat. Dalam proses ini akan mengurangi daya rengang dan kekerasannya sehingga baja lebih sesuai untuk kebutuhan peralatan.

4. Baja karbon

Menurut Haroen (1984: 4), "Baja Pada dasarnya adalah paduan besi-karbon dan unsur-unsur lainnya, yang mana kadar karbonnya tidak melebihi 2,0 %, sedangkan paduan besi-karbon di atas 2,0% merupakan besi tuang (*cast iron*)". Selanjutnya Daswarman berpendapat (2012: 43) "Baja karbon

adalah paduan besi karbon, dimana kandungan karbon sangat menentukan sifat-sifatnya, sedangkan unsur-unsur paduan lainnya yang biasa terkandung didalamnya terjadi karena proses pembuatannya".



Gambar 8 : Hubungan Antara Kadar Karbon Dengan Kekerasan Baja
Sumber : Hari Amanto dan Daryanto (2003: 78)

Biasanya baja akan dikelompokkan menurut kadar karbon dan struktur mikro yang dikandungnya. Pengelompokan baja menurut kadar karbonnya:

a. Baja Karbon Rendah *(Low carbon steel)*

Baja karbon rendah disebut juga baja lunak atau *Mild steel*. Menurut Bondan (2010: 53)

> Dibandingkan dengan jenis baja lainnya, baja karbon rendah merupakan jenis baja yang diproduksi dalam jumlah terbesar. Kadar karbon dari baja ini kurang dari 0,25%, serta struktur mikronya terdiri atas ferit dan perlit sehingga bersifat lunak tetapi memiliki keuletan dan ketangguhan yang sangat baik.

Gambar 9 : Struktur Mikro Pada Baja Karbon Rendah, Warna Putih Merupakan Ferit Dan Daerah Yang Berwarna Gelap Merupakan Perlit
Sumber: Bondan (2010:53)

Dikarenakan kadar karbonnya yang rendah, baja karbon ini kurang responsif terhadap perlakuan panas, maka dari itu untuk meningkatkan kekuatan dari baja karbon rendah dapat dilakukan dengan proses roll dingin maupun *karburisasi*. Untuk aplikasi dari baja jenis ini, menurut Daswarman (2012: 46) "Berdasarkan jumlah carbon yang terkandung dalam baja maka baja carbon dapat dipergunakan sebagai berikut :

1) Baja carbon rendah yang mengandung 0,04 % s/d 0,10 % C, dapat dibentuk baja plat atau baja strip dan bersifat kenyal.
2) Baja carbon rendah yang mengandung 0,15% s/d 0,2% C dapat digunakan untuk konstruksi jembatan, bangunan dan pekerjaan- pekerjaan lainnya.
3) Baja carbon rendah yang mengandung 0,20% s/d 0,30% C, digunakan untuk membuat baut-baut dan mur-mur, paku-paku keling atau untuk keperluan pekerjaan mesin, baja karbon ini mempunyai sifat-sifat yang mudah dikerjakan dengan mesin dan ditempa."

b. Baja Karbon Sedang *(Medium carbon steel)*

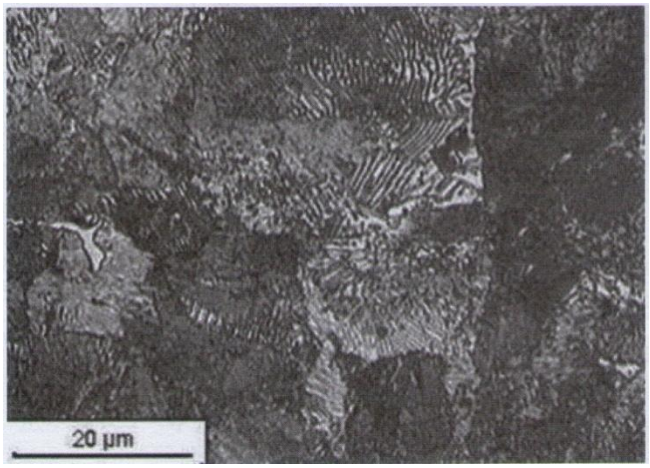
Menurut Bondan (2010: 54) baja karbon sedang mengandung karbon sebesar 0,25 s/d 0,60%. Baja ini lebih kuat daripada baja karbon rendah, tetapi memiliki keuletan dan ketangguhan yang lebih rendah, serta dapat diberikan perlakuan panas untuk meningkatkan kekuatannya.

Untuk meningkatkan sifat-sifat mekaniknya, baja ini dapat diberikan perlakuan panas seperti, *quenching, tempering, annealing*. Tujuan penggunaan baja karbon sedang ini menurut Daswarman (2012: 47) sebagai berikut :

1) Baja karbon yang mengandung 0,40 % karbon dapat digunakan untuk keperluan industri kendaraan misalnya untuk membuat baut-baut, mur, poros engkol, dan batang torak.
2) Baja karbon yang mengandung 0,50 % karbon dapat digunakan untuk membuat roda gigi, palu, dan alat-alat penjepit.
3) Baja karbon yang mengandung 0,55 % - 0,60 % karbon dipergunakan untuk membuat pegas-pegas.

c. Baja Karbon Tinggi *(High Carbon Steel)*

Menurut Bondan (2010: 55) baja karbon tinggi mengandung karbon sebesar 0,60 s/d 1,40%, dan merupakan baja karbon yang paling kuat dan paling keras tapi tidak ulet. Struktur mikro baja ini terdiri atas perlit dan sementit yang sangat keras dan terdapat di batas butir". Pada umumnya baja karbon ini banyak dipergunakan untuk pekerjaan-pekerjaan yang mengalami panas.



Gambar 10 : Struktur Mikro Baja Karbon Tinggi Yang Terdiri Dari Perlit (Warna Gelap Bergaris) Dan Sementit (Fe_3C) Berwarna Putih Yang Terdapat Di Batas Butir.
Sumber: Bondan (2010: 55)

Menurut Daswarman (2012: 47) baja karbon ini dapat digunakan untuk:

1) Baja karbon yang mengandung kira-kira 0,95 % karbon dapat digunakan untuk keperluan pembuatan pegas-pegas, alat-alat perkakas, palu gergaji dan pahat potong.
2) Baja karbon mengandung 1 % - 1,5 % karbon dapat dipergunakan untuk pembuatan kikir, daun gergaji peluru, peluru, dan bantalan.

B. Kerangka Konseptual

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh media pendingin terhadap peningkatan kekerasan baja karbon setelah dilakukan proses *hardening*. Pada penelitian ini baja karbon sedang S45C diukur terlebih dahulu untuk mengetahui nilai kekerasan awalnya. Selanjutnya baja dibagi menjadi beberapa *specimen* dan diberikan perlakuan panas *Hardening* dengan temperatur 830^{o}C. Kemudian baja dikeluarkan dan

didinginkan dengan media pendingin air, air garam dan oli. Setelah baja didinginkan, baja dibersihkan dan diukur nilai kekerasannya. Nilai kekerasan dair baja setelah diberi perlakuan dan sebelum diberi perlakuan dibandingkan untuk mengetahui seberapa besar peningkatan kekerasannya.

C. Pertanyaan Penelitian

Berdasarkan tujuan yang ingin dicapai dan beberapa asumsi penelitian yang telah dikemukakan, maka peneliti mengajukan pertanyaan peneliti sebagai berikut:

1. Berapa persen besar pengaruh media pendingin terhadap peningkatan kekerasan pada baja karbon setelah dilakukan proses *hardening?*
2. Media pendingin manakah yang memberikan pengaruh peningkatan terbesar terhadap baja karbon setelah dilakukan proses *hardening*?

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

1. Berdasarkan data hasil pengujian kekerasan yang digambarkan dalam bentuk tabel dan grafik di atas, dapat di ketahui adanya peningkatan kekerasan baja karbon sedang yang *dihardening* dan didinginkan dengan media pendingin yang berbeda-beda. Setelah data di analisa yang mana rata-rata kekerasan baja yang *dihardening* dan didinginkan dengan:
    a. Pendinginan air memiliki nilai kekerasan 362.77 *BHN* atau mengalami peningkatan sebesar 110.10% dari sebelum perlakuan.
    b. Pendinginan oli memiliki nilai kekerasan 221.33 *BHN* atau mengalami peningkatan sebesar 28.18% dari sebelum perlakuan,
    c. Pendinginan air garam memiliki nilai kekerasan 394.33 *BHN* atau mengalami peningkatan sebesar 128.33% dari sebelum perlakuan.
2. Berdasarkan data diatas dapat diambil kesimpulan bahwa media pendinginan oli memberikan peningkatan kekerasan yang paling rendah diantara media yang digunakan yaitu sebesar 28.18% .Media pendingin air memberikan peningkatan yang cukup tinggi yaitu sebesar 110.10% dan peningkatan kekerasan yang paling tinggi dihasilkan oleh media pendinginan air garam yakni sebesar 128.33%.

3. Dari data diatas juga dapat dilihat bahwa untuk pembuatan poros dan baut media pendinginan oli yang meberikan nilai kekerasan sesuai standar. Media pendingin air dan air garam menghasilkan nilai kekerasan yang melebihi batas standar. Oleh karena itu media pendingin air dan air garam dapat digunakan untuk pembuatan komponen lain yang lebih keras seperti roda gigi (gear).

B. Saran.

Berdasarkan hasil-hasil yang diperoleh dari penelitian ini, pada prinsipnya masih terdapat kekurangan. Untuk ini perlu beberapa hal yang akan penulis rekomendasikan akan penelitian yang lebih sempurna dan lebih memuaskan, hal ini adalah:

1. Selain media pendingin, terdapat faktor lain yang mempengaruhi kekerasan pada proses hardening, seperti temperatur dan waktu. Maka, perlu dilakukannya pengujian untuk variasi temperatur maupun waktu pada proses hardening untuk mendapatkan hasil yang optimal.
2. Selain air, air garam dan oli, ada berbagai macam media pendingin pada proses hardening. Untuk itu perlu dilakukan pengujian dengan media pendingin yang lainnya.

3. Untuk mendapatkan data yang lebih valid sebaiknya dilakukan pengujian struktur mikro yang terbentuk setelah proses *hardening* dengan media pendingin yang berbeda-beda.
4. Pendinginan dengan media air dan air garam menghasilkan nilai kekerasan baja yang tinggi sehingga melebihi batas standar untuk pembuatan poros dan baut. Untuk memenuhi standar tersebut maka diperlukan proses lanjutan seperti *tempering* untuk menyesuaikan nilai kekerasannya.
5. Ketelitian dalam proses persiapan *spesimen*, mulai dari permukaan yang datar, halus, dan bersih, penggunaan alat ukur kekerasan dan pembacaannya sangat diutamakan, karena hal ini dapat berpengaruh terhadap data hasil pengujian.

DAFTAR PUSTAKA

Anas Sudijono. (2003). *Pengantar Statistik Pendidikan.* Jakarta: PT Raja Grafindo Persada.

Beumer, B.J.M.,(1994), *Ilmu Bahan Logam, Jilid I*, Jakarta: Bharatara Karya Aksara.

Biro Klasifikasi Indonesia. 2014. *Rules For Machinery Installation 2014 Edition Volume III*. Jakarta: biro kalsifikasi Indonesia (BKI)

Bondan T. Sofyan (2010) *Pengantar Material Teknik*. Jakarta: Salemba Teknika

Chapman, W.A.J. (1972). *an Introductory Course Workshop Technology Part 1* English leangue book society

Daswarman.(2012). *Material Teknik Pemilihan Bahan.* Jurusan Teknik Otomotif Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.

Hari Amanto dan Daryanto. (2003). *Ilmu Bahan*. Jakarta: PT Bumi Aksara.

Haroen. (1984). *Teknologi Untuk Bangunan Mesin Bahan-Bahan 1* (G.L.J Van Vliet.Terjemahan). Jakarta: Erlangga.

Kramer, Hans dan Scharnagl, johann. (1997). *Pengetahuan Bahan Untuk Industri*. Jakarta: Penebar Swadaya.

Proyek Pengembangan Kurikulum. (2003). *Proses Pembuatan Besi Dan Baja.* Depertemen Pendidikan Nasional.

Riduwan. (2012). *Belajar Mudah Penelitian.* Bandung: Alfabeta.

Schonmetz Alois and Gruber Karl. (1977). *Pengetahuan Bahan Dalam Pengerjaan Logam*. Bandung: Angkasa.

Sriwardani Nyenyep, (2009). *Heat Treatment Process (proses perlakuan panas)*. Surakarta: LPP UNS dan UNS Press.

Sugiyono.(2010). *Metode Penelitian Kuantitatif kualitatif dan R & D*. Bandung: Alfabeta.

Suharsimi Arikunto. (2006). *Prosedur Penelitian*. Jakarta: PT Asdi Mahasatya.