

**PENGARUH KONSENTRASI LARUTAN GARAM TERHADAP
KEKERASAN BAJA AISI 4140 SETELAH PERLAKUAN PANAS
HARDENING**

SKRIPSI

*Diajukan Kepada Tim Penguji Skripsi Jurusan Teknik Mesin
Sebagai Salah Satu Persyaratan Guna Memperoleh Gelar Sarjana Pendidikan*



Oleh

ICHSANUL FUADDI

1201988 / 2012

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2017**

PERSETUJUAN SKRIPSI

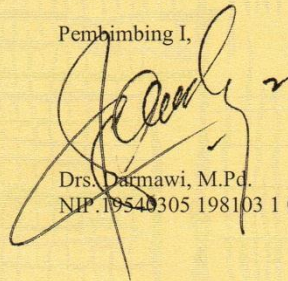
PENGARUH KONSENTRASI LARUTAN GARAM TERHADAP
KEKERASAN BAJA AISI 4140 SETELAH PERLAKUAN
PANAS *HARDENING*

Nama : Ichsanul Fuaddi
NIM : 1201988
Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin
Jurusan : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik

Padang, 31 Juli 2017

Disetujui Oleh

Pembimbing I,


Drs. Darmawi, M.Pd.
NIP.19540305 198103 1 008

Pembimbing II,


Drs. Abd. Aziz, M.Pd.
NIP.19620304 198602 1 001

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Mesin FT-UNP



Dr. Ir. Arwizet K, S.T., M.T.
NIP.19690920 199802 1 001

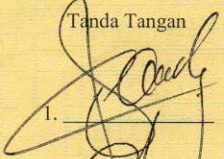
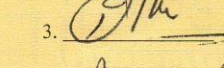
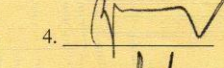
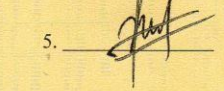
PENGESAHAN SKRIPSI

PENGARUH KONSENTRASI LARUTAN GARAM TERHADAP
KEKERASAN BAJA AISI 4140 SETELAH PERLAKUAN
PANAS *HARDENING*

Nama : Ichsanul Fuaddi
NIM : 1201988
Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin
Jurusan : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik

Padang, 31 Juli 2017

Tim Penguji

	Nama	Tanda Tangan
1. Ketua	: Drs. Darmawi, M.Pd.	1. 
2. Sekretaris	: Drs. Abd. Aziz, M.Pd.	2. 
3. Anggota	: Drs. Irzal, M.Kes.	3. 
4. Anggota	: Ir. Zonny Amanda Putra, S.T., M.T.	4. 
5. Anggota	: Budi Syahril, S.Pd., M.Pd.T.	5. 

HALAMAN PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Bacalah dengan menyebut nama Tuhanmu

Dia mengajarkan manusia apa yang tidak diketahuinya (QS: Al-'Alaq 1-5)

Maka nikmat Tuhanmu yang manakah yang kamu dustakan ? (QS: Ar-Rahman 13)

Niscaya Allah akan mengangkat (derajat) orang-orang yang beriman diantaramu dan orang-orang yang diberi ilmu beberapa derajat

(QS : Al-Mujadilah 11)

Ya Allah,

Waktu yang sudah kujalani dengan jalan hidup yang sudah menjadi takdirku, sedih, bahagia, dan bertemu orang-orang yang memberiku sejuta pengalaman bagiku, yang telah memberi warna-warni kehidupanku. Kubersujud dihadapan Mu,

Engaku berikan aku kesempatan untuk bisa sampai
Di penghujung awal perjuanganku
Segala Puji bagi Mu ya Allah,

Alhamdulillah..Alhamdulillah..Alhamdulillahirobbil'alamin..

Sujud syukurku kusembahkan kepadamu Tuhan yang Maha Agung nan Maha Tinggi nan Maha Adil nan Maha Penyayang, atas takdirmu telah kau jadikan aku manusia yang senantiasa berpikir, berilmu, beriman dan bersabar dalam menjalani kehidupan ini. Semoga keberhasilan ini menjadi satu langkah awal bagiku untuk meraih cita-cita besarku.

Lantunan Al-fatihah beriring Shalawat dalam silahku merintih, menadahkan doa dalam syukur yang tiada terkira, terima kasihku untukmu. Kupersembahkan sebuah karya kecil ini untuk Almarhum Ayahanda ku tercinta dan Ibundaku yang kusayangi, yang tiada pernah hentinya selama ini memberiku semangat, doa, dorongan, nasehat dan kasih sayang serta pengorbanan yang tak tergantikan hingga aku selalu kuat menjalani setiap rintangan yang ada didepanku.,,

Ayah.. (Alm. Firdaus)

Saat ini anak mu telah berhasil menyelesaikan sebuah langkah, menggapai sebuah cita, yg ku harap bisa memelukmu dan mnyampaikan semua kisah keberhasilan ku

Dibalik bahagia, kusembunyikan tangisku bukan karena tak ikhlas melepas kepergianmu tapi penyesalan akan diriku yg tak sempat membahagiakanmu dan membalas jasmu

Takut rasanya saat mengingat masalalu bersamamu
Tangis ini karena kerinduanku padamu

*Rindu akan kasih sayangmu
Rindu akan tutur katamu
Rindu akan tawamu
Rindu akan semua yang ada pada dirimu*

*Terkadang aku leleh ayah
Jika aku,
Harus berpura-pura kuat
Aku butuh ayah
menceritakan semua yang aku rasakan
Tapi apalah dayaku
Semua telah berlalu
Kini hanya bisa kukenang jasa kebaikanmu
Dan menuruti semua nasihatmu*

Ayah..

***"Even Though I'm Away From You,
My Prayer Is Always There For You"***

IBU... (Nurmawati)

Terimalah bukti kecil ini sebagai kado keseriusanku untuk membalas semua pengorbananmu.. dalam hidupmu demi hidupku kalian ikhlas mengorbankan segala perasaan tanpa kenal letih, dalam lapar berjuang separuh nyawa hingga segalanya.. Maafkan anakmu ,, Ibu,, yang menyusahkanmu karnak tingkah laku ku dan meneteskan air matamu karna prbuatanku.

Ibu, do'a kanlah keberhasilan untuk ku anak mu agar kelak aku bisa menjagamu dan membahagiakan mu di usia tuamu, aku selalu bermimpi tentang hari esok dimana aku bisa mengenggam tanganmu dan membuat mu tersenyum bahagia hingga hilang semua penyesalanku yang tak sempat membahagiakan Ayah & Ibu, meski aku tak diberi kesempatan embahagiakan keduanya ipi ku tak ingin terlambat untuk bisa membahagiakanme IBU...

Dalam silah di lima waktu mulai fajar terbit hingga terbenam.. seraya tangaku menadah".. ya Allah ya Rahman ya Rahim... Terimakasih telah kau tempatkan aku pada Ibu yang setiap waktu ikhlas menjagaku,, mendidikku, membimbingku dengan baik,, ya Allah berikanlah balasan setimpal untuknya dan jagalah dia sebagaimana dia menjagaku sewaktu ku kecil..

*Untukmu Ayah (Alm. Firdaus),,Ibu (Nurmawati)..Terimakasih....
I always loving you... ttd.Anakmu/Ichsanul Tuaddi)*

Dalam setiap langkahku aku berusaha mewujudkan harapan-harapan yang kalian impikan didiriku, meski belum semua itu kuraih' insyallah atas dukungan doa dan restu semua mimpi itu kan terjawab di masa penuh kehangatan nanti. Untuk itu kupersembahkan ungkapan terimakasihku kepada:

Saudaraku.....

Kepada kakakku (Suryati) dan Abangku (Mahendra Putra).... Terima kasih buat segala do'a, dukungan, semangat dan nasehatnya .. Segalanya dalam dirimu sudah memberikan rasa damai kepadaku dengan perbuatan maupun perkataan yang memberi rasa percaya diri dan membangun, jangan menyerah untuk tetap berada disampingku...

Perasaan 'Pantias' dapat tumbuh subur pada situasi dimana perbedaan individu dihargai, kesalahan ditolerir, komunikasi terbuka, aturan fleksibel--jenis situasi ini hanya ditemukan pada kalian Saudaraku...aku yg merasa berbeda baik kepribadian, tingkah laku, dan pola pikir tapi kalian tetap mentolerir semua kesalahan dan selalu mendukung ku dengan cara kalian yg selalu ada untuk ku...

Aku punya mimpi dan Ku utarakan sebuah janji dimana kelak ku mencapai keberhasilanku kan balas semua kebaikan kalian terhadap ku wahai saudaraku, saudara yang terbaik untukku...

... i love you all" :* ...

"hidupku terlalu berat untuk mengandalkan diri sendiri tanpa melibatkan bantuan Allah dan orang lain.

"Tak ada tempat terbaik untuk berkeluh kesah selain bersama sahabat-sahabat terbaik".

TEKNIK MESIN "12

Terimakasih kuucapkan Kepada Teman sejawat Saudara seperjuangan MESIN 12'

"Tanpamu teman aku tak pernah berarti, tanpamu teman aku bukan siapa-siapa yang takkan jadi apa-apa", buat saudara sekaligus sahabatku, Abdul Marfuad S.Pd (aab) mantang" lah wisuda caliak gai lah kami yang di padang ko ndak taragk jo kopi racikan awak lai, nofrizal hidayat S.Pd (Nakan), Nakan alhamdulillah oom salasai juo jadinya nakan lah samo panjang namo wak kini lai ... hahhah, mirza ibrahim S.Pd(brey) , brey salek-salek.an juo lah ka wak gaji tu agak sketek brey :D ,nofrizal hendri (karitang) makasi yo boy alah mendukung dan mensupport wak salamo ko, walaupun acok sakit hati wak dek boy tapi wak saba se taruih :D, muhammad riko saputra (cuded) jan sampai lupo jo awak kok lah di ateh nak cuded :D, Ihsan (247) jan dipikia panjang resiko dimuko tu bae seh lah' perang dulu sabalum menyerah, kejar target wisudamu dan tetap fokus jan lalok se yg di Pabanyak sudah tu ingek" an juo wak kok ado yg tatingga yo san ...hahhah, Riva Afriyan(karitang masiak) ndeeh wisuda juo ang kironyo tiang, baa lah hiduik den tanpa mandanga celotehan muluik basuiah ang lai ko tiang a , dan untuk semua warga Teknik Mesin

yang tidak bisa disebutkan satu persatu(kok disabuik.an ciek-ciek taba lo halaman persembahan pado skripsi beko lai) hahaah
Suka cita telah kita lalui bersama mengejar mimpi-mimpi yang pernah kita rangkai. Aku yakin dan sangat yakin kalian semua bisa !! jangan cepat menyerah apapun yang terjadi, tetap melangkah meski itu sulit'. Letakkan bayangan toga didepan alis mata, target itu pasti kalian raih !!,see you next time 2021".

Warga pondok barasok

(Agung DW), jan gunuang juo badaki diak, impian jo harapan yg ka didaki lai (Mnurhadillah), jan bnyak baharok ka urang tapi bausaho surang 'tegaskan prinsipmu dan raih masa depanmu' (Nara andika), jan maele-ele juo kuliah diak, kok iduik tambah payah kok angok lai balabiah bae bana lah...(fitria zulfa), (astri putri utami), (diana dinda pratiwi) makasi untuak dukungan nyo diak, bg do'aan capek wisuda, capek dapek karajo, capek dapek laki kayo...hahahah....

terimakasih atas segala bantuan dan motivasinya, kalian adalah obat pelipur lara hatiku yang selalu menghiburku dalam keadaan terjatuh, spesial doa untuk kalian semua semoga cepat terkejar target kalian untuk cepat wisuda.. Amiin ya robbal'amin...

Kalian semua bukan hanya menjadi teman dan adik yang baik,
Kalian adalah saudara bagiku!!

Untuk ribuan tujuan yang harus dicapai, untuk jutaan impian yang akan dikejar, untuk sebuah pengharapan, agar hidup jauh lebih bermakna, hidup tanpa mimpi ibarat arus sungai. Mengalir tanpa tujuan. Teruslah belajar, berusaha, dan berdoa untuk menggapainya.

Jatuh berdiri lagi. Kalah mencoba lagi. Gagal Bangkit lagi.

Never give up!
Sampai Allah SWT berkata "waktunya pulang"

Hanya sebuah karya kecil dan untaian kata-kata ini yang dapat
kupersembahkan kepada kalian semua,, Terimakasih beribu terimakasih kucapkan..

Atas segala kekhilafan salah dan kekuranganku,
kurendahkan hati serta diri menjabat tangan meminta beribu-ribu kata maaf tercurah.
Skripsi ini kupersembahkan. -by" Ichsanul Fuaddi.

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi ini benar-benar karya saya sendiri. Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali sebagai acuan atau kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang lazim.

Padang, 31 Juli 2017

Yang menyatakan



Ichsanul Fuaddi

Abstrak

Ichsanul Fuaddi : Pengaruh Konsentrasi Larutan Garam terhadap Kekerasan Baja AISI 4140 Setelah Perlakuan Panas *Hardening*.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui apakah ada pengaruh konsentrasi larutan garam sebagai media pendingin terhadap kekerasan baja AISI 4140 setelah perlakuan panas *hardening*. Baja AISI 4140 merupakan baja karbon sedang yang mengandung karbon sebesar 0,38%-0,45% dan dengan kandungan karbonnya memungkinkan baja untuk dikeraskan dengan perlakuan panas *hardening*.

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen, objek penelitian berupa spesimen uji yang berjumlah 18 buah. Spesimen uji dikelompokkan menjadi 6 kelompok dengan setiap kelompok menggunakan 3 buah spesimen, digunakan 3 buah spesimen tidak diberikan perlakuan digunakan sebagai spesimen kontrol, dan spesimen yang lain dilakukan proses *hardening* dengan temperatur pemanasan 850°C kemudian dilakukan *quenching* menggunakan pencampuran garam dapur dan 3 Liter air dengan konsentrasi larutan garam yang berbeda yaitu, 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25%.

Terdapat pengaruh konsentrasi larutan garam sebagai media pendingin terhadap kekerasan baja AISI 4140 setelah mengalami perlakuan panas *hardening* dimana nilai kekerasannya meningkat dari spesimen yang tanpa diberi perlakuan yaitu konsentrasi larutan garam 5% mengalami kenaikan kekerasan sebesar 51,45%, konsentrasi larutan garam 10% mengalami kenaikan kekerasan sebesar 55,98%, konsentrasi larutan garam 15% mengalami kenaikan kekerasan sebesar 59,87%, konsentrasi larutan garam 20% mengalami kenaikan kekerasan sebesar 53,07% dan konsentrasi larutan garam 25% mengalami kenaikan kekerasan sebesar 47,57%, berdasarkan nilai kekerasan dapat dilihat terjadinya kenaikan persentase nilai kekerasan dari konsentrasi 5% sampai 15% dan mengalami penurunan pada konsentrasi 20% dan 25% sesuai dengan pernyataan anrinal yang mengatakan nilai kekerasan menurun ketika kadar larutan dan kekentalan dari media pendingin meningkat.

Kata Kunci : Konsentrasi, media pendingin larutan garam, baja AISI 4140, *Hardening*, dan pengujian kekerasan rockwell C

KATA PENGANTAR



Puji syukur, penulis ucapkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul **“Pengaruh Konsentrasi Larutan Garam terhadap Kekerasan Baja AISI 4140 Setelah Perlakuan Panas *Hardening*”** ini dengan baik. Shalawat beserta salam tidak lupa pula penulis hadiahkan kepada Baginda Rasulullah SAW yang telah membawa umat manusia dari zaman jahiliyah ke zaman yang berilmu pengetahuan seperti saat sekarang ini.

Penyusunan skripsi ini di tulis dalam rangka memenuhi salah satu persyaratan guna memperoleh gelar Sarjana Pendidikan pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.

Dalam penyusunan dan penulisan skripsi ini, penulis banyak mendapatkan bantuan, bimbingan dan perhatian dari berbagai pihak, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Arwizet K, S.T, M.T, selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Padang.
2. Bapak Drs. Darmawi, M.Pd, selaku Dosen Pembimbing I.
3. Bapak Drs. Abd. Aziz, M.Pd, selaku Dosen Pembimbing II.
4. Bapak Drs. Irzal, M.Kes, selaku Dosen Penguji I dan sekaligus Penasehat Akademik.
5. Bapak Ir. Zonny Amanda Putra, ST., MT, selaku Dosen Penguji II

6. Bapak Budi Syahril, S.Pd., M.Pd.T, selaku Dosen penguji III
7. Seluruh dosen, staf dan karyawan Universitas Negeri Padang.
8. Kedua orang tua tercinta yang selalu mendoakan dan memberi semangat, dukungan moril, materil, serta kasih sayang yang tidak ternilai harganya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini dengan baik.
9. Rekan-rekan seperjuangan di Jurusan Teknik Mesin, khususnya angkatan 2012 semoga sukses selalu.
10. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, yang telah memberikan bantuan dalam menyelesaikan Skripsi ini.

Semoga bantuan yang telah diberikan menjadi amal ibadah dan diterima serta dibalas oleh Allah SWT, Amin. Penulis menyadari dalam penulisan skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Untuk itu, kritik dan saran sangat diharapkan untuk perbaikan di masa yang akan datang.

Padang, 31 Juli 2017

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN PERSETUJUAN.....	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
SURAT PERNYATAAN	iii
ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
BAB I. PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah.....	5
C. Batasan Masalah.....	5
D. Rumusan Masalah.....	6
E. Tujuan Penelitian	6
F. Manfaat Penelitian	6
BAB II. KAJIAN PUSTAKA	
A. Baja	7
B. Perlakuan Panas <i>Hardening</i>	12
C. Media Pendingin larutan garam	19
D. Sifat Mekanik Logam.....	22
E. Pengujian Kekerasan Rockwell.....	25
F. Kerangka Konseptual.....	27
G. Penelitian Relevan	29
H. Pertanyaan Penelitian.....	32

BAB III. METODE PENELITIAN

A. Metode Penelitian.....	33
B. Objek Penelitian.....	34
C. Jadwal dan Tempat Penelitian.....	35
D. Jenis dan Sumber Data.....	35
E. Tabulasi Data	36
F. Peralatan Penelitian.....	37
G. Metode Pelaksanaan.....	37
H. Prosedur Penelitian.....	43
I. Teknik Pengumpulan Data	44
J. Teknik Analisa Data	44

BAB IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Objek Penelitian.....	45
B. Data Hasil Penelitian.....	45
C. Pembahasan.....	63

BABV. PENUTUP

A. Kesimpulan	67
B. Saran	68

DAFTAR PUSTAKA	69
----------------------	----

LAMPIRAN	71
----------------	----

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Jumlah Spesimen Uji	34
2. Tabulasi Data Pengujian Kekerasan Rockwell C Baja AISI 4140	36
3. Data Pengujian Kekerasan Rockwell C (<i>Rockwell hardnes tester</i>) Baja AISI 4I40	46

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Struktur dan Sifat-Sifat Baja Karbon Sebelum Pengerasan.....	9
2. Komposisi kimia baja AISI.....	11
3. Diagram Keseimbangan Besi-Karbon	14
4. Hubungan Antara Kandungan Karbon dengan Kekerasan Baja	16
5. Kekerasan Maksimum Sebagai Fungsi dari Kadar Karbon	17
6. Suhu Pengerasan	18
7. Lengkungan Pendinginan dari Larutan Garam	21
8. Macam-Macam Teknik Pengujian Kekerasan	26
9. Alat Uji Kekerasan	27
10. Kerangka Konseptual	28
11. Spesimen Uji Kekerasan (<i>Hardness Test Speciment</i>)	34
12. Pengukuran Bahan	38
13. Pemotongan bahan menggunakan mesin gergaji	38
14. Proses pembuatan spesimen	39
15. Proses <i>hardening</i> menggunakan tungku pemanas	40
16. Media pendingin larutan garam	41
17. Alat uji kekerasan <i>Rockwell C</i>	42
18. Identor kerucut intan pada alat uji <i>Rockwell C</i>	42
19. Prosedur Penelitian	43
20. Spesimen Pengujian	45

21. Diagram kekerasan spesimen tanpa perlakuan	55
22. Diagram kekerasan spesimen dengan konsentrasi larutan garam 5%.....	56
23. Diagram kekerasan spesimen dengan konsentrasi larutan garam 10%....	57
24. Diagram kekerasan spesimen dengan konsentrasi larutan garam 15%....	58
25. Diagram kekerasan spesimen dengan konsentrasi larutan garam 20%....	59
26. Diagram kekerasan spesimen dengan konsentrasi larutan garam 25%....	60
27. Diagram kekerasan rata-rata spesimen masing-masing pengujian	61
28. Diagram Kekerasan Baja AISI 4140 Tanpa Perlakuan, dan setelah perlakuan panas <i>hardening</i> dengan konsentrasi media pendingin berbeda.....	62
29. Grafik Rata-rata Kekerasan Baja AISI 4140 Tanpa Perlakuan, dan setelah perlakuan panas <i>hardening</i> menggunakan media pendingin larutan garam dengan konsentrasi berbeda	65
30. Grafik persentase kenaikan Kekerasan Baja AISI 4140 setelah perlakuan panas <i>hardening</i> menggunakan media pendingin larutan garam dengan konsentrasi berbeda	66

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Konsentrasi Larutan Garam	71
2. Tabulasi Data Hasil Pengujian	72
3. Tabel Konversi Kekerasan Vicker, Brinel, dan Rockwell	73
4. Dokumentasi Penelitian	76
5. Surat Tugas Pembimbing	81
6. Lembar Pengesahan Proposal	82
7. Surat Tugas Seminar	83
8. Surat Izin Pemakaian Labor Permesinan	84
9. Surat Izin Pemakaian Labor Material Teknik dan Metrologi	85
10. Lembar Pengesahan Ujian Skripsi	86
11. Surat Tugas Ujian Skripsi	87
12. Lembar Konsultasi Pembimbing	88

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Seiring perkembangan zaman dan teknologi, banyak kalangan dunia industri yang menggunakan bahan logam sebagai bahan utama operasional atau sebagai bahan baku produksinya. Bahan logam yang sering digunakan diantaranya adalah baja. Baja merupakan paduan besi dan karbon yang dapat berisi konsentrasi dari campuran elemen lainnya. Baja yang diproduksi oleh industri terdiri dari beragam jenis sesuai dengan kebutuhan.

Baja karbon banyak digunakan untuk membuat alat-alat perkakas, alat-alat pertanian dan komponen-komponen otomotif. Aplikasi pemakaiannya logam akan terkena pengaruh gaya luar berupa tegangan gesek sehingga menimbulkan deformasi atau perubahan bentuk. Usaha agar logam lebih tahan gesekan atau tekanan adalah dengan perlakuan panas (Budi Syahri, Zonny Amanda Putra & Nofri Helmi, 2017 : 17). Hal ini memegang peranan penting dalam meningkatkan kekerasan baja sehingga tahan gesekan atau tekanan sesuai dengan kebutuhan. Proses perlakuan panas atau *heat treatment* untuk meningkatkan kekuatan, kualitas, dan ketahanan masa pakai komponen mesin tersebut (Zulfiqal AS, dkk 2017 : 22).

Banyaknya macam tingkatan bahan material yang akan di pasaran mulai dari material yang berkualitas tinggi hingga material berkualitas rendah dengan harga bervariasi, tingginya harga material yang berkualitas tinggi maka diperlukan perlakuan panas pada material berkualitas sedang untuk

mendapatkan kualitas yang baik. Proses ini dengan perlakuan panas meliputi pemanasan baja pada suhu tertentu, dipertahankan pada waktu tertentu dan didinginkan pada media tertentu pula. Salah satu perlakuan panas yaitu perlakuan panas *hardening* yang berguna untuk mengeraskan komponen sehingga tahan terhadap gesekan, karena selama ini sering dijumpai komponen-komponen yang mengalami gesekan terus menerus dalam fungsi kerjanya sehingga cepat mengalami keausan. Komponen-komponen itu antara lain sproket, roda gigi, piston dan poros. Komponen-komponen tersebut kerjanya bersinggungan dengan komponen lainnya sehingga akan mengalami keausan dan menyebabkan komponen tersebut rusak.

Menurut Wahyudin K dan Wahjoe Hidayat (1978: 62), *hardening* atau pengerasan adalah proses perlakuan panas untuk mengeraskan baja dengan pemanasan sampai perubahan fasa yang homogen kemudian diikuti pendinginan cepat sampai terjadi struktur yang disebut martensit. Perlakuan ini terdiri dari memanaskan baja sampai temperatur pengerasannya (temperatur austenitisasi) dan menahannya pada temperatur tersebut untuk jangka waktu tertentu dan kemudian didinginkan dengan laju pendinginan yang sangat tinggi atau di *quenching* agar diperoleh kekerasan yang diinginkan. Alasan memanaskan dan menahannya pada temperatur austenitisasi adalah untuk melarutkan sememtit dalam austenit kemudian dilanjutkan dengan proses *quenching*.

Quenching merupakan proses pencelupan baja yang telah berada pada temperatur pengerasnya (temperatur austenitisasi), ditahan beberapa

waktu agar austenit dapat lebih homogen, kemudian didinginkan secara cepat sehingga diperoleh kekerasan yang diinginkan. Pada tahap ini, karbon yang terperangkap akan menyebabkan tergesernya atom-atom sehingga terbentuknya struktur tetragonal yang terpusat. Struktur yang bertegangan ini disebut martensit yang bersifat sangat keras dan getas.

Faktor-faktor yang mempengaruhi dalam proses *quenching* antara lain : desain peralatan, media pendingin, konsentrasi pendingin, temperatur baik, dan laju gerakan pendinginan. Masing-masing faktor tersebut dapat mempengaruhi sifat akhir dari bahan logam. Jika laju pendinginan terlalu lambat kekerasan logam akan berkurang, dan jika laju pendinginan terlalu cepat, maka akan terjadi distorsi dan retak pada logam (Yunaidi 2016 :71).

Menurut Yunaidi (2016 : 71) terdapat beragam jenis media pendingin yang digunakan dalam dunia industri antara lain : udara, air, larutan air garam, minyak/oli, polimer encer, dan lainnya. Kemampuan media pendingin dalam mendinginkan logam dalam proses perlakuan panas berbeda-beda. Perbedaan kemampuan media pendingin dapat disebabkan oleh temperatur, kekentalan, kadar larutan dan bahan dasar media pendingin.

Salah satu media pendingin yang telah banyak digunakan dalam dunia industri adalah larutan air garam karena memiliki sifat mendinginkan yang lebih merata dan cepat. Bahan yang digunakan dalam larutan garam akan mempunyai ikatan yang lebih keras karena pada permukaan logamnya memiliki kadar zat arang yang lebih tinggi.

Larutan garam mampu mengurangi pengaruh buruk proses pemanasan dan pendinginan yang tidak seragam (yunaidi 2016 :71). Pemanasan dan pendinginan yang tidak seragam dapat menyebabkan distorsi/perubahan bentuk dan retak. Distorsi akibat *quenching* dapat dikurangi dengan pemakaian larutan garam karena ketika logam dicelupkan maka garam yang mencair akan menutupi seluruh permukaan logam dan mencegah terjadinya perubahan suhu secara tiba-tiba yang dapat mengakibatkan distorsi.

Pada penelitian ini digunakan larutan garam dapur. Penggunaan garam dapur atau natrium klorida (NaCL) dikarenakan senyawa garam dapur terbentuk dari unsur golongan IA dan VIIA sehingga NaCL yang dihasilkan mempunyai ikatan ionik yang kuat dan mudah larut dalam air. Air yang digunakan sebagai media pendingin dapat menurunkan suhu yaitu 600°C/s hingga suhu 18°C , sedangkan garam dapur jika larut dalam air mampu meningkatkan laju pendinginan yaitu 1.100°C/s hingga suhu 18°C (Kamenichny, 1965 : 82).

Baja memiliki sifat mampu keras yang berbeda-beda tergantung dari kadar karbon, laju pendinginan dan lain-lain. Hal ini tergantung dari media pendingin dan jenis baja yang akan ditingkatkan kekerasannya. Untuk itu perlu dilakukan pengujian agar dapat diketahui sifat mampu keras dari baja tersebut. Hal ini dimaksudkan agar dapat dilakukan tindakan yang tepat dalam pengolahannya sehingga dapat menurunkan biaya dalam proses produksi tapi tetap mempertahankan kualitas yang diinginkan.

Berdasarkan uraian di atas, maka peneliti ingin meneliti **“Pengaruh Konsentrasi Larutan Garam terhadap Kekerasan Baja AISI 4140 Setelah Perlakuan Panas *Hardening*”**.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dapat diidentifikasi masalah yang ada yaitu sebagai berikut:

1. Banyaknya macam tingkatan bahan material yang akan di pasarkan mulai dari material yang berkualitas tinggi hingga material berkualitas rendah dengan harga bervariasi.
2. Sering dijumpai komponen-komponen yang mengalami gesekan terus menerus dalam fungsi kerjanya sehingga cepat mengalami keausan.
3. Terdapatnya beragam jenis media pendingin yang digunakan dalam dunia industri antara lain : udara, air, larutan air garam, minyak/oli, polimer encer, dan lainnya yang setiap media pendingin dapat mempengaruhi hasil akhir dari bahan logam.
4. Laju pendinginan dapat mempengaruhi kekerasan logam dan terjadi distorsi serta retak pada logam.
5. Perbedaan kemampuan media pendingin dipengaruhi oleh temperatur, kekentalan, kadar larutan.

C. Batasan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan identifikasi masalah di atas, maka penulis membatasi masalah yang akan diteliti yaitu “pengaruh media pendingin larutan air garam dengan variasi larutan 5%, 10% dan 15%, 20%,”

dan 25% terhadap pengujian kekerasan *Rockwell C* pada baja AISI 4140 setelah perlakuan panas *hardening*".

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan batasan masalah di atas, maka rumusan masalah penelitian ini adalah "Seberapa besar pengaruh jumlah konsentrasi larutan garam sebagai media pendingin terhadap kekerasan baja AISI 4140 setelah mengalami perlakuan panas *hardening*".

E. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui perbedaan tingkat kekerasan baja AISI 4140 menggunakan media pendingin larutan air garam dengan variasi jumlah larutan garam 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25% setelah perlakuan panas *hardening*.

F. Manfaat Penelitian .

Dari penelitian ini diharapkan dapat memberi manfaat terhadap :

1. Memberikan kontribusi terhadap perkembangan ilmu pengetahuan bahan.
2. Memberikan informasi bagi perancang suatu produk yang membutuhkan kekerasan dan tahan aus.
3. Memberikan informasi pada dunia industri mengenai peningkatan kualitas pengerasan baja untuk komponen-komponen mesin.

BAB II KAJIAN PUSTAKA

A. Baja

Menurut Hari Amanto dan Daryanto (1999 : 22), baja dapat didefinisikan suatu campuran besi dan karbon, dimana unsur karbon (C) menjadi dasar campurannya. Di samping itu, mengandung unsur campuran lainnya seperti sulfur (S), fosfor (P), silikon (Si), dan mangan (Mn) yang jumlahnya dibatasi.

Kandungan karbon di dalam baja kurang dari 1.5%, sedangkan unsur lainnya dibatasi persentasenya. Unsur paduan yang bercampur di dalam lapisan baja, untuk membuat baja bereaksi terhadap pengerjaan panas atau menghasilkan sifat-sifat khusus.

1. Baja Karbon

Menurut Wahyudin K dan Wahjoe Hidayat (1978 : 46), baja karbon adalah paduan besi dan karbon dimana unsur karbon sangat menentukan sifat-sifatnya, sedangkan unsur-unsur paduan lainnya yang biasa terkandung di dalamnya terjadi karena proses pembuatannya. Sifat baja karbon ditentukan oleh persentase karbon dan struktur mikro. Unsur karbon adalah unsur campuran yang amat penting dalam pembentukan baja. Jumlah persentase dan bentuknya membawa pengaruh yang besar terhadap sifatnya.

Menurut Hari Amanto dan Daryanto (1999 :23), disamping unsur karbon sebagai campuran dasar dalam baja, juga terdapat unsur-unsur

campuran lainnya yang jumlah persentasenya dikontrol yaitu fosfor (P), sulfur (S), silikon (Si) dan mangan (Mn).

Berdasarkan jumlah kandungan karbon yang terdapat dalam baja, baja dikelompokkan kedalam tiga bagian, yaitu:

a) Baja Karbon Rendah (*Low Carbon Steel*)

Baja ini disebut baja lunak (*mild steel*) atau baja perkakas, baja karbon memiliki kandungan karbon berkisar 0,05-0,30%. Baja ini dapat digunakan untuk mur, baut, ulir sekrup, peralatan senjata, alat pengangkat presisi, batang tarik, perkakas silinder, dan penggunaan yang hampir sama (Hari Amanto dan Daryanto, 1999: 33).

b) Baja Karbon Sedang (*Medium Carbon Steel*)

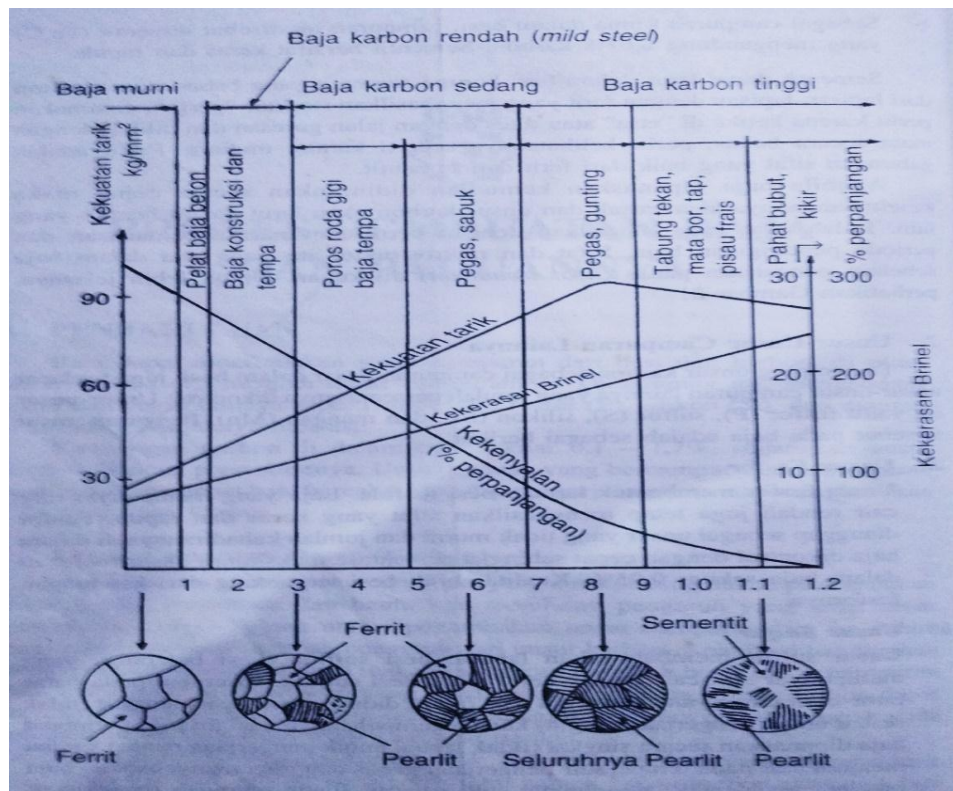
Baja karbon sedang mengandung karbon 0,3-0,6% dan kandungan karbonnya memungkinkan baja untuk dikeraskan sebagian dengan pengerjaan panas (*heat treatment*) yang sesuai. Baja karbon sedang digunakan untuk sejumlah peralatan mesin seperti roda gigi otomotif, poros penghubung, poros engkol dan alat angkat presisi (Hari Amanto dan Daryanto, 1999: 33).

c) Baja Karbon Tinggi (*Hight Carbon Steel*)

Baja karbon tinggi mengandung karbon 0,6-1,5%, dibuat dengan cara digiling panas. Apabila baja ini digunakan untuk bahan produksi maka harus dikerjakan dalam keadaan panas dan digunakan untuk peralatan mesin-mesin berat, batang-batang pengontrol, alat-

alat tangan seperti palu, obeng, tang, dan kunci mur, baja pelat, pegas kumparan dan sejumlah peralatan pertanian, seperti cangkul dan bajak. (Hari Amanto dan Daryanto, 1999: 34).

Untuk lebih jelasnya pengelompokan baja berdasarkan jumlah karbon dan pengaplikasiannya dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Struktur dan sifat-sifat baja karbon sebelum pengerasan (Hari Amanto dan Daryanto, 1999 :24)

Menurut Budi Syahri, Zonny Amanda Putra & Nofri Helmi (2017 : 19), sifat mekanis baja juga dipengaruhi oleh ikatan karbon dengan besi, terdapat 2 bentuk utama kristal saat karbon mengadakan ikatan besi, yaitu:

- i. Ferit, yaitu besi murni (fe) terletak rapat saling berdekatan tidak teratur, baik bentuk maupun besarnya. Ferit merupakan bagian baja

paling lunak, ferit murni tidak akan cocok digunakan sebagai bahan untuk dikerjakan yang menahan beban karena kekuatannya kecil.

- ii. Perlit, merupakan campuran antara ferit dan sementit dengan kandungan karbon sebesar 0,8%. Struktur perlit mempunyai kristal ferit tersendiri dari serpihan sementit halus yang saling berdampingan dalam lapisan tipis mirip amel.

2. Baja Paduan

Menurut Wahyudin K dan Wahjoe Hidayat (1978: 47), baja paduan adalah baja yang mengandung sebuah unsur lain atau lebih dengan kadar yang berlebih dari pada kadar biasanya dalam baja karbon. Unsur-unsur yang biasanya terdapat dalam baja paduan adalah C, Mn, Si, P dan S. untuk memperoleh sifat-sifat yang lebih baik maka kadar Mn atau Si ditambah, atau unsur-unsur lain seperti Cr, Ni, Mo, Co, Ti, W dan sebagainya. Dengan demikian selain memperbaiki sifat-sifat mekanisnya juga memperbaiki sifat tahan korosi, tahan suhu tinggi, tahan aus dan sifat-sifat listrik serta magnetiknya.

Unsur-unsur paduan yang dipakai dalam pembuatan baja paduan terdiri dari satu macam unsur atau lebih dengan kadarnya yang berbeda-beda, tergantung dari keperluan sehingga baja paduan menjadi banyak macam dan jenisnya.

Menurut Wahyudin K dan Wahjoe Hidayat (1978: 47), kadar unsur paduan baja paduan dapat dibagi dalam dua golongan yaitu baja paduan rendah dan baja paduan tinggi atau baja paduan khusus. Baja

paduan rendah adalah baja yang mengandung unsur paduan dibawah 10%, sedangkan baja paduan tinggi dapat mengandung unsur paduan diatas 10%.

3. Baja AISI 4140

Menurut AISI (*American Iron and Steel Institute*) baja paduan rendah AISI 4140 didesain dengan menggunakan *four-digit number* (empat digit angka). Hal ini berguna untuk menunjukkan perbedaan komposisi yang terkandung dalam baja tersebut. Angka 4 menunjukkan jenis unsur paduan, yaitu *chromium-molybdenum*. Angka 1 menunjukkan persentase unsur paduan 1%, dan angka 40 menunjukkan persentase kandungan karbon (0,40%). Baja AISI 4140 merupakan baja yang sering digunakan untuk bahan baut, sekrup, roda gigi, batang piston untuk mesin, roda pendaratan, dan komponen *landing gear* pesawat terbang.

TIRA STEEL NAMES	DIN	AISI	JIS	CHEMICAL ANALYSIS (%)								TECHNOLOGY
				C	Cr	Ni	Mo	Mn	Si	S	P	
HQ 705	34CrNiMo6	AISI 4340	SNCM 447	0.30-0.38	1.30-1.70	1.30-1.70	0.15-0.30	0.50-0.80	0.09-0.10	0.035 max	0.025 max	EAF + PRE-HARDENED
HQ 709	42CrMo4	AISI 4140	SCM 440 (H)	0.38-0.45	0.90-1.20		0.15-0.30	0.60-0.90	0.25-0.30	0.035 max	0.025 max	EAF + PRE-HARDENED
HQ 7210	15CrNi6	AISI 3115	SNC 22	0.14-0.19	1.40-1.70	1.40-1.70		0.40-0.60	0.20-0.30			EAF + ANNEALED
HQ 760	C 45	AISI 1045	S 45 C	0.42-0.50		0.63 max		0.50-0.80	0.30-0.40	0.045 max	0.045 max	EAF + NORMALIZED
HQ 708	1.7218	AISI 4130	SCM 2	0.28-0.33	0.80-1.20	0.5 max	0.15-0.35	0.40-0.80	0.15-0.40	0.035 max	0.025 max	EAF + WQ + PEELD + STRAIGHTNESS + PRE-HARDENED
HQ 805	34CrNiMo6 SH + V	AISI 4340	SNCM 447	0.30-0.38	1.30-1.70	1.30-1.70	0.15-0.30	0.50-0.80	0.09-0.10	0.035 max	0.025 max	PRE-HARDENED + WQ + PEELD + UT + GRAIN SIZE CONTROLLED + STRAIGHTNESS

Gambar 2. komposisi kimia baja AISI (Tira steel / Machinery Steel).

Berdasarkan gambar 2, komposisi kimia baja AISI 4140 meliputi, (0,38-0,45)% C, (0,90-1,20)% Cr, (0,15-0,30)% Mo, (0,60-0,90)% Mn, (0,25-0,30)% Si, 0,035% S, dan 0,025% P.

B. Perlakuan Panas *Hardening*

Menurut B.H Amstead, dkk (1995: 135), Perlakuan panas adalah suatu proses pemanasan dan pendinginan logam dalam keadaan padat untuk mengubah sifat-sifat mekanik logam tersebut. Baja dapat dikeraskan sehingga tahan aus dan kemampuan potong meningkat atau dapat dilunakkan untuk dapat mempermudah proses pemesinan lanjut. Melalui perlakuan panas yang tepat, tegangan dalam dapat dihilangkan, ukuran butir dapat diperbesar atau diperkecil. Selain itu ketangguhan ditingkatkan atau dapat dihasilkan suatu permukaan yang keras disekeliling inti yang ulet. Untuk memungkinkan perlakuan panas tepat, komposisi kimia baja harus diketahui karena perubahan komposisi kimia, khususnya karbon dapat mengakibatkan perubahan sifat-sifat fisis.

Tujuan perlakuan panas adalah untuk memberi sifat yang lebih sempurna pada bahan. Proses perlakuan panas secara garis besar bertujuan untuk mendapatkan sifat-sifat mekanik diantaranya menyangkut:

1. Meningkatkan kekerasan dan ketangguhan
2. Menghilangkan tegangan
3. Melunakkan baja
4. Menormalkan keadaan baja biasa dari akibat pengaruh-pengaruh pengerjaan dan perlakuan panas sebelumnya.

5. Menghaluskan butir-butir Kristal atau kombinasi dari beberapa sifat mekanik tersebut.

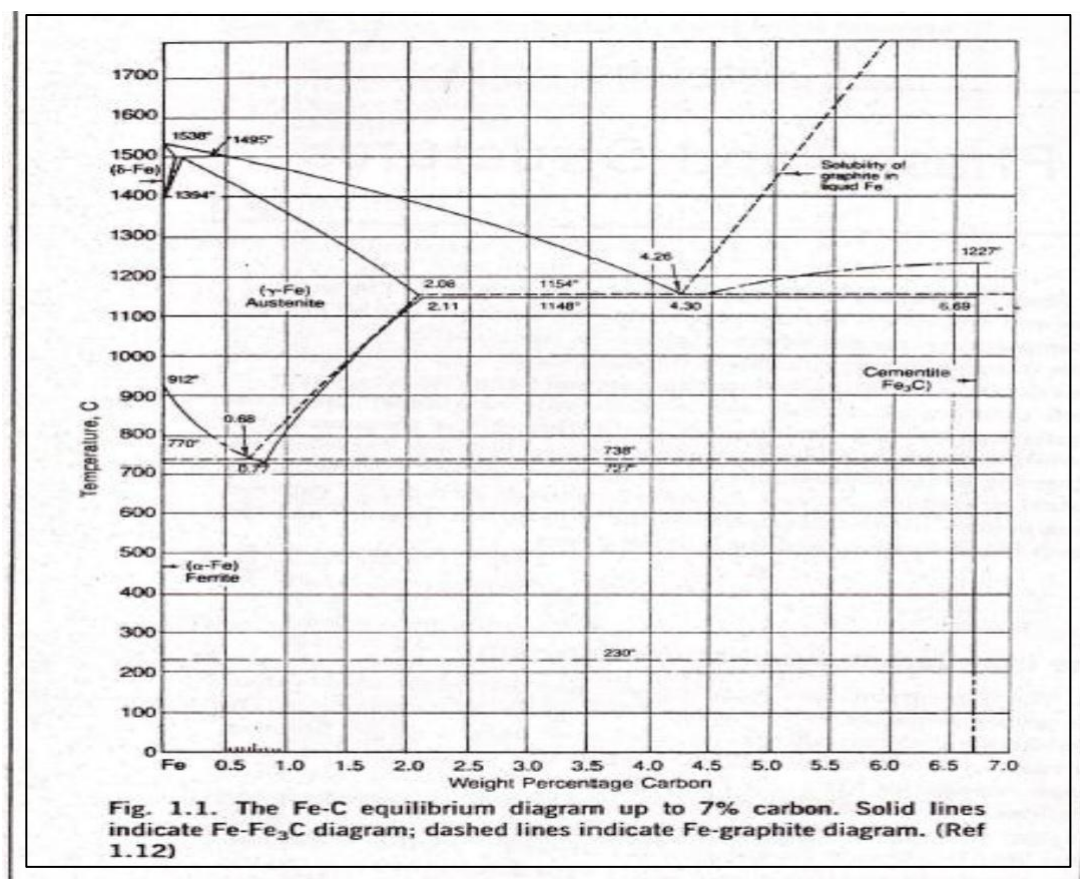
Salah satu dari tujuan perlakuan panas yang disebutkan diatas yaitu untuk meningkatkan kekerasan dan ketangguhan. Menurut B.H Amstead, dkk (1995 :77) untuk meningkatkan kekerasan baja yaitu dengan perlakuan panas menggunakan metode *hardening* (pengerasan).

Menurut B.H Amstead, dkk (1995 :144), *Hardening* (pengerasan) adalah proses pemanasan baja sampai suhu di daerah atau di atas daerah kritis disusul dengan pendinginan yang cepat. Pengerasan biasanya dilakukan untuk memperoleh sifat tahan aus yang tinggi atau kekuatan yang lebih baik. Pengerasan dilakukan dengan memanaskan baja samapai ke daerah austenite lalu mendinginkannya dengan cepat, dengan pendinginan yang cepat terbentuk martensit yang kuat. *Hardening* atau pengerasan disebut juga penyepuhan merupakan salah satu proses perlakuan panas yang sangat penting dalam produksi komponen-komponen mesin, untuk mendapatkan kekerasan yang diinginkan dapat diperoleh melalui proses perlakuan panas *hardening*.

Pada setiap perlakuan panas, laju pemanasan merupakan faktor yang penting. Panas merambat dari luar ke dalam dengan kecepatan tertentu. Bila pemanasan terlalu cepat, bagian luar akan jauh lebih panas dari bagian dalam sehingga tidak dapat diperoleh struktur yang merata. Makin besar potongan benda makin lama waktu yang diperlukan untuk memperoleh hasil yang merata (B.H Amstead, dkk, 1995 :144).

Memperoleh kekerasan yang baik (martensit yang keras) maka pada saat pemanasan harus dapat dicapai struktur austenite, karena hanya austenite yang dapat bertransformasi menjadi martensit. Untuk menentukan temperatur pemanasan yang baik pada proses pengerasan yang dilakukan terhadap baja yang belum diketahui kadar karbon perlu dilakukan suatu percobaan pemanasan dan quenching pada beberapa temperature dan menganalisis struktur yang terjadi.

Bila kadar karbon diketahui, suhu pemanasannya dapat dibaca pada gambar 3.



Gambar 3. Diagram Keseimbangan Besi-Karbon (*The Iron - Carbon - Equilibrium Diagram*) (George Krauss, 1989: 2)

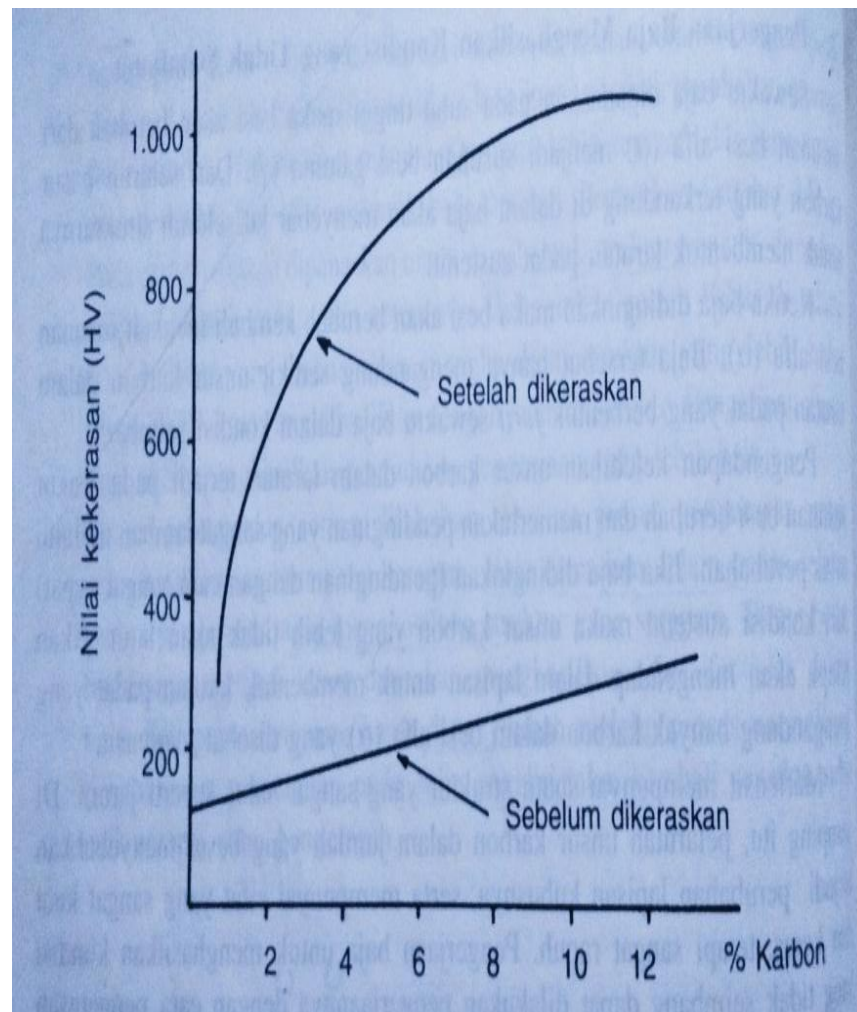
Diagram kesetimbangan besi-karbon adalah sebuah gambaran yang semestinya digunakan sebagai dasar untuk melaksanakan perlakuan panas. Baja merupakan logam *Allotropic: At atmospheric pressure* artinya baja lebih dari sekedar zat padat yang mengkristal tergantung pada temperaturnya. Pada suhu kurang dari 912 °C (1674 °F) berupa besi *alpha* (α). Pada suhu antara 912-1394 °C (1674-2541 °F) berupa besi *gamma* (γ). Pada suhu 1394-1538 °C (2541-2800 °F) merupakan besi delta (δ).

Menurut Hari Amanto dan Daryanto (1999:77), pembentukan sifat-sifat dalam baja tergantung pada kandungan karbon, temperature pemanasan, sistem pendinginan dan ketebalan benda.

a. Kandungan kadar karbon

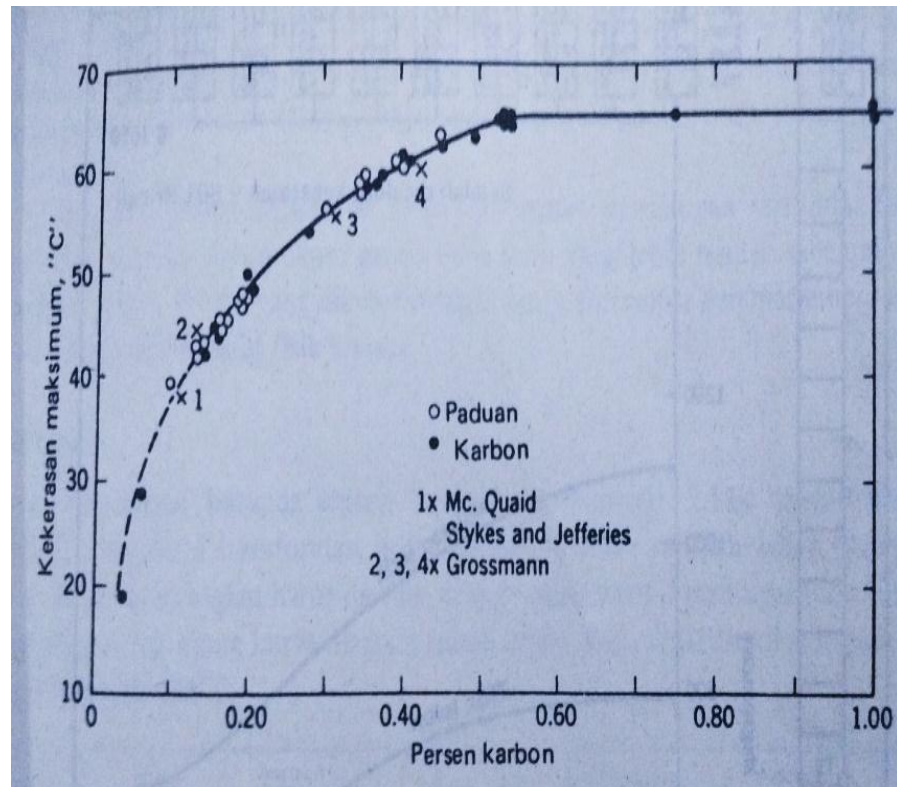
Unsur karbon merupakan unsur utama yang terdapat di dalam besi sehingga disebut baja. Unsur karbon dapat membuat baja menjadi keras dan rapuh. Pada gambar 4 dapat dilihat, Sifat keras dan lunak pada baja tergantung jumlah karbon pada baja tersebut, semakin tinggi komposisi karbon dalam baja maka baja tersebut akan semakin keras dan rapuh, dan semakin rendah komposisi karbon maka baja akan semakin lunak dan ulet.

Menurut Hari Amanto dan Daryanto (1999 :77), jika kandungan karbon kurang dari 0,15% maka tidak terjadi perubahan sifat-sifat baja setelah didinginkan. Tetapi, kenaikan kandungan karbon berhubungan dengan kenaikan kekuatan dan kekerasan sebagai hasil dari pada pendinginan, hanya saja kenaikan tersebut akan mengurangi kekenyalan pada baja.



Gambar 4. Hubungan antara kandungan karbon dengan kekerasan baja (Hari Amanto dan Daryanto, 1999 :78)

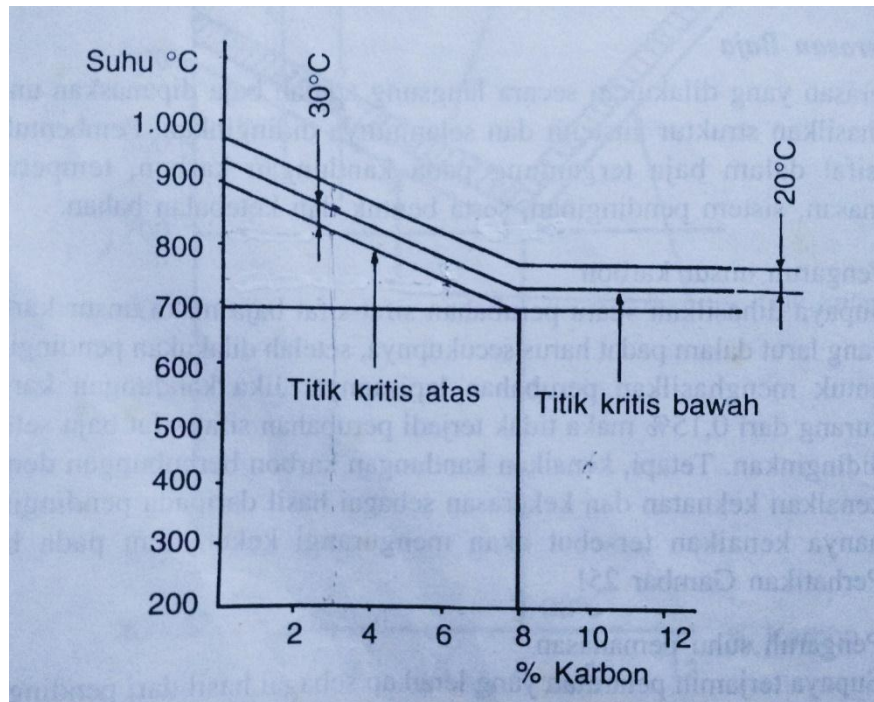
Kekerasan maksimum yang dapat dicapai tergantung pada kadar karbon. Meskipun penambahan unsur paduan seperti khrom dan vanadium dapat meningkatkan kemampuan pengerasan baja paduan, kekerasan maksimal tidak dapat melampaui kekerasan baja karbon dengan kadar karbon yang sama (B.H Amstead, dkk, 1995: 147). Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Kekerasan maksimum sebagai fungsi dari kadar karbon (B.H Amstead, dkk, 1995 :147)

b. Pengaruh suhu pemanasan

Menurut Hari Amanto dan Daryanto (1999 :79), baja yang mengandung karbon kurang dari 0,83% dipanaskan di atas titik kritis tertinggi(atas), seluruh unsur karbon masuk ke dalam larutan padat dan selanjutnya didinginkan. Baja dengan kandungan karbon di atas 0,83% biasanya dipanaskan hanya sedikit diatas titik kritis terendah (bawah), dalam hal ini terjadi perubahan perlit menjadi austenite. Pendinginan yang dilakukan pada suhu itu akan membentuk martensit. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Suhu pengerasan (Hari Amanto dan Daryanto 1999 :78)

c. Pengaruh pendinginan

Laju pendinginan merupakan faktor pengendali pendinginan, pendinginan yang lebih cepat dari pada pendinginan kritis akan menghasilkan struktur yang keras, pendinginan yang lambat akan menghasilkan struktur yang lebih lunak (B.H Amstead, dkk, 1995 :136)

Jika baja didinginkan dengan kecepatan pendinginan kritis maka seluruh austenit akan berubah kedalam bentuk martensit. Adapun kecepatan pendinginan kritis tergantung pada komposisi kimia baja. Bila kecepatan pendinginan lebih rendah dari pada kecepatan pendinginan kritis, akan terbentuk “troosit”.

Kecepatan pendinginan tergantung pada pendinginan yang digunakan. Untuk pendinginan yang cepat digunakan larutan garam atau soda api yang dimasukkan ke dalam air dan untuk pendinginan yang sangat lambat digunakan hembusan udara (Hari Amanto dan Daryanto, 1999:79).

d. Ketebalan bahan

Lamanya pemanasan tergantung atas ketebalan bahan tetapi bahan harus tidak berukuran panjang karena akan menghasilkan lapisan yang kasar (Hari Amanto dan Daryanto, 1999:79).

C. Media Pendingin Larutan Garam

Media pendingin merupakan suatu media yang digunakan untuk mendinginkan spesimen uji setelah mengalami proses perlakuan panas. Kemampuan media pendingin dalam mendinginkan logam dalam proses perlakuan panas berbeda-beda. Perbedaan kemampuan media pendingin dapat disebabkan oleh temperatur, kekentalan, kadar larutan, dan bahan dasar media pendingin (Yunaidi, 2017 : 71). Salah satu media pendingin yang sering dipakai yaitu Larutan air garam.

Penggunaan larutan air garam sebagai media pendingin dalam proses *quenching* telah lama digunakan, bahkan sejak abad 18. Larutan garam digunakan sebagai media pendingin karena memiliki sifat mendinginkan yang lebih merata dan cepat. Bahan yang didinginkan dalam larutan garam akan mempunyai ikatan yang lebih keras karena pada permukaan logamnya memiliki kadar zat arang yang lebih tinggi (Yunaidi 2016 : 71).

Larutan garam mampu mengurangi pengaruh buruk proses pemanasan dan pendinginan yang tidak seragam. Pemanasan dan pendinginan yang tidak seragam dapat menyebabkan *distorsi*/perubahan bentuk dan retak. Distorsi akibat *quenching* dapat dikurangi dengan pemakaian larutan garam karena ketika logam dicelupkan maka garam yang mencair akan menutupi seluruh permukaan logam dan mencegah terjadinya perubahan suhu secara tiba-tiba yang dapat mengakibatkan distorsi.

Proses *quenching* dengan menggunakan media pendingin larutan garam akan terlindungi dari oksigen dan karbondioksida sehingga kerusakan akibat oksigen, karbondioksida dan uap air dari tungku dapat diminimalisir. *Dekarborasi* beberapa bagian logam akibat kontak dengan oksigen dan karbondioksida juga dapat dihilangkan dengan menggunakan larutan garam.

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi pendinginan cepat pada perlakuan panas antara lain :

1. Laju pendinginan

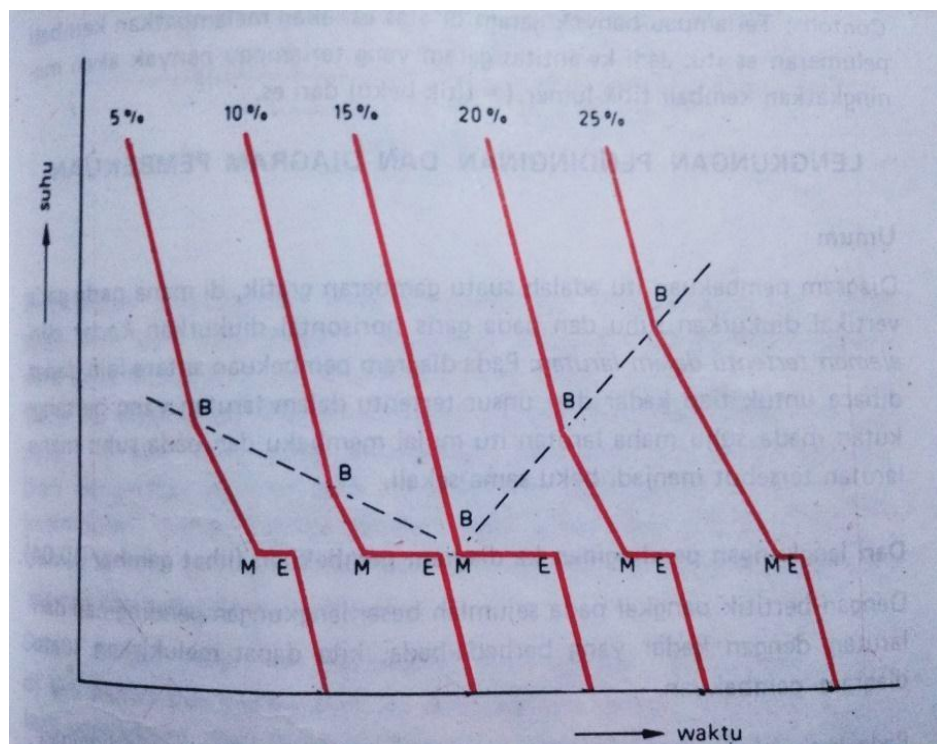
Menurut B.H Amstead, dkk (1995 :136), “laju pendingin merupakan faktor pengendali pendinginan cepat, lebih cepat dari pendinginan kritis akan menghasilkan struktur yang keras, pendinginan yang lambat akan menghasilkan struktur yang lebih lunak”.

Menurut Hallen, (dalam Sucahyo, 1997 :126) menyatakan bahwa pendinginan dengan media yang memiliki kerapatan yang tinggi (masa jenis besar) akan menghantarkan panas dengan cepat karena jarak antar molekul lebih kecil sehingga proses transfer kalor akan lebih cepat dan proses pendinginan atau pemanasan akan lebih cepat dari media yang memiliki kerapatan yang tinggi (massa jenis tinggi).

Dalam pendinginan cepat, laju pendinginan sangat dipengaruhi oleh massa jenis dari media pendingin, semakin besar massa jenis media pendingin maka akan semakin cepat laju pendinginan, sehingga semakin cepat laju pendinginan maka akan semakin cepat material didinginkan sehingga kekerasan akan tinggi (Singh Rajender, 2006)

2. Viskositas

Viskositas media pendingin yang tinggi, akan menyebabkan laju pendinginan pada perlakuan panas akan semakin lambat (sumber: erul). Dalam laporan penelitian anrinal (2012: 17) “menyatakan nilai kekerasan menurun ketika kekentalan media pendingin meningkat”.



Gambar 7. Lengkungan pendinginan dari larutan-larutan garam (B.J.M Beumer, 1994 :3)

D. Sifat Mekanik Logam

Dalam penelitian ini yang akan dilihat yaitu sifat mekanik logam. Menurut Wahyudin K dan Wahjoe Hidayat (1978: 9), sifat mekanik suatu logam adalah kemampuan atau kelakuan logam untuk menahan beban-beban yang dikenakan kepadanya, baik pembebanan statis atau dinamis pada suhu biasa, suhu tinggi atau pun suhu dibawah .”

Beban statis yaitu beban yang tetap baik besar maupun arahnya pada setiap saat. Sedangkan yang dimaksud dengan beban dinamis yaitu beban yang besar dan arahnya berubah menurut waktu. Beban statis dapat berupa beban tarik, tekan, lentur, punter, geser dan kombinasi dari beban tersebut. Sedangkan beban dinamis dapat berupa beban-beban tersebut, beban tiba-tiba, berubah-ubah, dan beban jalar. Sifat mekanis logam ditentukan oleh keadaan pembebanan yaitu statis dan dinamis yang menyangkut frekuensi pembebanan, kecepatan, lamanya pembebanan, keadaan lingkungan, suhu, tekanan dan besar pembebanan.

Menurut Ach. Muhib Zainuri (2008: 104), sifat-sifat mekanik logam diantaranya berupa kekakuan (*stiffness*), kekuatan (*strenght*), elastisitas (*elasticity*), keuletan (*ductility*), kegetasan (*brittleness*), kelunakan (*malleability*), ketangguhan (*tough-ness*), dan kelenturan (*resilience*).”

1. Kekakuan (*Stiffness*)

Kekakuan adalah sifat bahan yang mampu renggang pada tegangan tinggi tanpa diikuti regangan yang besar. Ini merupakan ketahanan terhadap deformasi. Kekakuan bahan merupakan fungsi dari

modulus elastisitas E . Sebuah material yang mempunyai nilai E tinggi seperti baja, $E = 207.000$ MPa, akan berdeformasi lebih kecil terhadap beban (sehingga kekakuan lebih tinggi) dari pada material dengan nilai E lebih rendah, misalnya kayu, dengan $E = 7000$ MPa (Ach. Muhib Zainuri, 2008: 104).

2. Kekuatan (*Strenght*)

Kekuatan adalah sifat bahan yang ditentukan oleh tegangan paling besar material mampu renggang sebelum rusak (*failure*). Ini dapat didefinisikan oleh batas proporsional, titik mulur atau tegangan maksimum. Tidak ada satu nilai yang cukup bisa untuk mendefinisikan kekuatan, karena perilaku bahan berbeda terhadap beban dan sifat bahan (Ach. Muhib Zainuri, 2008: 105).

3. Elastisitas (*Elasticity*)

Elastisitas adalah sifat material yang dapat kembali ke dimensi awal setelah beban dihilangkan. Sangat sulit menentukan nilai tepat elastisitas dari suatu material (Ach. Muhib Zainuri, 2008: 105).

4. Keuletan (*Ductility*)

Keuletan adalah sifat bahan yang mampu deformasi terhadap beban tarik sebelum benar-benar patah (*rupture*). Material ulet adalah material yang dapat ditarik menjadi kawat tipis panjang dengan gaya tarik tanpa rusak. Keliatan ditandai dengan persen perpanjangan panjang ukur spesimen selama uji tarik dan persen pengurangan luas penanmpang

(Ach. Muhib Zainuri, 2008: 106). Besar keuletan dapat dinyatakan dengan pernyataan sebagai berikut:

$$\text{Regangan (Persen pertambahan)} = \frac{\text{---}}{\text{---}} \times 100\%$$

$$\text{Kontraksi (Persen pengurangan luas)} = \frac{\text{---}}{\text{---}} \times 100\%$$

5. Kegetasan (*Brittleness*)

Kegetasan menunjukkan tidak adanya deformasi plastis sebelum rusak. Material yang getas akan tiba-tiba rusak tanpa adanya tanda terlebih dahulu. Material getas tidak memiliki titik mulur atau proses pengecilan penampang (*necking down process*) dan kekuatan patah sama dengan kekuatan maksimum. Material getas, misalnya besi cor umumnya lemah dalam uji tarik sehingga penentuan kekuatan dilakukan dengan uji tekan (Ach. Muhib Zainuri, 2008: 106).

6. Kelunakan (*Malleability*)

Kelunakan adalah sifat bahan yang mengalami deformasi plastis terhadap beban tekan yang bekerja sebelum benar-benar patah. Kebanyakan material yang sangat liat juga cukup lunak (Ach. Muhib Zainuri, 2008: 106).

7. Ketangguhan (*Toughness*)

Ketangguhan adalah sifat material yang mampu menahan beban impact tinggi atau beban kejut. Jika sebuah benda mendapat beban impact, sebagian energi diserap dan sebagian dipindahkan. (Ach. Muhib Zainuri, 2008: 107).

8. Kelenturan (*Resilience*)

Kelenturan adalah sifat material yang mampu menerima beban impact tinggi tanpa menimbulkan tegangan lebih pada batas elastis. Ini menunjukkan bahwa energi yang diserap selama pembebanan disimpan dan dikeluarkan jika material tidak dibebani. Pengukuran kelenturan sama dengan pengukuran ketangguhan (Ach. Muhib Zainuri, 2008: 107).

E. Pengujian Kekerasan *Rockwell*

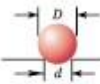
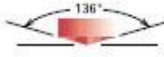
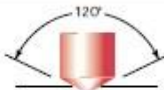
Menurut Bondan T. Sofyan (2010: 34), kekerasan merupakan ukuran ketahanan material terhadap deformasi plastis terlokalisasi (misal: “Indentasi kecil” atau gores). Menurut Schonmetz & Gruber (1994: 195), kekerasan ialah penolakan suatu badan (bahan) melawan desakan suatu badan lainnya.

Untuk penyelidikan kekerasan ada beberapa dilakukan beberapa pengujian . derajat kekerasan diungkapkan dengan angka kekerasan yang berlainan untuk setiap cara, tetapi angka ini dapat dihitung alih dari yang satu ke yang lainnya dengan pertolongan table. Angka ini mengizinkan perbandingan antara kekerasan bahan yang berlainan, bahkan juga pernyataan yang dilandasi pengalaman mengenai kekuatan dan sifat lainnya.

Pada saat ini terdapat berbagai metode pengujian kekerasan, seperti Vickers, Brinell dan Rockwell. Pada metode pengujian kekerasan tersebut, umumnya, digunakan *indentor* kecil (Berbentuk bola atau piramid) yang ditekan kepermukaan bahan dengan mengontrol besar beban dan laju pembebanan.

Jenis indentor pada masing-masing metode pengujian kekerasan dapat dilihat pada gambar 8.

Table 7.4 Hardness Testing Techniques

Test	Indenter	Shape of Indentation		Load	Formula for Hardness Number ^a
		Side View	Top View		
Brinell	10-mm sphere of steel or tungsten carbide			P	$HB = \frac{2P}{\pi D [D - \sqrt{D^2 - d^2}]}$
Vickers microhardness	Diamond pyramid			P	$HV = 1.854P/d_1^2$
Knoop microhardness	Diamond pyramid			P	$HK = 14.2P/l^2$
Rockwell and Superficial Rockwell	{ Diamond cone $\frac{1}{16}, \frac{1}{8}, \frac{1}{4}$ in. diameter steel spheres	 	 	60 kg 100 kg 150 kg 15 kg 30 kg 45 kg	Rockwell Superficial Rockwell

^a For the hardness formulas given, P (the applied load) is in kg, while D , d , d_1 , and l are all in mm.

Source: Adapted from H. W. Hayden, W. G. Moffatt, and J. Wulff, *The Structure and Properties of Materials*, Vol. III, *Mechanical Behavior*. Copyright © 1965 by John Wiley & Sons, New York. Reprinted by permission of John Wiley & Sons, Inc.

Gambar 8. Macam-macam Teknik Pengujian Kekerasan
(William D. Calister, Jr: 2001)

Penelitian ini menggunakan pengujian Rockwell C yang terlihat pada gambar 8 merupakan alat pengujian yg terdapat pada jurusan teknik mesin UNP karena pengujian jenis ini sangat banyak digunakan pada dunia industri karena sangat sederhana dan tanpa keahlian khusus. Menurut Bondan T. Sofyan (2010: 35), mendefinisikan:

Berbagai macam kekerasan *Rockwell* tersedia dengan mengkombinasikan bentuk indentor dan beban, berikut adalah jenis indentor *Rockwell*:

- Intan berbentuk kerucut dengan sudut 120° . Kerucut intan digunakan untuk menguji material yang keras (> 100 HRB dan 83,1 HR30T).
- Bola baja yang dikeraskan dengan diameter $1/16$, $1/8$, $1/4$, dan $1/2$ inci. Jenis indentor ini digunakan untuk menguji material yang lunak.



Gambar 9. Alat Uji Kekerasan *Rockwell C*

Pengujian kekerasan *Rockwell C* telah terbukti sebagai cara yang paling mengenai sasaran pada pengujian bahan keras berkat kesederhanaannya dan kecepatan prosesnya karena tingkat kekerasan dapat dibaca langsung pada mesin uji tanpa menggunakan table (Schometz & Gruber, 1994: 198).

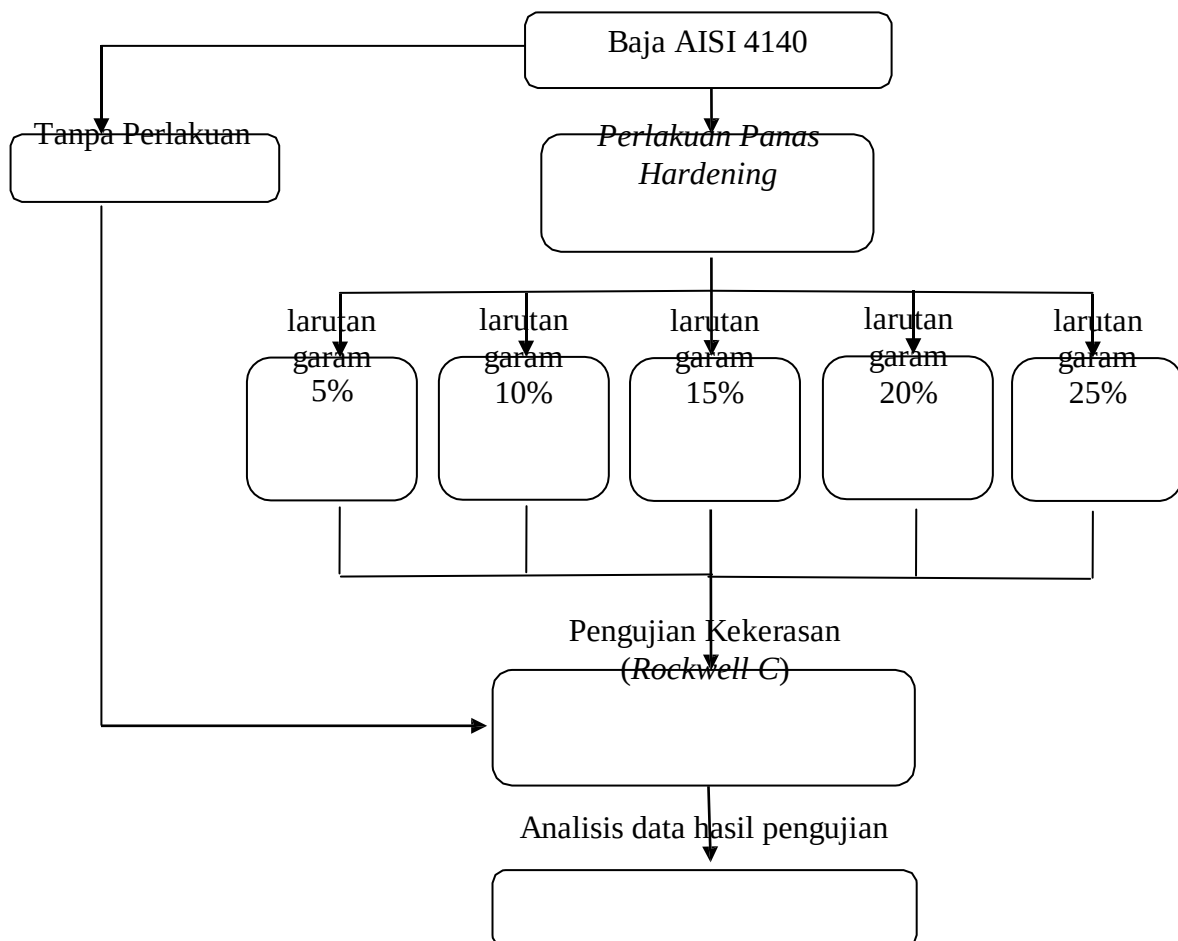
Menurut B.J.M Beumer (1994 : 29) keuntungan dari kekerasan pengujian *Rockwell C* adalah:

1. Dengan kerucut intan dapat diukur kekerasan baja yang di sepuh keras
2. Dengan bekas tekanan yang kecil benda kerja rusak lebih sedikit.
3. Penentuan kekerasan berlangsung cepat, karena penekanan benda dan pengukuran pembesaran dalamnya bekas tekan adalah satu pelaksanaan.

F. Kerangka Konseptual

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis seberapa besar pengaruh jumlah konsentrasi larutan garam terhadap perubahan kekerasan baja karbon sedang AISI 4140 setelah perlakuan panas *hardening*. Pada penelitian ini baja AISI 4140 dilakukan pengujian kekerasan pada kelompok spesimen tanpa mengalami perlakuan panas dan menganalisis hasil pengujiannya. Kemudian

dengan baja karbon yang sama (AISI 4140) dilakukan perlakuan panas *hardening* dengan temperatur 850 °C, dan didinginkan dengan media pendingin larutan garam dengan variasi jumlah konsentrasi 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25%, kemudian dilakukan pengujian kekerasan dan menganalisis data hasil pengujian guna mengetahui perbedaan kekerasan baja AISI 4140 sebelum dan sesudah mengalami proses *hardening* dengan jumlah konsentrasi larutan garam yang berbeda sebagai media pendingin. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada gambar 10.



Gambar 10. Kerangka Konseptual

G. Penelitian yang Relevan

Dalam melakukan penelitian ini, penulis membaca beberapa sumber yang dapat mendukung penelitian ini, antara lain adalah:

1. Penelitian Zulfiqar Andhika Suprayogi, dengan judul Pengaruh Variasi Media *Quenching* Terhadap Sifat Mekanis Rantai Elevator Fruit Kelapa Sawit. Variasi media pendingin yang digunakan adalah oli, air garam dan air laut, dengan hasil penelitian nilai rata-rata uji kekerasan dengan menggunakan media oil sebesar 194,44 HRB dengan menggunakan Air Garam sebesar 301,33 HRB dan dengan menggunakan media Air Laut sebesar 326,24 HRB. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa media Air Laut lebih keras dalam uji kekerasan, kemudian diikuti oleh media Air Garam dan yang lebih lentur adalah media Oil.
2. Penelitian Rabiatul Adawiyah, dengan judul Pengaruh Perbedaan Media Pendingin Terhadap Struktur mikro Dan Kekerasan Pegas Daun Dalam Proses *Hardening*. Media pendingin yang digunakan adalah oli, air garam dan air biasa. Setelah dilakukan pengujian kekerasan maka didapatkan hasil kekerasan dari berbagai variasi media pendingin yaitu media oli HRC 97,2 kg/mm², media air garam HRC 99,13 kg/mm², media air biasa HRC 96,5 kg/mm². Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa media air garam lebih tinggi harga kekerasannya di bandingkan dengan media lainnya. kekerasan baja tersebut akan bertambah setelah melalui proses perlakuan panas dan dengan pendinginan yang tiba – tiba (celup cepat)

3. Penelitian Widarto, dengan judul Penelitian Pengaruh Variasi Media *Quenching* Terhadap Sifat Fisis Dan Mekanis Stainless Casting Scs 14 Jis G 5121. Media pendingin yang digunakan yaitu air, larutan garam dan oli dengan hasil pengujian untuk media pendingin air spesimen 1 = 214 BHN dan spesimen 2 = 171 BHN, untuk media pendingin larutan garam spesimen 1 = 228 BHN dan spesimen 2 = 209 BHN serta untuk media pendingin oli spesimen 1 = 195 BHN dan spesimen 2 = 195 BHN. . dengan demikian dapat disimpulkan bahwa media air garam lebih tinggi harga kekerasannya di bandingkan dengan media lainnya. kekerasan baja
4. Penelitian Ismardi, Dkk, dengan judul Meningkatkan Kekerasan Roda Gigi Tarik Depan (Sproket Gear) Sepeda Motor Honda Pada Proses Perlakuan Panas Menggunakan Media Pendingin Larutan Garam. Metode penelitian yang digunakan yaitu dengan melakukan perlakuan panas pada spesimen roda gigi imitasi yaitu dengan cara memanaskan roda gigi hingga temperatur 930°C dengan oven pemanas dan menahan temperatur tersebut selama 60 menit kemudian didinginkan dengan cepat menggunakan media larutan garam (NaCl) dengan konsentrasi larutan 10 %. Kemudian spesimen diuji kekerasannya menggunakan Alat Uji Kekerasan Rockwell skala B. Dari hasil penelitian diperoleh kekerasann roda gigi setelah perlakuan panas rata-rata sebesar 95,35 HRB sedangkan kekerasan roda gigi sebelum perlakuan panas rata-rata sebesar 77,05 HRB.

5. Penelitian Budi Syahri, Dkk, dengan judul Analisis Kekerasan Baja ASSAB 705 yang Diberi Perlakuan Panas *Hardening* dan Media Pendingin. Dalam penelitian ini menggunakan media pendingin oli, air dan larutan garam. Hasil pengujian dengan media pendingin oli sekitar 15,62%, pada specimen yang di *quenhing* dengan medi air meningkat sekitar 17,28%, pada specimen yang di *quenching* dengan media pendingin larutan garam meningkat sekitar 20,30%. Media pendingin yang memberikan peningkatan kekerasan paling tinggi yaitu quenching dengan media pendingin larutan garam, yang nilai BHN analisa mencapai 597,13 dibandingkan denang specimen tanpa perlakuan yang memiliki kekerasan 327,21 dengan BHN analisa 341,21.
6. Penelitian Bayu Viantoro, dengan judul Pengaruh Kadar Garam Dapur (NaCl) Sebagai Media Pendingin Las MIG Terhadap Kekeuatan Tarik Sambungan Plat Baja ST.41. Dalam penelitian ini menggunakan larutan garam dengan kadar garam dapur 15%, 25%, dan 35%. Hasil dari penelitian ini didapatkan kekuatan tarik sambungan las yang optimal dapat menggunakan media pendingin garam dapur dengan kadar garam 15% dan peningkatan kadar garam menurunkan kekuatan tarik sambungan las dikarenakan tegangan sisa yang terjadi selama pendinginan dan mengakibatkan retak dingin.
7. Penelitian Edward Trinofrandesta, dengan judul Pengaruh Media *Quenching* pada Proses *Hardening* terhadap Kekerasan *Rockwell C* dan Struktur Mikro pada Bahan ST70, pada penelitian ini menggunakan

media *quenching* air, oli, air laut, dengan hasil pengujian menunjukkan angka kekerasan tertinggi terdapat pada media quenching air laut dengan angka kekerasan 55,7 HRC dibandingkan tanpa perlakuan dengan angka kekerasan 34,6 HRC, media air 54,4 HRC dan media oli dengan kekerasan 52,4 HRC.

H. Pertanyaan Penelitian

Berdasarkan kajian teori dan kerangka konseptual, maka dapat diambil pertanyaan penelitian, seberapa besar pengaruh jumlah konsentrasi larutan garam sebagai media pendingin terhadap kekerasan baja AISI 4140 setelah perlakuan panas *hardening* ?

BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan

Setelah dilakukan penelitian mengenai sifat mekanik pada Baja AISI 4140 setelah mengalami perlakuan panas *Hardening* dengan menggunakan media pendingin larutan garam dengan konsentrasi yang berbeda, maka penulis menyimpulkan bahwa:

Terdapat pengaruh konsentrasi larutan garam terhadap kekerasan baja AISI 4140 setelah mengalami perlakuan panas *hardening* dimana nilai kekerasannya meningkat dari spesimen yang tanpa diberi perlakuan yaitu konsentrasi larutan garam 5% mengalami kenaikan kekerasan sebesar **51,45%**, konsentrasi larutan garam 10% mengalami kenaikan kekerasan sebesar **55,98%**, konsentrasi larutan garam 15% mengalami kenaikan kekerasan sebesar **59,87%**, konsentrasi larutan garam 20% mengalami kenaikan kekerasan sebesar **53,07%** dan konsentrasi larutan garam 25% mengalami kenaikan kekerasan sebesar **47,57%**, berdasarkan nilai kekerasan dapat dilihat terjadinya kenaikan persentase nilai kekerasan dari konsentrasi 5% sampai 15% dan mengalami penurunan pada konsentrasi 20% dan 25% sesuai dengan pernyataan anrinal yang mengatakan nilai kekerasan menurun ketika kadar larutan dan kekentalan dari media pendingin meningkat.

B. Saran

Saran yang dapat penulis berikan yang berkaitan dengan penelitian tentang perlakuan panas *Hardening* ini adalah sebagai berikut:

1. Perlu adanya ketelitian dalam proses persiapan spesimen mulai dari proses pengukuran sampai pada tahap pengujian, karena hal ini dapat berpengaruh terhadap data hasil pengujian.
2. Dimensi spesimen uji harus benar-benar sesuai dengan standar pengujian dan sesuai dengan kemampuan alat uji.
3. Adanya penelitian selanjutnya mengenai perlakuan panas hardening menggunakan media mendingin larutan garam dengan konsentrasi berbeda terhadap benda spesimen yang lainnya dengan mengacu kepada standar perancangan sebuah komponen mesin, sehingga sifat mekanik komponen dapat dimaksimalkan dan umur mesin dapat lebih tahan lama.