

**PENGARUH TEMPERATUR *TEMPERING* TERHADAP KEKERASAN DAN
KETANGGUHAN PADA BAJA KARBON SEDANG ST60**

SKRIPSI

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



Oleh

**IZMI IZZATI KHAIRI MURNI
NIM. 16474/ 2010**

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2014**

PERSETUJUAN SKRIPSI

PENGARUH TEMPERATUR *TEMPERING* TERHADAP KEKERASAN DAN KETANGGUHAN PADA BAJA KARBON SEDANG ST60

Nama : Izmi Izzati Khairi Murni
NIM/TM : 16474/2010
Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin
Jurusan : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik

Padang, Agustus 2014

Disetujui Oleh:

Pembimbing I

Drs. Syahrul, M.Si
NIP. 19610829 198703 1 003

Pembimbing II

Drs. Muhakir, M.P
NIP. 19620520 198703 1 003

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknik-UNP

Drs. Nelvi Erizon, M.Pd
NIP. 19620208 198903 1 002

PENGESAHAN

Dinyatakan lulus setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Skripsi
Program Studi Pendidikan Teknik Mesin Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang

Judul : Pengaruh Temperatur *Tempering* Terhadap
Kekerasan dan Ketangguhan Pada Baja Karbon
Sedang ST60

Nama : Izmi Izzati Khairi Murni

NIM/TM : 16474/2010

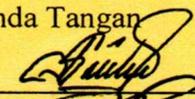
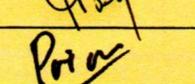
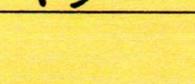
Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin

Jurusan : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Padang, 15 Agustus 2014

Tim Penguji

	Nama	Tanda Tangan
1. Ketua	: Drs. Syahrul, M.Si	1. 
2. Sekretaris	: Drs, Muhakir, M.P	2. 
3. Anggota	: Drs. Abd. Aziz, M.Pd	3. 
4. Anggota	: Arwizet K, ST.MT	4. 
5. Anggota	: Primawati, M.Si	5. 

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, 29 Agustus 2014

Yang menyatakan,

Azmi Izzati Khairi. M





HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirabbil'Alamin.....

Ya allah.....

*Terima kasih atas nikmat dan Rahmat-Mu, sehingga masih diberi kesempatan hidup hingga detik ini,
Sebuah perjalanan panjang dan gelap...telah kau berikan secercah cahaya terang
Meskipun hari esok penuh teka-teki dan tanda tanya yang aku sendiri belum tahu pasti jawabanya
Di tengah malam aku bersujud, kupinta kepada-Mu di saat aku kehilangan arah, kumohon petunjuk-Mu
Aku sering tersandung, terjatuh, terluka dan terkadang harus kutelan antara keringat dan air mata
Namun aku tak pernah takut, aku takkan pernah menyerah karena aku tak mau kalah, Aku akan terus melangkah
berusaha dan berdo'a tanpa mengenal putus asa.*

Hari ini.....

*Ku goreskan tinta demi tinta, Ku rangkai kata demi kata
Kujadikan butiran keringat ayahanda dan ibunda tersayang
Yang penuh perjuangan dan tak kenal lelah
Sebagai karya untuk meraih harapan dan cita-citaku.
Tetesan keringat ayahandaku dan butiran air mata ibundaku
Mengiringi langkah menuju kemenangan yang penuh harapan
Kusadari sepenuhnya apa yang kuperbuat hari ini
Belum mampu membalas pengorbanan mereka*

*Karnanya ya Allah hamba mohon
Jadikan butiran keringat mereka sebagai mutiara
Yang selalu berkilau di dalam kegelapan
Jadikan setiap untaian doa mereka sebagai penyejuk,
Yang datang disaat kami dahaga.*

Hari ini.....

*Dengan kelelahan dan untaian doa mereka
Segala amanah dan harapan orang tua kami
Berhasil ananda lalui dengan ikhlas
Ku bersyukur pada-Mu ya Allah
Di hari yang ku nanti ini.....
Ku datang dengan sepercik keberhasilan
Dengan ketulusan hati.
Serta kepribadian yang baru.*

*Kini....sambutlah aku anakmu, dimana dulu anakmu mencium tanganmu dan terimalah keberhasilan
berwujud gelar persembahanku sebagai bukti cinta dan tanda baktiku.
Dengan ridho Allah SWT,*

*Ku persembahkan sebuah goresan pikiran ini
Kepada ayahanda Kasri yang tak kenal lelah tuk berjuang memberikan dukungan moril maupun materil
dan ibunda Gusti Murni yang selalu memberikan rasa kasih sayang dalam mendidik hingga detik ini.*

*Adikku Hasanah dan Satratul'' Teruskan pendidikan kalian yang lebih tinggi dan yang lebih baik
Abang akan selalu mendoakan dan mendukung kalian semua
Tuk gapai cita-cita dan keinginan kita tuk bisa bangga ayah dan ibu, keluarga besar kita
Serta bagi masyarakat luas nantinya, Amiennn....
Serta semua keluarga besarku di Puncak Sabuang Lumpo Painan*

Dosen-dosenku yang terhormat

Bapak Syahrul sebagai Dosen Pembimbing akademik sekaligus sebagai pembimbing dalam penyelesaian skripsi ini, trimakasih pak atas ketabahan dan keiklasan bapak dalam dan memberi nasehat dan membimbing sayng hingga selesainya studi dan skripsi ini.

dan Bapak Muhakir sebagai pembimbing juga dalam penyelesaian skripsi ini, yang selalu membimbingku, mulai dari proposal penelitian, pelaksanaan penelitian hingga selesainya penelitian yang tersusun dalam skripsi ini.

(Terimakasih pak atas bimbingan, arahan, kemudahan dan nasehat yang bapak berikan selama ini, jasa bapak tak_kan terlupakan pak, semoga Allah SWT membalasnya Kemurahan hati baik bapak. Amien....)

Kepada bapak Azizz yang telah memberikan penilaian yang terbaik buat saya, dan berbagai saran yang membangun untuk kesempurnaan skripsi ini,

Bapak Arwizet yang juga memberikan nilai yang terbaik dan berbagai saran dan masukan dalam kesempurnaan skripsi ini,

Kepada ibu Primawati, sebagai salah satu dosen yang cantik dan sholehah juga di jurusan teknik mesin FT UNP, yang telah memberikan berbagai masukan ,saran dan nilai yang terbaik untukku demi kesempurnaan skripsi ini.

Dan kepada semua dosen-dosen Teknik Mesin FT UNP, (Semoga Allah SWT membalas kebaikan dan jasa bapak dan ibuk berikan, dan semoga menjadi tabungan diakhirat kelak. Amin.....)

Dari hati untuk Sahabat-sahabatku angkatan 2010:

yang selalu hadir, membantu dan mensupport dalam menyelesaikan skripsi ini

Surben, Rusiyadi, Hari, Junanda, Ican, Tofa, Ridwan, Adil, Leo, Pak Rep, Hasbi, Rudi, Yesi, Suri, Eko , Aldi, dan seluruh kawan-kawan angkatan 2010 yang lain yang masih banyak lagi ikut serta dalam suksesnya skripsi ini (buat sahabat-sahabatku yang sedang proses skripsi dan bimbingan, kuniatkan untuk bisa kompre tahun ini juga dan wisuda secepat mungkin Aminn..'' Semangat sobat!!!!).

Teristimewa buat Yeni tercinta yang selalu berikan motifasi

Penyemangat, meskipun sedikit bawel dan pamarah juga

Tapi intinya dia adalah penyemangat dalam dalam penyelesaian skripsi ini

Walau bagaimanapun dia tetap penyemangat hidupku.

Thanks''s you soo much....

Serta seluruh teman-teman, sahabat-sahabatku semuanya yang ngak bisa kusebutkan satu persatu, yang pernah ada atau pun hanya singgah dalam hidup ku, yang pasti kalian bermakna dalam hidupku, yang telah memberikan motivasi, inspirasi, dan pengalaman. Bersama kalian aku belajar memaknai hidup.

Thank''s atas semuanya.

Semoga Allah SWT membalas atas semua kebaikan temen2, dan semoga menjadi tabungan bagi kita diakherat nantinya.

Amiennnnnnnn.....

Padang, Agustus 2014

Salam Manis

Izmi Izzati

ABSTRAK

Izmi Izzati Khairi Murni : Pengaruh Temperatur *Tempering* Terhadap Kekerasan dan Ketangguhan pada Baja Karbon Sedang ST60.

Baja karbon sedang merupakan baja yang memiliki kekerasan sedang, sementara dalam penerapannya dituntut memiliki kekerasan yang tinggi dan memiliki ketangguhan. Oleh sebab itu perlu dilakukan proses *tempering* yang bertujuan untuk menurunkan sedikit kekerasan, tegangan sisa dan meningkatkan keuletan sehingga baja memiliki ketangguhan. Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh temperatur *tempering* terhadap kekerasan dan ketangguhan pada baja karbon sedang ST60.

Diawali dengan proses *hardening* bertujuan meningkatkan kekerasan alami baja, kemudian *penemperan*, bertujuan mengurangi tegangan sisa, kekerasan, sehingga ulet dan memiliki ketangguhan. Metode yang digunakan pendekatan eksperimen. Objek penelitian berupa Spesimen uji kekerasan dan ketangguhan. Masing-masing terdiri dari lima kelompok; I *control*, II *hardening*, III *tempering* 150⁰C, IV *tempering* 350⁰C, dan V *tempering* 550⁰C. Pendinginan menggunakan media air setelah *hardening*, dan media udara setelah *penemperan*. Pengujian kekerasan pada *Universal Hardnes Tester*, dan pengujian ketangguhan pada alat uji *Impack Charpy*.

Hasil penelitian kekerasan menunjukkan terjadinya peningkatan kekerasan pada spesimen kelompok II yang memiliki kekerasan lebih tinggi yaitu 445,33 *HB*, kelompok III memiliki kekerasan 436,83 *HB* dan IV memiliki kekerasan 393,75 *HB*, sementara pada kelompok V terjadi penurunan kekerasan, yang memiliki kekerasan 326,41 *HB*. Dibandingkan dengan kelompok I yang memiliki kekerasan 380,83 *HB*. Sedangkan hasil penelitian ketangguhan menunjukkan terjadinya penurunan serapan energi pada kelompok II yaitu 29,596 *NM* dan kelompok III yaitu 33,2416 *NM*, sedangkan peningkatan serapan energi pada kelompok IV yaitu 80,8421 *NM* dan kelompok V 163,598 *NM*, dibandingkan kelompok I yang memiliki serapan energi 50,35 *NM*. Jadi semakin besar kekerasan material akan semakin rapuh sehingga serapan energi yang dibutuhkan semakin kecil untuk mematahkan material, sedangkan semakin kecil kekerasan material maka akan semakin tangguh sehingga serapan energi yang dibutuhkan semakin besar untuk mematahkan material.

Kata kunci : Serapan Energi, Kekerasan, Ketangguhan, *Hardening*, *Tempering*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kepada Allah S.W.T, yang telah melimpahkan rahmat dan nikmat-Nya. Sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini yang berjudul **“PENGARUH TEMPERATUR *TEMPERING* TERHADAP KEKERASAN DAN KETANGGUHAN PADA BAJA KARBON SEDANG ST60”**.

Dalam penulisan Skripsi ini penulis banyak mendapat bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada semua pihak yaitu :

1. Orang tua penulis yang selalu mendo'akan dan memberikan dukungan moril, materil serta kasih sayang yang tak ternilai harganya.
2. Bapak Drs. Syahrul, M.Si, selaku dosen pembimbing I.
3. Bapak Drs. Muhakir, M.P, selaku Dosen pembimbing II.
4. Bapak Drs. Abd. Aziz, M.Pd selaku Dosen penguji Skripsi.
5. Bapak Arwizet K, ST. MT selaku sekretaris Jurusan Teknik Mesin sekaligus menjadi Dosen penguji Skripsi.
6. Ibu Primawati, M.Si, selaku Dosen penguji Skripsi.
7. Bapak Drs. Nelvi Erizon, M.Pd, selaku ketua Jurusan Teknik Mesin.
8. Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
9. Seluruh dosen Jurusan Teknik Mesin yang telah memberikan ilmu yang bermanfa'at pada penulis.
10. Kepada teman-teman seperjuangan dan senasib dengan penulis yang selalu memberi motivasi dalam penulisan Skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa dalam pembuatan Skripsi ini banyak sekali terdapat kekurangan dan kekeliruan, hal tersebut terjadi sepenuhnya karna penulis. Oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritikan dan saran dari berbagai pihak untuk kesempurnaan Skripsi ini dimasa yang akan datang nantinya.

Padang, Agustus 2014

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
ABSTRAK	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah	6
C. Batasan Masalah	7
D. Rumusan Masalah	7
E. Tujuan Penelitian	7
F. Manfaat Penelitian	8
BAB II KAJIAN TEORI	
A. Deskripsi Teori	9
1. Bahan Logam	9

2. Bahan Non Logam	9
3. Klasifikasi Baja	10
4. Perlakuan Panas (<i>Heat Treatment</i>) Pada Baja	22
5. Media Pendingin	33
6. Pengujian Kekerasan	35
7. Pengujian <i>Impack</i>	40
B. Penelitian Yang Relevan	43
C. Kerangka Konseptual	44
D. Pertanyaan Penelitian	46

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

A. Disain Penelitian	47
B. Defenisi Operasional	49
C. Objek Penelitian	49
D. Jenis dan Sumber Data	51
E. Instrumen Pengumpulan Data	51
F. Alat dan Bahan	53
G. Prosedur Penelitian	54
H. Waktu Pelaksanaan Penelitian	58
I. Teknik Analisa Data	58

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Kekerasan	61
1. Data Hasil Pengujian Kekerasan	61
2. Analisis Data Pengujian Kekerasan	63

3. Pembahasan Hasil Pengujian Kekerasan.....	65
B. Pengujian <i>Impack</i>	69
1. Data Hasil Pengujian <i>Impack</i>	69
2. Analisis Data Pengujian <i>Impack</i>	65
3. Pembahasan Hasil Pengujian <i>Impack</i>	79
BAB V PENUTUP	
A. Kesimpulan.....	82
B. Saran	84
DAFTAR PUSTAKA.....	85
LAMPIRAN.....	87

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Baja Kontruksi Menurut ONORM M 3111	19
2. Jenis dan Tujuan Perlakuan Panas	23
3. Suhu Penyepuhan	31
4. Pola Penelitian.....	48
5. Data Hasil Pengujian <i>Brinell</i>	52
6. Data Hasil Pengujian <i>Impack</i>	53
7. Data Hasil Pengujian <i>Brinell</i>	65

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Struktur Dan Sifat-Sifat Baja Karbon Sebelum Pengerasan.....	17
2. Diagram Kesetimbangan –	21
3. Alat Uji Kekerasan	38
4. Pengujian <i>Brinell</i>	39
5. Alat Uji <i>Impact Charpy</i>	42
6. Ilustrasi Uji <i>Impact Charpy</i>	43
7. Kerangka Konseptual	45
8. Spesimen Uji Kekerasan.....	50
9. Spesimen Uji Ketangguhan.....	50
10. Prosedur Penelitian.....	57
11. Hasil Pengujian Kekerasan <i>Brinell</i> Masing-masing Spesimen	62
12. Grafik Kekerasan Rata-rata Setiap Kelompok	62
13. Grafik Data Kekerasan Spesimen <i>Control</i>	66
14. Grafik Data Kekerasan Spesimen <i>Hardening</i>	66
15. Grafik Data Kekerasan Spesimen <i>Temper 150°C</i>	67
16. Grafik Data Kekerasan Spesimen <i>Temper 350°C</i>	68
17. Grafik Data Kekerasan Spesimen <i>Temper 550°C</i>	68
18. Grafik Energi Serapan Rata-rata Setiap Kelompok	71
19. Grafik Harga <i>Impact</i> Rata-rata Setiap Kelompok	71
20. Tinggi Bandul Awal (H_o) dengan Tinggi Bandul Akhir (H_i)...	72

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Biodata Mahasiswa.....	88
2. Lembar Konsultasi Skripsi	89
3. Surat Izin Penelitian Dijurusan Teknik Mesin	91
4. Dokumentasi Penelitian.....	92

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Perkembangan teknologi semakin maju dengan pesat, terutama di dunia Industri. Logam merupakan salah satu bahan baku utama dalam memproduksi suatu alat ataupun benda jadi yang di olah oleh industri yang akan dipasarkan ke masyarakat luas. Hingga saat ini terdapat berbagai jenis logam yang dapat digunakan sebagai bahan baku industri tersebut. Namun dalam hal pemilihan material harus berdasarkan pertimbangan teknis, ekonomis dan teknologi seperti; kekuatan, kekerasan, ketangguhan, kemudahan diperoleh di pasaran dan kemampuan material untuk di olah. Menurut Amanto dan Daryanto (2003: 2) logam dapat dibagi dalam dua golongan yaitu logam *ferro* adalah logam besi dan logam *nonferro* yaitu logam bukan besi.

Sampai saat ini terdapat berbagai jenis logam yang dapat digunakan sebagai bahan baku utama suatu industri. Terutama jika dilihat dari perkembangan produksi permesinan dan bidang otomotif, maka kebutuhan akan baja karbon pada umumnya dirasakan semakin meningkat penggunaannya. Salah satunya yaitu baja karbon sedang yang merupakan material yang sangat banyak dan luas penggunaannya terutama pada bidang teknik mesin, contohnya dalam pembuatan baut, mur serta berbagai macam jenis roda gigi ataupun teknik otomotif, contohnya pada pembuatan komponen kendaraan bermotor.

Dalam pembuatan baut, mur, komponen kendaraan bermotor terutama pembuatan roda gigi dan poros transmisi, dituntut memiliki kekerasan dan kekuatan atau yang disebut ketangguhan. Dilihat dari segi ekonomis, suatu logam yang mempunyai keunggulan seperti: keuletan, kekerasan, kekuatan, dan sifat-sifat lainnya, seperti tahan terhadap korosi, tahan temperatur yang tinggi, biasanya membutuhkan biaya cukup mahal untuk membelinya. Oleh sebab itu para teknikan sering mensiasati dengan memberikan perlakuan (*treatment*) pada material yang harganya relatif murah untuk mendapatkan sifat-sifat tertentu.

Karena dalam hal pemilihan material yang sesuai harus berdasarkan pertimbangan teknis, ekonomis, dan teknologi. Hal ini mendorong para pelaku dunia industri untuk meningkatkan kualitas dari logam yang dibutuhkan masyarakat luas. Hingga saat ini telah banyak pengembangan-pengembangan yang dilakukan oleh para peneliti agar dalam pembuatan roda gigi tersebut, menghasilkan roda gigi yang memiliki ketangguhan, tahan terhadap gaya-gaya yang ditimbulkan saat roda gigi saling bersinggungan ketika mesin bekerja.

Saat mesin bekerja maka akan terjadi penambahan maupun pengurangan putaran mesin per menit yang terjadi secara instan atau cepat, pada saat inilah akan terjadi beban puntir karena adanya hentakan yang ditimbulkan akibat perubahan putaran mesin tersebut. Dalam hal ini komponen roda gigi harus memiliki sifat ulet, sehingga mampu menahan hentakan keras saat roda gigi mengalami puntiran. Hal ini juga berlaku ketika mengalami beban berat ataupun kecepatan yang tinggi. Sehingga dibutuhkan suatu bahan yang keras pada

permukaan dan ulet pada bagian dalamnya guna mencegah kerusakan yang dapat terjadi seperti patah pada roda gigi tersebut.

Permasalahan yang sering terjadi pada suatu logam yaitu sering kali produk mengalami kerusakan pada bagian-bagian yang mengalami pembebanan gaya tarik, tekan ataupun gaya puntir yang mengakibatkan produk tersebut menjadi rusak. Hal ini akan mengakibatkan masa pemakaian produk menjadi relatif pendek. Sedangkan dalam aplikasinya, semua struktur logam akan terkena pengaruh gaya luar berupa: tegangan, regangan, gesekan, tekanan sehingga menimbulkan perubahan bentuk apabila produk tidak memiliki ketangguhan.

Agar suatu logam memiliki ketangguhan seperti yang di inginkan, seperti: tahan terhadap gaya luar, berupa tegangan, gesekan dan tekanan, maka perlu dilakukan proses *heat treatment* (perlakuan panas), diantaranya yaitu: *hardening*, *annealing*, *normalizing*, *tempering*, dan sebagainya. Dikarenakan proses *heat treatment* terdiri dari beberapa proses, maka penelitian yang dilakukan hanya pada satu proses saja yaitu *tempering*, yang bertujuan untuk menurunkan kekerasan, tegangan sisa, serta meningkatkan keuletan dan ketangguhan pada baja.

Baja ST60 merupakan baja karbon sedang yang memiliki kekerasan sedang. Sementara dalam pemakaiannya baja ini di harapkan memiliki kekerasan yang tinggi, itu sebabnya diberikan perlakuan panas untuk mempertinggi kekerasannya. Namun akibat peningkatan kekerasan juga menyebabkan baja ini memiliki sifat rapuh sehingga apabila digunakan secara langsung sebagai

komponen akan mudah patah. Oleh sebab itu baja ini harus ditingkatkan ketangguhannya dengan jalan menurunkan sedikit kekerasannya dan meningkatkan keuletan melalui proses perlakuan panas lanjut yang disebut *tempering*.

Perlakuan panas dimaksud pada penelitian ini adalah proses dua tahap, yang diawali dengan proses *hardening* (pengerasan) dan selanjutnya baru dilakukan proses *penemperan*. Eddy menjelaskan (1994: 45) “*hardening* (pengerasan) ialah perlakuan panas terhadap baja dengan sasaran meningkatkan kekerasan alami baja dan dilanjutkan dengan penyejukan *kritis*” . Menurut Amanto dan Daryanto (2003:80) ” tahap *penemperan* yang bertujuan mengurangi tegangan sisa, menurunkan kekerasan, meningkatkan keuletan sehingga baja memiliki ketangguhan” .

Proses pengerasan dilakukan dengan memanaskan bahan sampai pada temperatur 50° di atas garis dengan waktu penahanan tertentu kemudian didinginkan dengan cepat dengan menggunakan media air dan dilanjutkan pada proses *penemperan*, meliputi pemanasan bahan baja pada temperatur tertentu dan didinginkan dengan media udara. Perlakuan panas tahap kedua ini bertujuan untuk mengurangi kerapuhan akibat pengerasan dan meningkatkan keuletan, sehingga hasil perlakuan panas yang diberikan dapat meningkatkan ketangguhan pada bahan.

Seiring perkembangan teknologi yang selalu mengalami kemajuan yang sangat pesat, terutama dalam bidang teknik, khususnya pada teknik pengerasan logam, serta untuk memenuhi tuntutan konsumen dalam teknik pengerasan logam, maka peneliti mencoba mengangkat permasalahan tentang tingkat kekerasan baja karbon sedang yang *ditempering* dengan temperatur yang berbeda-beda dimana sebelumnya dilakukan proses *hardening*. Alasan yang mendasari peneliti mengambil baja karbon sedang karena baja karbon sedang ini banyak digunakan dalam bidang teknik atau industri seperti pembuatan roda gigi, poros spindel, komponen kendaraan bermotor, dan mampu diberikan perlakuan panas, sehingga cocok untuk komponen yang membutuhkan kekerasan, keuletan, maupun ketahanan terhadap gesekan.

Amanto dan Daryanto (2003: 63) menyatakan, “Perlakuan panas (*heat treatment*) adalah proses memanaskan bahan sampai suhu tertentu dan kemudian didinginkan dengan media pendingin tertentu”. Dari penjelasan di atas dapat ditegaskan bahwa perlakuan panas adalah proses kombinasi dua tahap kegiatan, yaitu pemanasan dan pendinginan. Adapun pendinginan yang biasa digunakan diantaranya air, oli, udara, pasir, air garam, dan pendingin dalam tungku, tergantung pada sifat apa yang diinginkan dimiliki oleh bahan. Dari berbagai jenis pendingin setelah perlakuan panas pada baja karbon sedang, maka peneliti mengambil media pendingin air setelah proses *hardening*, dan udara setelah proses *tempering*.

Berdasarkan latar belakang di atas, peneliti tertarik untuk melakukan penelitian untuk mengukur tingkat kekerasan dan ketangguhan pada baja karbon sedang ST60 yang *ditempering* dengan temperatur yang berbeda-beda. Dengan ini peneliti memberi judul **“Pengaruh Temperatur *Tempering* Terhadap Kekerasan dan Ketangguhan Pada Baja Karbon Sedang ST60”** .

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, dapat diidentifikasi beberapa permasalahan sebagai berikut:

1. Jenis-jenis baja yang sangat beragam, memberikan kesempatan pada masyarakat untuk memilih material sesuai dengan tingkat kekerasan logam dan jenis logam yang ada.
2. Kerusakan produk yang sering terjadi akibat gaya tekan dan gaya gesek yang dapat mengakibatkan produk menjadi patah dan haus.
3. Terjadinya perubahan bentuk pada baja akibat terkena pengaruh gaya luar berupa tegangan, tekanan dan gesekan.
4. Baja karbon yang memiliki kekerasan yang bermacam-macam menyulitkan konsumen dalam penggunaan yang tepat.
5. ST60 merupakan baja karbon sedang yang memiliki kekerasan sedang, sementara dalam pemakaian baja ini diharapkan memiliki kekerasan yang tinggi.

6. Peningkatan kekerasan dapat menyebabkan baja menjadi rapuh dan apabila digunakan langsung akan mudah patah
7. Pemanasan kembali dalam proses temper dapat menurunkan kekerasan, namun penurunan kekerasan yang diharapkan bergantung pada temperatur pemanasannya.
8. Banyak material yang digunakan belum diberi perlakuan panas sehingga material akan mudah mengalami kerusakan karena tidak memiliki ketangguhan.

C. Batasan Masalah

Untuk lebih terarahnya penelitian ini, maka permasalahan yang ingin penulis teliti adalah “Pengaruh temperatur *tempering* terhadap kekerasan dan ketangguhan pada baja karbon sedang ST60” .

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan batasan masalah di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu seberapa besar pengaruh temperatur *tempering* terhadap kekerasan dan ketangguhan pada baja karbon sedang ST60.

E. Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai setelah penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisa pengaruh temperatur *tempering* terhadap kekerasan pada baja karbon sedang ST60.

2. Menganalisa pengaruh temperatur *tempering* terhadap ketangguhan pada baja karbon sedang ST60.

F. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menambah pengetahuan peneliti tentang proses perlakuan panas terhadap material baja karbon sedang ST60.
2. Sebagai informasi bagi pembaca bagaimana cara meningkatkan ketangguhan suatu baja karbon sedang ST60.
3. Sebagai masukan bagi konsumen dalam memilih baja sesuai kebutuhan berdasarkan tingkat kekerasan baja yang berbeda.
4. Sebagai syarat untuk menyelesaikan studi S1 di jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik FT UNP Padang.

BAB II

KAJIAN TEORI

A. Deskripsi Teori

1. Bahan Logam

Logam adalah material yang mempunyai sifat-sifat, diantaranya adalah penghantar listrik, penghantar panas, dapat ditempa dan di tarik, memiliki kerapatan relatif tinggi, berwujud padat, kuat, liat, keras, serta mempunyai titik cair tinggi. Menurut Amanto dan Daryanto (2003: 2), logam dapat dibagi dalam dua golongan yaitu logam *ferro* atau logam besi dan logam *nonferro* yaitu logam bukan besi.

a. Logam *ferro* (Besi)

Logam *ferro* adalah suatu logam paduan yang terdiri dari campuran unsur karbon dengan besi. Untuk menghasilkan suatu logam paduan yang mempunyai sifat yang berbeda dengan besi dan karbon maka dicampur dengan bermacam logam lainnya, yang terdiri dari komposisi kimia yang sederhana antara besi dan karbon. Jenis logam *ferro* adalah sebagai berikut: besi tuang, baja karbon, baja paduan rendah dan baja paduan tinggi.

b. Logam *nonferro* (bukan besi)

Logam bukan besi yaitu logam yang tidak mengandung unsur besi (Fe). Terdiri dari: tembaga (Cu), aluminium (Al), timbel (Pb), timah (Sn), dan lain-lain.

2. Bahan nonlogam

Menurut Amanto dan Daryanto (2003: 4), “Bahan non logam adalah suatu bahan teknik yang tidak termasuk kedalam kelompok logam yang didapat dari bahan galian, tumbuhan atau hasil dari proses pengolahan minyak bumi”. Bahan non logam banyak digunakan pada industri permesinan,

dari industri kecil sampai industri besar. Pengolahan bahan-bahan non logam lebih murah dibandingkan dengan bahan yang didapatkan dari pertambangan. Sehingga kalau ditinjau dari segi ekonomi dan proses, bahan non logam lebih murah dan cepat dalam proses pengolahannya dari pada bahan tambang. Bahan-bahan non logam antara lain asbes, karet, plastik, dan lain-lain.

3. Klasifikasi Baja

Menurut Amanto dan Daryanto (2003: 22) “Baja dapat didefinisikan suatu campuran dari besi dan karbon, di mana unsur karbon (C) menjadi dasar campurannya”. Disamping itu, mengandung unsur campuran lainnya seperti sulfur (S), fosfor (P), silikon (Si), dan mangan (Mn) yang jumlahnya terbatas.

a. Baja Karbon

Baja karbon dapat diklasifikasikan berdasarkan jumlah kandungan karbonnya. Yang terdiri atas tiga macam, yaitu baja karbon rendah, sedang, dan tinggi.

Pengelompokan baja menurut kadar karbonnya:

1) Baja Karbon Rendah (*Low carbon steel*)

Amanto dan Daryanto (2003: 33), mengemukakan, baja ini disebut baja lunak (*mild steel*), baja karbon rendah bukan baja yang keras, karena kandungan karbonnya rendah kurang dari 0,3%.

2) Baja Karbon Sedang (*Medium carbon steel*)

Menurut Daswarman (2012: 51), “Baja karbon sedang memiliki konsentrasi karbon antara 0.30% karbon sampai dengan 0.83% karbon”. Untuk meningkatkan sifat-sifat mekaniknya, baja ini dapat diberi perlakuan panas berupa, *hardening*, *tempering*, *annealing*, *normalizing* dan lain-lain. Material jenis ini memiliki *hardenability* (mampu keras) yang sedang. Sehingga dibutuhkan kombinasi antara kekuatan tinggi, ketahanan aus, dan ketangguhan.

Berdasarkan jumlah karbon yang terkandung dalam baja, maka baja karbon ini dapat digunakan untuk alat-alat sebagai berikut:

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

3) Baja Karbon Tinggi (*High Carbon Steel*)

Daswarman (2012: 52) mengemukakan, “Baja karbon tinggi memiliki kandungan karbon antara 0,83 % sampai dengan 2,0 % karbon, dimana setiap satu ton baja karbon tinggi mengandung karbon antara 7 – 20 kg”. Baja karbon ini banyak dipergunakan untuk

pekerjaan-pekerjaan yang mengalami panas. Baja Karbon ini dapat digunakan untuk:

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

Baja karbon ini mempunyai sifat-sifat yang kurang baik yaitu makin tinggi mengandung karbon, maka sifat baja karbon ini makin getas. Merupakan jenis baja karbon yang paling keras, kuat, namun memiliki keuletan yang paling rendah dibandingkan dengan baja karbon lain.

b. Baja Paduan (*Alloyed Steel*)

Amanto dan Daryanto (2003: 34), mendefinisikan:

“Baja paduan adalah sebagai suatu baja yang dicampur dengan satu atau lebih unsur campuran seperti *nikel, kromium, molibden, vanadium, mangan, dan wolfram* yang berguna untuk memperoleh sifat-sifat baja yang dikehendaki (keras, kuat, dan liat), tetapi unsur karbon tidak dianggap sebagai salah satu unsur campuran”.

Baja paduan dihasilkan dengan biaya yang lebih mahal dari pada baja karbon karena bertambahnya biaya untuk penambahan pengerjaan yang khusus yang dilakukan didalam industry atau pabrik-pabrik, keterbatasan

baja karbon sewaktu dibutuhkan sifat-sifat yang spesial dari baja.

c. Unsur Campuran Dasar Pada Baja

Campuran dasar pada baja adalah besi(Fe) dan karbon(C) 0,03 – 2,0%, dan semakin tinggi unsur karbon pada suatu baja menyebabkan kuat lelah, kuat tarik akan meningkat, keliatan/ elongasi baja berkurang dan semakin sukar untuk dilas. Dikutip dari Direktorat Pendidikan Menengah Kejuruan (2003: 33), unsur campuran yang ada pada baja biasanya adalah:

1) Silisium (Si)

Dapat menambah sifat elastis dan mengurangi perkembangan gas di dalam cairan baja, sehingga persenyawaannya lebih homogen. Makin besar unsur Si semakin sukar ditempa atau di las. Baja dengan paduan *silisium* biasanya digunakan untuk membuat pegas.

2) Nikel (Ni)

Dapat mempertinggi kekuatan dan regangannya sehingga baja paduan ini menjadi liat dan tahan tarikan. Penambahan unsur *nikel* di dalam baja karbon berpengaruh pula terhadap ketahanan korosi. Oleh karena itu baja paduan ini biasa digunakan untuk bahan membuat sudu-sudu turbin, roda gigi, bagian-bagian mobil dan sebagainya.

3) Chromium (Cr)

Dapat memberikan kekuatan dan kekerasan baja lebih meningkat, tahan korosi dan tahan aus. Dengan sifat-sifat itu membuat baja paduan

ini baik untuk bahan poros, dan roda gigi. Penambahan unsur *chromium* biasanya diikuti dengan penambahan *nikel*.

4) Molibdenum (Mo)

Dengan penambahan *molibdenum* akan memperbaiki baja karbon menjadi tahan terhadap suhu yang tinggi, liat, dan kuat. Baja paduan ini biasa digunakan sebagai bahan untuk membuat alat-alat potong, misalnya pahat.

5) Wolfram (W)

Dengan penambahan unsur ini memberikan pengaruh yang sama seperti pada penambahan *molibdenum* dan biasanya juga dicampur dengan unsur *nikel* (Ni) dan *chromium* (Cr). Baja paduan ini memiliki sifat tahan terhadap suhu yang tinggi, karenanya banyak digunakan untuk bahan membuat pahat potong yang lebih dikenal dengan nama baja potong cepat (HSS /*Hight Speed Steel*).

6) Vanadium (V)

Dengan penambahan unsur ini akan memperbaiki struktur kristal baja menjadi halus dan tahan aus, terlebih bila dicampur dengan *chromium*. Baja paduan ini digunakan untuk membuat roda gigi, batang penggerak, dan sebagainya.

7) Kobalt (Co)

Dengan penambahan unsur ini akan memperbaiki sifat kekerasan baja meningkat dan tahan aus serta tetap keras pada suhu yang tinggi.

Baja paduan ini banyak digunakan untuk konstruksi pesawat terbang atau konstruksi yang harus tahan panas dan tahan aus.

8) Tembaga (Cu)

Baja paduan yang memiliki ketahanan korosi yang besar diperoleh dengan penambahan tembaga berkisar 0,5 – 1,5 % tembaga pada 99,95 – 99,85 % Fe. Baja paduan ini disebut baja *Armco* yang digunakan untuk membuat konstruksi jembatan, menara-menara, dan lain-lain.

d. Unsur Bawaan Pada Baja

Disamping unsur karbon sebagai bahan campuran dasar dalam besi, juga terdapat unsur-unsur bawaan lainnya yang jumlah persentasenya dibatasi/ dikontrol. Menurut Amanto dan Daryanto (2003: 23) unsur-unsur tersebut yaitu:

1) Unsur Fosfor (P)

Unsur fosfor membentuk larutan besi *fosfida*. Fosfor dianggap sebagai unsur yang tidak murni dan jumlah kehadirannya di dalam baja dikontrol dengan cepat sehingga persentase maksimum unsur fosfor di dalam baja sekitar 0,05%.

2) Unsur Sulfur (S)

Unsur sulfur membahayakan larutan besi *sulfida* (besi belerang) yang mempunyai titik cair rendah dan rapuh. Besi *sulfida* terkumpul pada batas butir-butirannya yang membuat baja hanya didinginkan secara singkat (tidak sesuai untuk pengerjaan dingin), karena

kerapuhannya. Hal itu juga membuat baja dipanaskan secara singkat (tidak sesuai untuk pengerjaan panas), karena menjadi cair pada temperatur pengerjaan panas dan juga menyebabkan baja menjadi retak-retak. Kandungan sulfur harus dijaga serendah mungkin dibawah 0,05%.

3) Unsur Silikon (Si)

Silikon membuat baja tidak stabil, tetapi unsur ini tetap menghasilkan lapisan *grafit* (pemecahan sementit yang menghasilkan grafit) dan menyebabkan baja menjadi tidak kuat. Baja mengandung *silikon* sekitar 0,1 – 0,3%.

4) Unsur Mangan (Mn)

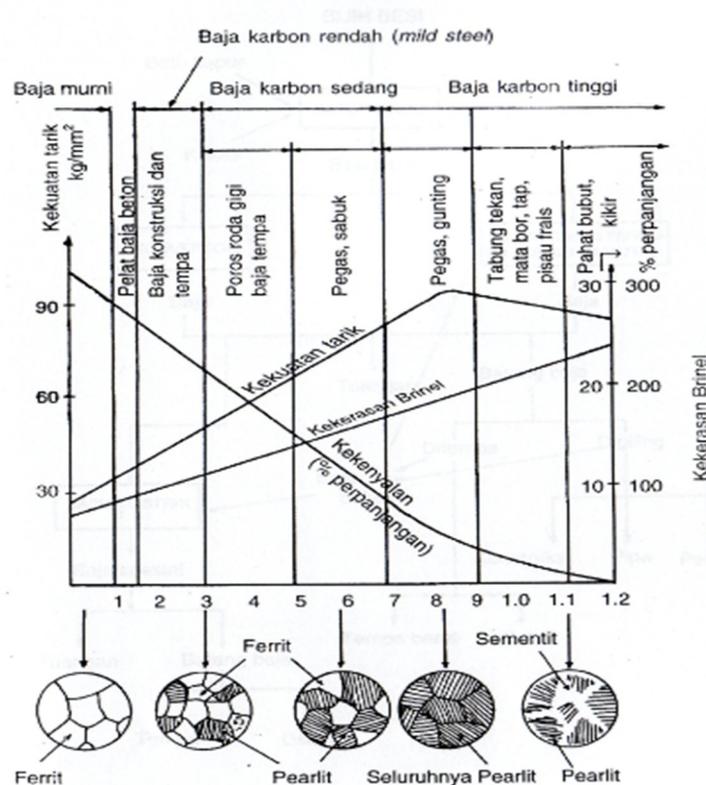
Unsur *mangan* yang bercampur dengan *sulfur* akan membentuk mangan *sulfida* dan diikuti dengan pembentukan besi *sulfida*, mangan sulfida tidak membahayakan baja dan mengimbangi sifat jelek dari *sulfur*, kandungan mangan harus dikontrol. Dan mengandung mangan lebih dari 1%.

e. Pengaruh Penambahan Bahan Paduan Pada Baja.

Baja umumnya mengandung unsur lain yang ditambahkan untuk tujuan tertentu. Menurut W.O. Alexander (1991: 59) ada tiga fungsi pokok unsur pada paduan:

- 1) Sebagai substitusi atom besi dalam larutan padat atau dalam *samentit* untuk meningkatkan kekuatan, kekerasan, dan ketanguhan. Selain itu, elemen paduan dapat dimanfaatkan guna membatasi pertumbuhan butir dan kristal selama proses *transformasi* atau perlakuan panas.

- 2) Untuk menjamin terbentuknya *martensit* pada laju pendinginan, panas dari tengah benda logam dapat merambat ke permukaan dengan kecepatan tertentu.
- 3) Untuk membentuk *karbida* yang lebih keras dan tahan aus dari pada *sementit*, dan untuk mengatur penemperan *martensit*.



Gambar 1. Struktur dan sifat-sifat baja karbon sebelum pengerasan

Sumber: (Amanto dan Daryanto, 2003: 24)

f. Baja Karbon Sedang ST60

Baja ST60 termasuk baja karbon sedang dengan kadar karbon 0.30% karbon sampai dengan 0.60% karbon. Baja ST60 Merupakan baja paduan yang berkualitas tinggi, mempunyai kualitas mekanik yang baik, dan mempunyai ketahanan yang cukup terhadap goresan, aplikasi yang baik untuk permesinan. Baja ST60 ini dapat dilakukan perlakuan panas seperti:

proses *hardening*, *annealing*, dan *tempering*. Dengan media pendingin berupa air, oli dan udara bebas, tergantung dari sifat yang diinginkan. Menurut Nizam Efendi (2013:11) diakses 30 Januari 2014, dalam jurnal yang diterbitkan oleh STTNAS Yogyakarta (*Online*) yang berjudul studi pengaruh heat input terhadap ketangguhan *impact* las SMAW posisi vertical baja ST60 *temper* menyimpulkan bahwa Komposisi Kimia dari Baja karbon sedang ST60 yaitu:

- 1) *Fe* 98,46 %
- 2) *S* 0,011 %,
- 3) *C* 0,564 %
- 4) *Ni* 0,036 %
- 5) *Nb* 0,010 %.
- 6) *Si* 0,142 %.
- 7) *Cr* 0,040 %.
- 8) *Mn* 0,697 %
- 9) *Mo* 0,006 %
- 10) *W* 0,03 %
- 11) *P* 0,006 %
- 12) *Cu* 0,004 %

(<http://jurnal.unimus.ac.id/index.php/jtm/article/view/547/596>)

Tabel 1. Baja Konstruksi menurut ONORM M 3111

Sebutan ONORM	DIN 17-100	$\sigma_{HKg}/$ mm^2	$\sigma_{sKg}/$ mm^2	C %	$\delta s\%$	\emptyset Pen a	Sifat-sifat
St 00 M	-	Sampai 50	-	0,12	30....26	4a	Mutu perdagangan tidak dijamin dapat dilas leleh
St 34 M	St 34- 2	34...42	19	0,12	30 ...26	0,5a	Dapat disepuh keras
St 37 M	St 37- 2	37...45	21	0,16	26 ...23	A	Dilas secara terbatas padat disepuh keras
St 42 M	St 42- 2	42...50	23	0,25	25....22	A	Kurang dapat dikeraskan Dapat ditemper
St 50 M	St 50 - 2	50...60	27	0,35	22 ...18	-	Dapat dikeraskan, dapatditemper
St 60 M	St 60- 2	60...70	32	0,45	17....13	-	Dapat sangat dikeraskan
St 70 M	St 70- 2	70...85	35	0,55	12.... 8	-	Dapat distemper

Sumber: (Alois Schonmetz dkk 1985: 17)

Aplikasi penggunaan baja ST60 banyak sekali digunakan untuk tangki, perkapalan, jembatan, dan dalam permesinan, yaitu komponen mesin yang diberi ketangguhan seperti : poros, pegas, baut, mur, gear, dan komponen mesin lainnya.

Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan di dalam fase-fase yang terbentuk pada baja, yaitu:

- 1) Ferrite atau Besi Alpha

Merupakan modifikasi struktur besi murni pada suhu ruang, dimana *ferit* menjadi lunak, tidak kuat dan ulet, maka ruang antara atom-atomnya adalah kecil dan padat sehingga atom karbon yang dapat tertampung hanya sedikit sekali.

2) Austenit atau Besi Gamma

Merupakan modifikasi dari besi murni dengan struktur yang memiliki jarak atom yang lebih besar dibandingkan dengan *ferit*. Meski demikian rongga-rongga pada struktur hampir tidak dapat menampung atom karbon dan penyisipan atom karbon akan mengakibatkan tegangan dalam struktur sehingga tidak semua rongga dapat terisi, dengan kata lain daya larutnya jadi terbatas.

3) Sementit atau Karbida Besi

Adalah paduan besi karbon, dimana pada kondisi ini karbon melebihi batas larutan sehingga membentuk karbida besi, karbida pada *ferit* akan meningkatkan kekerasan pada baja sifat dasar *sementit* adalah sangat keras.

4) Perlit

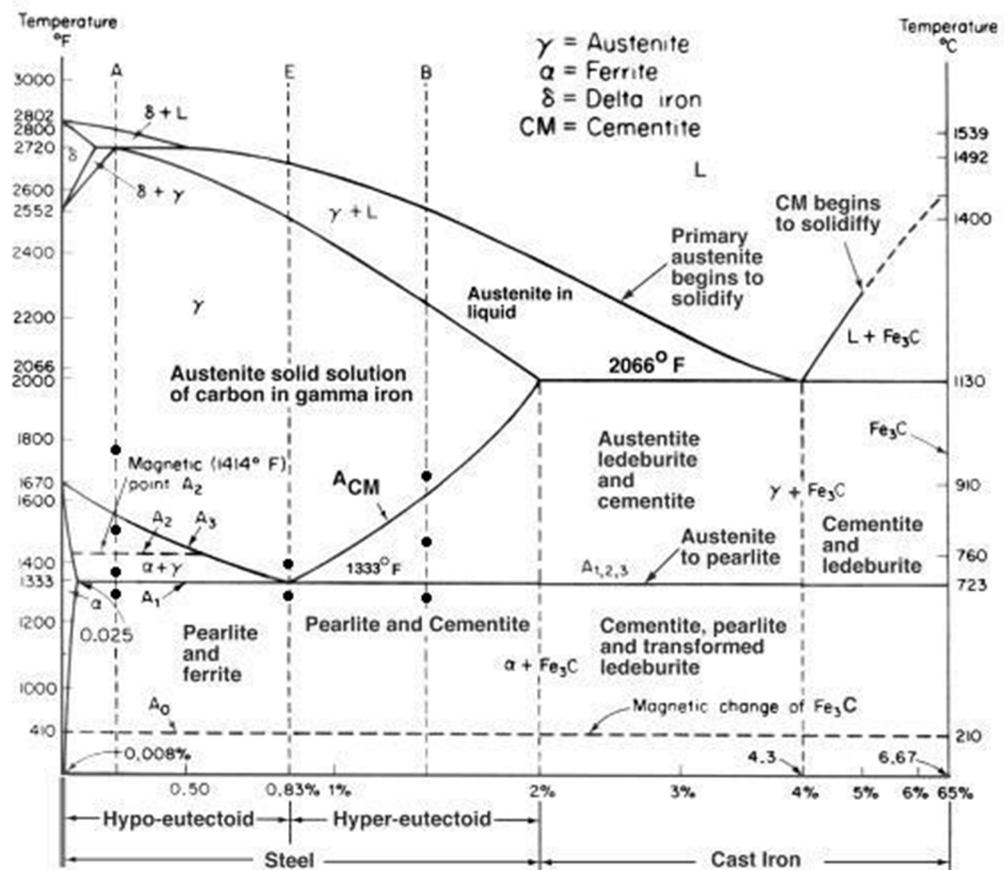
Adalah suatu struktur besi yang merupakan campuran antara besi *ferrit* dan *sementit* yang tersusun secara berselang-selang. Ini dikarenakan *ferit* dan *karbida* terbentuk secara bersamaan dan keduanya saling bercampur. Apabila laju pendingin dilakukan secara

perlahan-lahan maka atom karbon dapat menempuh jarak lebih jauh, sehingga diperoleh bentuk *perlit* besar.

5) Martensit

Terjadi karena pendinginan yang sangat cepat sekali, pada reaksi ini tidak terjadi *difusi* (pelepasan karbon), tetapi terjadi pengerasan pergerakan atom (*dislokasi*). *Martensit* terbentuk karena *transformasi* tanpa *difusi* sehingga atom-atom karbon seluruhnya terperangkap. Keadaan ini menimbulkan *distorsi* pada struktur kristal *martensit*.

Diagram keseimbangan besi-carbon



Gambar 2. Diagram Keseimbangan $Fe-Fe_3C$

Dikutib dari perangkat pembelajaran teknologi bahan: (Hendri Nurdin 2012).” Garis-garis adalah garis *liquidus* ialah garis yang menunjukkan awal dari proses pendinginan atau pembekuan, Garis solidus Adalah garis yang menunjukkan akhir dari proses pembekuan atau pendinginan, Garis *solvus* ialah garis yang menunjukkan batas antara fasa padat dengan fasa padat atau solid solution dengan solid solution. Garis *Acm* = garis kelarutan carbon pada besi gamma, Garis *A3* = garis temperature dimana terjadi perubahan ferrit menjadi Auteinite (gamma) pada pemanasan”.

4. Perlakuan Panas (*Heat Treatment*) Pada Baja

Menurut Amanto dan Daryanto (2003: 63),” pengerjaan panas adalah proses yang memanaskan bahan sampai suhu tertentu dan kemudian didinginkan menurut cara tertentu. Tujuan pengerjaan panas ini adalah untuk memberi sifat yang lebih sempurna pada bahan”.

Sedangkan 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”.

Menurut Eddy (1994: 38),” Perlakuan panas ialah suatu cara yang mengakibatkan perubahan struktur bahan melalui penyolderan atau penyerapan

panas, dari pada itu bentuk bahan tetap sama kecuali perubahan akibat regangan panas”.

Menurut Hans kramer (1997: 63) tujuan perlakuan panas tersebut meliputi:

- a. Untuk memperoleh sifat-sifat sesuai dengan penggunaan, khususnya untuk mendapatkan kekerasan, kekuatan dan sifat liat yang dipergunakan, tujuan ini dapat dicapai melalui pengerasan, perbaikan sifat dan pormalan.
- b. Untuk memberikan kemungkinan pengerjaan yang optimal untuk pengerjaan pembentukan, caranya dengan pelunakan dan pelunakan penuh.
- c. Untuk menghilangkan ketegangan pada benda kerja yang dapat timbul setelah pengelasan, pengerjaan pembentukan-panas atau pembentukan-dingin, dalam hal ini diterapkan proses pembebasan tegangan.

Tabel 2 . Jenis dan Tujuan Perlakuan Panas

No	Heat treatment	Tujuan
1.	<i>Hardening</i>	Meningkatkan kekerasan alami baja, menghasilkan benda yang keras, dan meningkatkan ketahanan haus.
2.	<i>Anneling</i>	Melunakkan bahan, menaikkan keliatan, agar mudah dikerjakan dipermesinan dengan proses pendinginan lambat pada suhu kamar
3.	<i>Normalizing</i>	Menghilangkan tegangan sisa yang disebabkan oleh berbagai perlakuan sebelumnya, karna struktur butiran lebih homogen.
4.	<i>Tempering</i>	Menurunkan tegangan sisa, mengurangi sedikit kekerasan dan meningkatnya keliatan sehingga material memiliki ketangguhan.
5.	<i>Quenching</i>	Membuat material menjadi semakin keras akibat struktur <i>mertensit</i> yang ditimbulkan

Oleh : Izmi Izzati

Dikutip dari Direktorat Pendidikan Menengah Kejuruan (2003: 47), sifat yang berhubungan dengan maksud dan tujuan perlakuan panas tersebut meliputi:

- a. Meningkatkan kekuatan dan kekerasannya.
- b. Mengurangi tegangan.
- c. Melunakkan.
- d. Mengembalikan pada kondisi normal akibat pengaruh pengerjaan sebelumnya.
- e. Menghaluskan butir kristal yang akan berpengaruh terhadap keuletan bahan.

Heat Treatment sederhana yang biasa dikenal selalu diawali dengan pemanasan (*Heating*) kemudian diikuti dengan pendinginan cepat (*Quenching*).

Proses pekerjaan panas terdiri dari beberapa jenis yaitu:

- a. *Hardening* (Pengerasan)

Eddy mengemukakan (1994: 45), “Pengerasan ialah perlakuan panas terhadap baja dengan sasaran meningkatkan kekerasan alami baja, dan menuntut pemanasan benda kerja menuju suhu pengerasan, jangka waktu perhentian yang memadai pada suhu pengerasan, selanjutnya kecepatan penyejukan kritis.” *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 dan ketangguhan yang diinginkan, dapat diperoleh melalui proses *Hardening* (Pengerasan).

Hardening adalah proses pemanasan baja sampai suhu di daerah atau di atas daerah kritis disusul dengan pendinginan yang cepat. Untuk proses ini dilakukan dengan input panas dan transfer panas dalam waktu pendek. Tujuan *hardening* untuk merubah struktur baja sedemikian rupa sehingga diperoleh struktur *martensit* yang keras. Prosesnya adalah baja dipanaskan sampai suhu tertentu antara 770-830° C (tergantung dari kadar karbon) kemudian ditahan pada suhu tersebut, beberapa saat kemudian didinginkan secara mendadak dengan mencelupkan dalam air, oli atau media pendingin yang lain. Dengan pendinginan yang mendadak, tidak ada waktu yang cukup bagi *austenit* untuk berubah menjadi *perlit* dan *ferit* atau *perlit* dan *sementit*. Pendinginan yang cepat menyebabkan *austenit* berubah menjadi *martensit*. Sehingga hasilnya kekerasan meningkat.

Pada setiap perlakuan panas, laju pemanasan merupakan faktor yang penting. Panas merambat dari luar kedalam dengan kecepatan tertentu bila pemanasan terlalu cepat, bagian luar akan jauh lebih panas dari bagian dalam oleh karena itu kekerasan di bagian dalam benda akan lebih rendah dari pada bagian luar, dan ada nilai batas tertentu. Namun pada proses pendinginan menurunkan suhu permukaan dengan cepat, yang diikuti dengan penurunan suhu didalam benda tersebut sehingga diperoleh lapisan keras dengan ketebalan tertentu.

b. *Annealing* (Pelunakan)

Menurut Hans Kramer (1997: 71), “Proses pelunakan diterapkan untuk mencapai struktur yang selunak mungkin. Pada baja, pelunakan bertujuan untuk memperoleh persyaratan yang baik untuk pengerjaan lanjut, dan mempermudah sifat mampu kerasnya”.

Tahapan dari proses *annealing* ini dimulai dengan memanaskan logam (paduan) sampai temperatur 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.

Dalam proses ini, baja yang tadi *martensit* dikembalikan ke *austensit* yang sepenuhnya menjadi struktur lembut yang berisi *ferrit*. Pemanasan yang diperpanjang dan pendinginan yang diperlambat akan menyebabkan butir masing-masing individu tumbuh ke dalam masing-masing struktur dan memperbesar serat-serat yang mana menjadi halus dan sangat lunak. Sifat-sifat baja yang disebut di atas dapat diartikan bahwa baja harus dipanaskan melalui suhu pengkristalan kembali untuk membebaskan tegangan-tegangan dalam baja, dan mempertahankannya untuk membuat sedikit pertumbuhan butiran dan struktur lapisan *austenit*, dan didinginkan secara perlahan untuk membuat suatu struktur *perlit*. Proses *annealing* bertujuan untuk melunakkan material logam, menghilangkan tegangan dalam atau sisa, memperbaiki butir-butir logam.

c. *Normalizing* (Penormalan)

Guna 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*. Menurut Hans Kramer (1997: 71), “Melalui penormalan dihasilkan struktur berbutiran halus dengan butiran berbentuk bulat, proses ini dilakukan untuk menghilangkan struktur yang diakibatkan oleh penempaan, pengerolan, penuangan, dan pekerjaan penarikan. Begitu juga butiran kasar dan struktur pengerasan serta struktur pengelasan yang tidak merata”. *Normalizing* merupakan proses perlakuan panas yang bertujuan untuk memperhalus dan, menyeragamkan ukuran serta distribusi ukuran butir logam.

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, sehingga baja dengan komposisi kimia yang sama akan memiliki kekerasan yang baik. *Normalizing* dapat juga dilakukan pada benda hasil tempa untuk menghilangkan tegangan dalam dan menghaluskan butiran kristalnya. Sehingga sifat mekanisnya menjadi lebih baik.

Normalizing dapat juga menghomogenkan struktur mikro sehingga dapat memberi hasil yang bagus dalam proses *hardening*, sehingga umumnya

sebelum dihardening baja harus *dinormalizing* terlebih dahulu. Pada *normalizing* pemanasan sebaiknya tidak terlalu tinggi karena butir kristal *austenit* yang terjadi akan terlalu besar, sehingga pada pendinginan cepat *ferrit* akan membentuk struktur yang berupa pelat-pelat *ferrit* yang sejajar, yang tumbuh di dalam butir kristal *austenit* kasar yang akan menurunkan keuletan/ketangguhan suatu baja. Pada pendinginan yang agak cepat inti *ferrit* tidak tumbuh secara normal menjadi butir-butir kristal, tetapi akan tumbuh dengan cepat membentuk *ferrit* di dalam butir *austenit*.

d. *Tempering*

Perlakuan untuk menghilangkan tegangan dalam dan menguatkan baja dari kerapuhan disebut dengan *tempering*. Pada saat *tempering*, terjadi proses *difusi* yaitu karbon dapat melepaskan diri dari *martensit*. Hal ini berarti keuletan (*ductility*) dari baja naik, tetapi kekuatan tariknya 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”.

Ada beberapa hal yang dijadikan sebagai alasan mengapa baja perlu *distempering*, diantaranya:

- 1) Mengurangi tegangan sisa.
- 2) Menurunkan kekerasan.
- 3) Meningkatkan keuletan

4) Meningkatkan ketanguhan

Jadi secara sederhana dapat dikatakan bahwa *tempering* adalah pemanasan kembali pada baja, yang bertujuan untuk menurunkan kekerasan, serta pendinginannya dilakukan di udara. Dalam proses *tempering* atom-atom akan berganti menjadi suatu campuran fasa-fasa *ferrit* dan *sementit* yang stabil. Melalui *tempering* kekuatan tarik akan menurun sedangkan keuletan dan ketangguhannya akan meningkat, setelah *hardening* dilakukan secara mendadak, selanjutnya dilakukan proses *tempering*. Proses pendinginan dilakukan dengan udara. Proses pendinginan ini jelas akan berakibat berubahnya struktur logam.

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 ketanguhan 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 regang dan kekerasannya sehingga baja lebih sesuai untuk kebutuhan peralatan.

Menurut W.O. Alexander (1991: 59). “Pada suhu 200°C sampai 300°C laju *difusi* lambat hanya sebagian kecil karbon yang dibebaskan. Hal ini mengakibatkan sebagian struktur tetap keras tetapi mulai kehilangan kerapuhannya. Difusi berlangsung lebih cepat antara suhu 500°C dan 600°C.

Atom karbon yang berdifusi diantara atom besi dapat membentuk *sementit*. Perubahan sifat mekanis akibat *temper martensit* baja karbon adalah 0,4%².

Menurut tujuannya proses *tempering* dibedakan sebagai berikut :

1) *Tempering* pada suhu rendah (150° – 300°C)

Tempering ini hanya untuk mengurangi tegangan-tegangan kerut dan kerapuhan dari baja, biasanya untuk alat-alat potong, mata bor dan sebagainya.

2) *Tempering* pada suhu sedang (300° - 550°C)

Tempering pada suhu sedang bertujuan untuk menambah keuletan dan kekerasannya sedikit berkurang. Proses ini digunakan pada alat-alat kerja yang mengalami beban berat, misalnya palu, pahat, pegas.

3) *Tempering* pada suhu tinggi (550° - 650°C)

Tempering suhu tinggi bertujuan memberikan daya keuletan yang besar dan sekaligus kekerasannya menjadi agak rendah misalnya pada roda gigi, poros batang penggerak dan sebagainya.

Untuk melihat suhu pada *tempering* dapat juga dilihat pada warna pada saat pemanasan seperti yang terlihat pada tabel 3.

Tabel 3. Suhu Penyepuhan

Warna penyepuhan	Suhu Penyepuhan °C
Kuning muda	230
Kuning tua	240
Cokelat	250
Cokelat merah	260
Merah	270
Merah tua	280
Biru	300

Sumber: (Amanto dan Daryanto 2003: 81)

Tempering dengan menggunakan temperatur tinggi, pemanasan dilakukan antara suhu 550⁰-650⁰C. Fungsi dari pemanasan ini adalah untuk menambah keuletan, yang biasanya disebut dengan penyepuhan keras. Penyepuhan keras adalah pemanasan bahan pada suhu itu dengan beberapa lama waktunya kemudian didinginkan dengan cepat. Sedangkan tujuan dari penyepuhan ini adalah untuk meningkatkan kualitas bahan-bahan tersebut.

Perlakuan panas dapat mengubah sifat baja dengan cara mengubah ukuran dan bentuk butir-butirannya, juga mengubah unsur pelarutnya dalam jumlah yang kecil. Bentuk butirannya dapat diubah dengan cara dipanaskan pada suhu di atas suhu pengkristalan kembali. Ukuran butirannya dapat dikontrol melalui suhu dan lama pemanasan, serta kecepatan pendinginan baja setelah dipanaskan.

1) Perubahan Bentuk Dan Ukuran Butiran Baja

Menurut Amanto dan Daryanto (2003: 63):

Perubahan bentuk dan ukuran butiran baja dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut:

a) Pengerjaan Dingin

Akibat pengerjaan dingin adalah terjadinya perubahan dalam butiran baja dan menaikkan kekerasan dan kekuatannya, tetapi mengurangi kekenyalan baja. Proses ini disebut pengerjaan pengerasan (*work hardening*).

b) Pengerjaan panas

Dengan cara perlakuan panas (*heat treatment*) dapat dilakukan perubahan ukuran dan bentuk butir-butiran baja.

2) Perubahan Struktur Baja

Perubahan struktur suatu sistem pencampuran logam hanya akan terjadi apabila suatu campuran didinginkan secara perlahan-lahan. Kecepatan pendinginan akan mencegah pencampuran untuk mencapai kondisi yang tidak seimbang. Menurut Amanto dan Daryanto (2003: 67), Sistem campuran akan saling bereaksi terhadap perlakuan panas yang menghasilkan suatu kondisi yang tidak seimbang yang terdiri dari dua jenis yaitu:

- a) Sistem yang mempunyai sifat dapat larut terbatas sewaktu dalam keadaan padat tetapi suhu larutan dapat naik dengan pemanasan
- b) Sistem yang memiliki sifat dapat larut terbatas sewaktu dalam keadaan padat tetapi larutan akan masuk ke dalam larutan padat secara komplet sewaktu proporsi dan suhunya sesuai juga terjadi perubahan.

3) Pengerasan Baja

Pengerasan yang dilakukan secara langsung adalah baja dipanaskan untuk menghasilkan struktur *austenit* dan selanjutnya didinginkan. Pembentukan sifat-sifat dalam baja tergantung dalam kandungan karbon, temperatur pemanasan, sistem pendinginan, serta bentuk dan ketebalan bahan.

5. Media Pendingin

Hans Kramer (1997: 135), mengemukakan, “Untuk menjadikan baja mampu-keras mencapai suhu pengerasan yang tepat, baja dipanaskan di dalam dapur pemanas. Pendinginannya dilakukan di dalam air, minyak mineral ataupun di udara. Pemilihan bahan pendingin yang ditentukan oleh kecepatan pendinginan kritis, baja yang akan dikeraskan dan oleh kekerasan permukaan yang diinginkan”.

Kekerasan baja hasil *quenching* (pendinginan cepat) akan meningkat, hal ini disebabkan karena terbentuknya struktur *martensit*. Semakin banyak unsur karbon, maka struktur *martensit* yang terbentuk juga semakin banyak. Hal ini terjadi karena struktur *martensit* terbentuk dari fase *austenit* yang didinginkan secara cepat. Karena atom karbon terjebak pada saat didinginkan secara cepat (atom karbon adalah unsur utama yang membuat baja keras). Ketika baja didinginkan secara cepat/drastis, maka atom Karbon tidak sempat kembali ke luar. Ini membuat Karbon terjebak di dalam baja dan membuat kekerasan baja sangat tinggi.

Laju pendinginan yang terjadi pada material tergantung dari beberapa faktor, yaitu media pendingin, temperatur media pendingin dan sirkulasi pada media pendingin.

Dikutip dari Direktorat Pendidikan Menengah Kejuruan (2003: 50), Media pendingin yang digunakan untuk mendinginkan baja bermacam-macam. Berbagai media pendingin yang digunakan dalam proses perlakuan panas antara lain :

a) Air

Air adalah media yang paling banyak digunakan untuk pendinginan, karena biayanya yang murah, dan mudah digunakan serta pendinginannya yang cepat. Biasanya ke dalam air tersebut dilarutkan garam dapur sebagai usaha mempercepat turunnya temperatur benda dengan tujuan untuk memperoleh kekerasan dan kekuatan yang baik. Air memberikan pendinginan yang sangat cepat, yang menyebabkan tegangan dalam, *distorsi*, dan retakan.

b) Oli

Oli sebagai media pendingin lebih lunak jika dibandingkan dengan air. Digunakan pada material yang kritis, antara lain material yang mempunyai bagian tipis atau ujung yang tajam. Karena oli lebih lunak, maka kemungkinan adanya tegangan dalam, *distorsi*, dan retakan kecil. Oleh karena itu medium oli tidak menghasilkan baja sekeras yang dihasilkan pada medium air. dan dapat memberikan lapisan karbon pada kulit (permukaan) benda kerja yang diolah.

c) Udara

Pendinginan udara dilakukan untuk perlakuan panas yang membutuhkan pendinginan lambat jika dibandingkan dengan media oli maupun air. Untuk keperluan tersebut udara yang disirkulasikan ke dalam ruangan pendingin dibuat dengan kecepatan yang rendah. Udara sebagai pendingin akan memberikan kesempatan kepada logam untuk membentuk kristal – kristal dan kemungkinan mengikat unsur – unsur lain dari udara. Pendinginan udara pada umumnya digunakan pada baja yang mempunyai kandungan paduan yang tinggi.

Kemampuan suatu jenis media dalam mendinginkan spesimen bisa berbeda-beda, perbedaan kemampuan media pendingin disebabkan oleh temperatur, kekentalan, kadar larutan dan bahan dasar media pendingin.

6. Pengujian Kekerasan

Menurut Tata Surdia (2005: 31) :

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 di atasnya, cara ini dinamakan cara kekerasan penekan.

Menurut Eddy (1994: 195) menyatakan, “Kekerasan ialah penolakan suatu bahan melawan suatu desakan suatu benda lainnya. Pengujian kekerasan memiliki keunggulan berupa kenyataan bahwa disini benda yang diuji tidak dihancurkan”.

Sedangkan menurut Haroen (1984: 46) menyatakan, “Kekerasan adalah tahanan yang dilakukan oleh bahan terhadap desakan ke dalam yang tetap, disebabkan oleh sebuah alat pendesak dengan bentuk tertentu di bawah pengaruh gaya tertentu, suatu desakan kecil menunjukkan kekerasan yang besar”.

Di dalam aplikasi manufaktur, material dilakukan pengujian dengan dua pertimbangan yaitu untuk mengetahui karakteristik suatu material baru dan melihat mutu untuk memastikan suatu material memiliki spesifikasi kualitas tertentu.

a. Pengukuran Kekerasan Brinell

1) Penentuan kekerasan

B.J.M. Beumer (1994: 25) mengatakan, “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. Setelah penyisihan peluru garis-tengah d dari bekas-tetap diukur”. Benda uji itu harus didukung secara merata oleh bidang pendukung yang cukup tebal, sebab kalau tidak demikian, kekerasan bidang pendukung akan ikut terukur. Haroen (1984: 47) mengemukakan, “Diameter pendesakannya diukur dan kekerasan (HB) dihitung dari perbandingan antara gaya F dan luas A dari segmen bola dari pendesakan yang dihitung”.

Kekerasan didefinisikan sebagai ketahanan suatu material / logam terhadap perubahan bentuk plastis / tetap yang diakibatkan oleh gaya luar yang bekerja melalui benda lain yang lebih keras. Pengujian kekerasan dengan sistem Brinell adalah salah satu sistem pengujian dengan cara penekanan suatu indentor bola baja terhadap benda uji. Pada sistem Brinell, angka kekerasan Brinell (BHN = Brinell Hardness Number) didefinisikan sebagai perbandingan antara besar gaya penekanan F dengan luas tekan A , atau :

$$\text{BHN} = \frac{P}{A} = \frac{2.P}{\pi.D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

Ket : $P = \text{Gaya / beban penekanan (Kg)}$

$D = \text{Diameter bola baja dengan indentor (2,5 mm)}$

$d = \text{Diameter tapak tekan indentor pada benda uji (mm)}$

Pada pengujian kekerasan dengan system *Brinell*, gaya penekanan merupakan gaya pukulan yang diberikan melalui alat Poldi, sehingga bola penekanan memberikan bekas takik pada benda uji maupun pada batang standar yang telah diketahui kekerasannya.

Jika diameter bola baja 10 mm maka beban yang digunakan (pada mesin uji) adalah 3000 kg, sedangkan jika diameter bola bajanya 5 mm maka beban yang digunakan pada mesin uji adalah 750 kg, sedangkan untuk pengujian yang dilakukan dengan menggunakan bola baja berdiameter 2,5 mm dengan beban sebesar 187,5 Kg. Diameter bola dengan gaya yang di berikan mempunyai ketentuan, yaitu:

- a) Jika diameter bola terlalu besar dan gaya yang diberikan terlalu kecil maka akan mengakibatkan bekas lekukan yang terjadi akan terlalu kecil dan mengakibatkan sukar diukur sehingga memberikan informasi yang salah.
- b) Jika diameter bola terlalu kecil dan gaya yang diberikan terlalu besar maka dapat mengakibatkan diameter bola pada benda yang diuji besar (ambasnya bola) sehingga mengakibatkan harga kekerasannya menjadi salah.

Pengujian kekerasan pada *Brinell* ini biasa disebut *BHN* (*Brinell Hardness Number*). Pada pengujian *Brinell* akan dipengaruhi oleh beberapa faktor berikut:

- a) Kehalusan permukaan.
- b) Letak benda uji pada bola baja (*identor*).
- c) Adanya pengotor pada permukaan.

Pengujian *Brinell* biasa dinyatakan dalam HB. Lamanya waktu pengujian, tergantung pada material yang akan diuji. Untuk semua jenis baja lama pengujian adalah 15 detik sedangkan untuk material bukan baja lama pengujian adalah 30 detik. Pengujian *brinell* diperuntukan bagi material yang memiliki kekerasan *brinell* sampai 400 HB, jika lebih dari nilai tersebut maka disarankan menggunakan metode pengujian *Rockwell* atau *Vickers*.

- 2) Peralatan yang digunakan
 - a) Mesin uji kekerasan



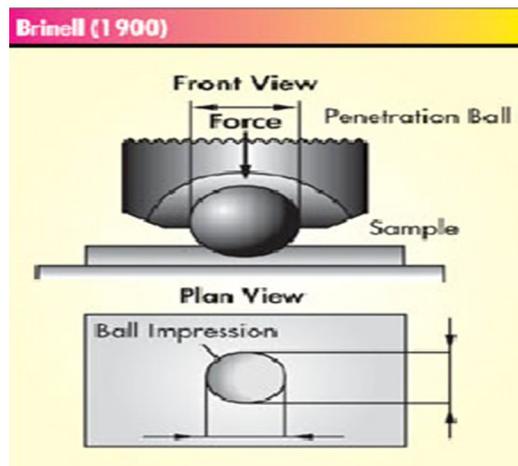
Gambar 3. Alat Uji Kekerasan

Mesin yang digunakan untuk uji kekerasan disebut *Universal Hardness Tester* (mesin uji kekerasan universal). Mesin ini ada yang dijalankan dengan tangan dan ada yang dijalankan dengan motor listrik. Pengaturan kecepatan jalannya beban penuh dapat dilakukan dengan cara mekanik atau hidrolik.

b) Penekan

Macam penekan yang digunakan antara lain:

- (1) Bola baja untuk kekeran *Brinell* sampai 400 kg/mm^2 .
- (2) Bola baja *hultrogen* untuk kekerasan *Brinell* sampai 600 kg/mm^2 .
- (3) Bola *kabrida wolfram* untuk kekerasan *Brinell* sampai 725 kg/mm^2 .



Gambar 4. Pengujian *Brinell*

Sumber: <http://www.alatuji.com>

c) Mikroskop ukur

Bekas penekanan terutama pada material yang keras adalah kecil, sehingga pengukuran diameter hanya dapat lebih teliti dengan menggunakan mikroskop ukur.

7. Pengujian *Impact* (ketangguhan)

Pengujian *Impact* ini bertujuan untuk menentukan pengaruh temperatur temper terhadap serapan energi yang dibutuhkan untuk mematahkan spesimen uji. Hasil pengujian *Impact* ini juga digunakan untuk mengamati permukaan patahan benda uji sehingga dapat menentukan jenis patahan dan menafsirkan karakter material.

Pengujian *Impact*/ pukul takik akan menghasilkan suatu serapan energi yang digunakan untuk menentukan parameter ketangguhan material. Jadi sasaran dari pengujian ini adalah untuk mendapatkan ketangguhan atau suatu besaran yang disebut Harga Impact (HI). Harga impact di definisikan sebagai besar energi yang diserap oleh spesimen sampai patah persatuan luas penampang patahan, seperti persamaan berikut :

$$HI = \frac{E}{A}$$

Keterangan : HI = Harga Impact (N/m)

E = Energi Serapan (Nm)

A = Luas Penampang (m²)

Setelah spesimen patah, bantol pembentur akan berayun dan berhenti pada posisi tertentu. Maka alat akan menunjukkan besar serapan energi. Disamping itu posisi pantulan bandul akan memberikan beberapa informasi seperti: sudut pantulan bandul setelah benturan dan ketinggian pantulan bandul. Semua informasi ini diperlukan untuk menentukan serapan energi teoritis melalui persamaan matematis berikut :

1) Dimensi Alat

Pembahasan mengenai dimensi alat Bertujuan untuk menentukan besarnya serapan energi yang dibutuhkan untuk mematahkan spesimen.

$$\begin{aligned} &= - \\ \text{dengan} &= \cdot \cdot \\ &= \cdot \cdot \end{aligned}$$

Ket : E = Serapan Energi (Nm)

= Serapan Energi Awal (Nm)

= Serapan Energi Akhir (Nm)

m = Masa (Kg)

g = Gravitasi (m/s)

= Tinggi Bandul Awal (m)

= Tinggi Bandul akhir (m)



Gambar 5. Alat Uji *Impact Charpy*

Penentuan luas penampang patahan sebagai langkah dalam mendapatkan harga *Impact* harus dilakukan sesuai menurut profil patahan spesimen. Untuk itu diperlukan pengukuran dan perhitungan terhadap dimensi spesimen secara teliti.

2) Dimensi spesimen/ bahan :

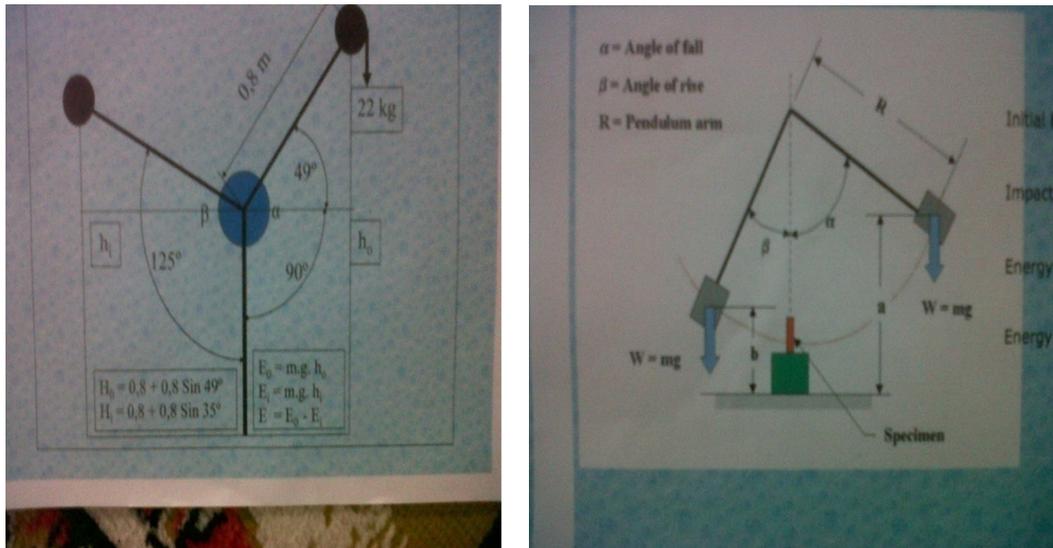
Pembahasan mengenai dimensi spesimen bertujuan untuk menentukan luas penampang patahan. Adapun formulasi yang digunakan untuk mengukur luas patahan adalah:

$$= .$$

$$: = ()$$

$$L = \text{Lebar(m)}$$

$$= ()$$



Sumber: Modul Pengujian Impact Charpy

Gambar 6. Ilustrasi Uji *Impact Charpy*

B. Penelitian Yang Relevan

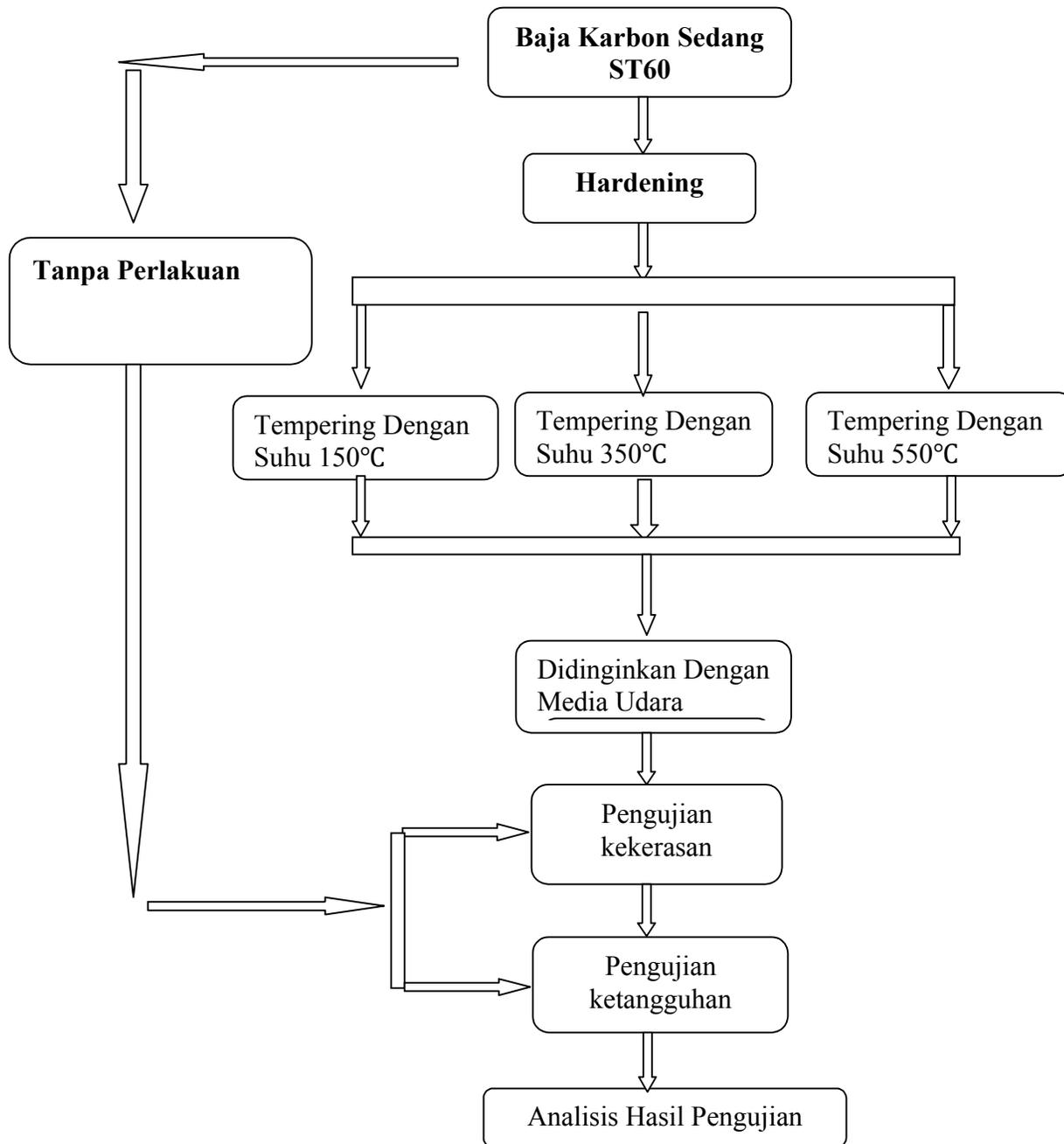
Untuk mendukung atau mempertegas teori-teori yang telah di kemukakan dalam kajian teori ini, penulis mengambil kesimpulan dari penelitian-penelitian yang penulis anggap relevan dengan penelitian ini.

1. Irwan (2010) meneliti tentang pengaruh temperatur terhadap kekerasan baja aisi 4340 dan menyimpulkan bahwa, terjadi peningkatan kekerasan pada *spesimen* yang dihardening yaitu 430 BHN, bila dibandingkan dengan *spesimen* yang tidak diberi perlakuan yang hanya memiliki kekerasan 326 BHN.
2. Joko Sepriwan. GE (2013) meneliti tentang Perilaku sifat baja karbon sedang dengan pembakaran Arang kayu dan arang tempurung kelapa, menyimpulkan bahwa, berdasarkan analisa data yang dilakukan, diketahui adanya peningkatan kekerasan pada baja karbon yang di bakar dengan arang kayu sebesar 182,4 BHN

dan arang tempurung kelapa 184,78 BHN di bandingkan dengan tanpa perlakuan yaitu 178 BHN.

C. Kerangka Konseptual

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis seberapa besar pengaruh temperatur *tempering* terhadap kekerasan dan ketangguhan pada baja karbon sedang St60. Pada penelitian ini baja karbon sedang St60 dilakukan pengujian kekerasan tanpa adanya perlakuan sebelumnya dan pengujian *impack* atau pengujian ketangguhan baja St60 dan juga tanpa perlakuan sebelumnya, dan dianalisis kekerasan dan ketangguhan pada baja karbon sedang ST60 tanpa adanya perlakuan panas sebelumnya. Kemudian dengan baja karbon yang sama (ST60) *distempering* dengan temperatur yang berbeda-beda, dan didinginkan dengan media udara, kemudian dilakukan pengujian kekerasan dan ketangguhannya. dan menganalisis hasil pengujian untuk mengetahui kekerasan dan ketangguhan pada baja ST60 sebelum dan sesudah *distempering*. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada diagram berikut :



Gambar 7. Kerangka Konseptual.

D. Pertanyaan Penelitian

Berdasarkan kajian teori dan penelitian yang relevan serta kerangka konseptual, maka dapat diambil pertanyaan penelitian yaitu sebagai berikut:

1. Seberapa besar pengaruh temperatur *tempering* terhadap kekerasan pada baja karbon sedang ST60.
2. Seberapa besar pengaruh temperatur *tempering* terhadap ketangguhan pada baja karbon sedang ST60.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis data penelitian yang telah dibahas pada bagian sebelumnya, yaitu pengaruh temperatur *tempering* terhadap kekerasan dan ketangguhan pada baja karbon sedang ST60, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Data hasil pengujian *Brinell* yang digambarkan dalam bentuk tabel dan grafik di atas, dapat diketahui adanya peningkatan kekerasan baja karbon sedang ST60 yang *ditempering* dengan tempertur berbeda-beda. Setelah data dianalisa yang mana rata-rata kekerasan baja yang *ditempering* dengan:
 - a. Temperatur 150°C yang memiliki nilai kekerasan yang diperoleh dari alat dan kompersi ke tabel diperoleh rata-rata BHN $436,83\text{HB}$ dan *BHN* hasil analisa diperoleh $414,81$ —.
 - b. Temperatur 350°C yang memiliki nilai kekerasan rata-rata *Brinell Hardness* yang diperoleh dari alat dan kompersi ke tabel $393,75\text{HB}$ dan *BHN* analisa diperoleh $414,81$ —.
 - c. Temperatur 550°C yang memiliki nilai kekerasan rata-rata *Brinell* yang diperoleh dari alat dan kompersi ke tabel $326,410\text{HB}$, dan *BHN* hasil analisa diperoleh $318,57$ —.

Dibandingkan dengan rata-rata spesimen *control* yang memiliki nilai kekerasan *Brinell Hardness* yang diperoleh dari alat dan kompersi ke tabel 380,83HB dan *BHN* hasil analisa diperoleh 363,41 —., dan untuk spesimen *hardening* memiliki *brinell hardness* yang diperoleh dari alat dan kompersi ke tabel 445,33HB dan *BHN* hasil analisa diperoleh = 477,8598 —.

2. Adanya peningkatan ketangguhan baja karbon sedang ST60C yang *ditempering* dengan tempertur berbeda-beda. Setelah data di analisa yang mana rata-rata kekerasan baja yang *ditempering* dengan:
 - a. Temperatur 150⁰C yang memiliki energi serapan rata-rata setiap kelompok 33,2416 dengan harga *Impack* 0,4155 .10
 - b. Temperatur 350⁰C yang memiliki energi serapan rata-rata setiap kelompok 80,8421 dengan harga *Impack* 0,9858 .10
 - c. Temperatur 550⁰C yang memiliki energi serapan rata-rata setiap kelompok 163,598 dengan harga *Impack* 2,0197 .10 .

Dibandingkan dengan rata-rata spesimen *control* (tanpa perlakuan) yang memiliki Energi Serapan rata-rata 50,35 dengan harga *Impack* 0,6066 .10 / dan untuk spesimen *hardening* memiliki Energi Serapan rata-rata 29,596 dengan Harga *Impack* 0,3609 .10 / . Jadi pada spesimen yang *ditempering* dengan temperatur yang berbeda-beda, mengalami peningkatan energi serapan rata-rata setiap kelompok dibandingkan spesimen *control* dan spesimen *hardening*.

B. Saran

1. Dalam proses *tempering* pastikan temperatur *tempering* sesuai dengan temperatur yang ditetapkan serta waktu penahanan saat proses *tempering* harus teliti untuk mendapatkan hasil pengujian yang akurat.
2. Untuk memperoleh hasil yang maksimal, beban yang diterapkan ke benda uji harus sesuai dengan kekuatan benda uji tersebut.
3. Dituntut ketelitian dalam proses persiapan *spesimen*, mulai dari pembentukan ukuran, perataan permukaan spesimen dan penggunaan alat ukur kekerasan dan ketangguhan dalam pembacaan hasil pengujian sangat diutamakan, karena hal ini dapat berpengaruh terhadap data hasil pengujian.
4. Perlu diadakannya penelitian lebih lanjut mengenai kekerasan brinell dan ketangguhan pada baja karbon sedang ST60 dengan berbagai jenis perlakuan panas yang berbeda-beda .

DAFTAR PUSTAKA

- Alexander, W.O. dkk. (eds). (1991). *Dasar Metalurgi Untuk Rekayasawan*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Anas Sudiyono. (2003). *Pengantar Statistik Pendidikan*. Jakarta: PT Raja Grafindo Persada.
- Amanto, Hari dan Daryanto. (2003). *Ilmu Bahan*. Jakarta: PT Bumi Aksara..
- Baumer ing, B.J.M.. (1994). *Ilmu Bahan Logam Jilid I*. Jakarta: PT. Bhratara Niaga Media.
- Daswarman. (2012). *Serial Material Teknik Dasar-Dasar Pemilihan Bahan*. Jurusan Teknik Otomotif Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
- Direktorat Proyek Pengembangan Kurikulum. (2003). *Proses Pembuatan Besi Dan Baja*. Depertemen Pendidikan Nasional.
- Eddy D. Hardjapamekas. (1994). *Pengetahuan Bahan Dalam Penegrjaan Logam* (Schonmetz. Terjemahan). Bandung: Percetakan Angkasa.
- Haroen. (1984). *Teknologi Untuk Bangunan Mesin Bahan-Bahan 1* (G.L.J Van Vliet. Terjemahan). Jakarta: Erlangga.
- Hendri Nurdin. (2012). *Perangkat Pembelajaran Teknologi Bahan*. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
- Kramer, Hans dan Scharnagl, Johann. (1997). *Pengetahuan Bahan Untuk Industri*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Nizam, Effendi. (2013). ‘ *Studi Pengaruh Heat Input Terhadap Ketangguhan Impack Las SMAW Posisi Vertikal Baja ST60 Temper.*’(Online). *Jurnal Unimus* (Traksi. Vol.9. No.2.Desember). Hlm. 11.
(<http://jurnal.unimus.ac.id/index.php/jtm/article/view/547/596>).
Dosen Jurusan Teknik Mesin S-1 , STTNAS Yogyakarta.
- Schonmetz, Alois. dkk . (1985). *Pengetahuan Bahan Dalam Pengerjaan Logam*. Bandung: Angkasa (Anggota IKAPI)

- Sugiyono. (2010). *Metode Penelitian Kuantitatif kualitatif dan R & D*. Bandung: Alfabeta.
- Suharsimi Arikunto. (2006). *Prosedur Penelitian*. Jakarta: PT Asdi Mahasatya.
- Syamsul Arifin. (1984). *Ilmu Logam III*. Padang: Pusat Media Pendidikan FPTK IKIP.
- Tata Surdia dan Shinroku Shaito. (2005). *Pengetahuan Bahan Teknik*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Tim penyusun. (2010). *Buku Panduan Penulisan Tugas Akhir/Skripsi Universitas Negeri Padang*. Padang: Depdiknas UNP.