

**PENGARUH TEMPERATUR DAN MEDIA PENDINGIN PADA
PROSES *HEAT TREATMENT* TERHADAP SIFAT MEKANIS
BAJA S45C UNTUK APLIKASI MATA POTONG
PENCACAH PLASTIK**

PROYEK AKHIR

Laporan akhir ini dibuat dan diajukan untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan Sarjana Terapan/Diploma IV Politeknik Manufaktur Bangka Belitung



Disusun Oleh :
Bagus Ilham Pramudya
NIM : 1041834

**POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI
BANGKA BELITUNG**

2022

LEMBAR PENGESAHAN

PENGARUH TEMPERATUR DAN MEDIA PENDINGIN PADA PROSES *HEAT TREATMENT* TERHADAP SIFAT MEKANIS BAJA S45C UNTUK APLIKASI MATA POTONG PENCACAH PLASTIK

Oleh:

Bagus Ilham Pramudya/1041834

Laporan akhir ini telah disetujui dan disahkan sebagai salah satu syarat kelulusan Program Sarjana Terapan/Diploma IV Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung

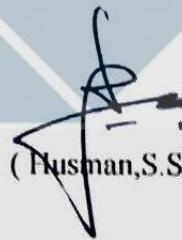
Menyetujui,

Pembimbing 1



(Ariyanto, S.S.T., M.T)

Pembimbing 2



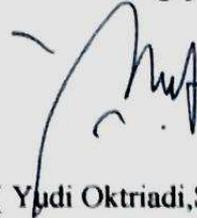
(Husman, S.S.T., M.T)

Penguji 1



(Erwansyah, S.S.T., M.T)

Penguji 2



(Yudi Oktriadi, S.Tr., M.Eng)

PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Mahasiswa : Bagus Ilham Pramudya NIM : 1041834

Dengan judul : Pengaruh Temperatur Dan Media Pendingin Pada Proses
Heat Treatment Terhadap Sifat Mekanis Baja S45C
Untuk Aplikasi Mata Potong Pencacah Plastik

Menyatakan bahwa laporan akhir ini adalah hasil kerja saya sendiri dan bukan merupakan plagiat. Pernyataan ini kami buat dengan sebenarnya dan bila ternyata dikemudian hari ternyata melanggar pernyataan ini, saya bersedia menerima sanksi yang berlaku.

Sungailiat, 25 Januari 2022

Nama Mahasiswa

Tanda Tangan

Bagus Ilham Pramudya



ABSTRAK

Mata potong atau pisau pencacah plastik adalah bagian yang digunakan sebagai alat pemotong limbah plastik menjadi bagian-bagian kecil untuk diproses ke tahap daur ulang. Baja JIS S45C digunakan sebagai bahan alternatif pengganti mata potong pencacah plastik. Peneliti akan memvariasikan temperatur hardening yaitu 800°C, 840°C, 880°C dengan media pendingin menggunakan air garam, oli, dan air laut. kemudian dilanjutkan dengan proses tempering dengan temperatur 500°C. Sifat mekanis pada penelitian ini adalah pengujian kekerasan dan pengujian ketangguhan yang bertujuan mencari nilai tertinggi untuk mencapai kekerasan mata potong. Dari hasil pengujian pada proses hardening dengan media air garam yang memiliki kekerasan yang paling tinggi yaitu pada temperatur 840°C sebesar 50,56 HRC dan temperatur 880°C sebesar 55,3 HRC. Kemudian setelah ditempering dengan temperatur 500°C mengalami penurunan kekerasan dengan nilai 34,01 HRC pada temperatur 840°C dengan nilai ketangguhan sebesar 0,5828 J/mm² dan 36,86 HRC pada temperatur 880°C dengan nilai ketangguhan sebesar 0,3922 J/mm². maka dapat disimpulkan bahwa untuk mencapai acuan nilai kekerasan mata potong sebesar 46,9 HRC pada media air garam dengan proses hardening sudah tercapai, hanya saja baja tersebut bersifat getas, sedangkan setelah dilakukan tempering, jika dibandingkan nilai kekerasannya belum tercapai.

Kata Kunci: *Kekerasan, Ketangguhan, Pisau, S45C*

ABSTRACT

Plastic chopper blade or knife is a part that is used as a tool to cut waste plastic into small parts to be processed to the recycling stage. JIS S45C steel is used as an alternative material to replace plastic chopper blades. Researchers will vary the hardening temperature, namely 800°C, 840°C, 880°C with cooling media using salt water, oil, and sea water. then proceed with the tempering process at a temperature of 500°C. The mechanical properties in this research are hardness testing and toughness testing which aims to find the highest value to achieve cutting edge hardness. From the test results on the hardening process with salt water media which has the highest hardness at a temperature of 840°C of 50.56 HRC and a temperature of 880°C of 55.3 HRC. Then after being tempered at a temperature of 500°C, the hardness decreased with a value of 34.01 HRC at a temperature of 840°C with a toughness value of 0.5828 J/mm² and 36.86 HRC at a temperature of 880°C with a toughness value of 0.3922 J/mm² it can be concluded that in order to achieve a reference to the hardness value of the cutting edge of 46.9 HRC in salt water media with a hardening process it has been achieved it's just that the steel is brittle, whereas after tempering, the hardness value has not been reached.

Keywords: *Hardness, Knife, Toughness, S45C*

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas kasih dan karunia-Nya, penulis diberikan kekuatan dan kesabaran untuk menyelesaikan tugas akhir berjudul “Pengaruh Temperatur Dan Media Pendingin Pada Proses *Heat Treatment* Terhadap Sifat Mekanis Baja S45C Untuk Aplikasi Mata Potong Pencacah Plastik”.

Tujuan penulisan tugas akhir ini ditujukan untuk memenuhi salah satu persyaratan memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Jurusan Teknik Mesin pada Prodi DIV Teknik Mesin dan Manufaktur Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.

Penulis menyadari jika dalam penyusunan laporan tugas akhir ini masih jauh dari sempurna serta masih banyak kekurangan baik dalam strategi penyusunan maupun dalam pemaparan materi. Perihal tersebut disebabkan keterbatasan kemampuan penulis. Sehingga penulis mengharapkan masukan serta kritik yang sifatnya berguna serta dikemudian hari bisa memperbaiki seluruh kekurangannya.

Dalam penulisan tugas akhir ini, penulis memperoleh banyak masukan dan arahan yang membangun, serta dukungan dan doa dari orang tua dalam penyelesaian laporan tugas akhir ini. Pada kesempatan ini penulis ingin menghaturkan dengan rasa hormat dan ketulusan hati, serta mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya bagi semua pihak yang telah memberikan bantuan moril maupun materil baik langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan tugas akhir ini hingga selesai, terutama kepada yang saya hormati :

1. Kedua Orang Tua Penulis Waluyo dan Alm. Komariah serta adik saya yang selalu memberikan cinta kasih sayang, dukungan moral, doa yang tulus, dan materi serta telah mendidik, mengarahkan, dan memotivasi dari awal hingga selesainya tugas akhir ini.
2. Bapak Ariyanto, S.S.T., M.T. selaku, pembimbing I.
3. Bapak Husman, S.S., M.T. selaku, pembimbing II

4. Bapak I Made Andik Setiawan, M.Eng., Ph.D selaku Direktur Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
5. Bapak Pristiansyah, S.S.T., M.Eng selaku Kepala Jurusan Teknik Mesin.
6. Bapak Boy Rollastin, S.Tr., M.T. selaku Kepala Program Studi D4 Teknik Mesin dan Manufaktur.
7. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Mesin dan Staf Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung yang telah membekali saya ilmu yang bermanfaat sebelum menyusun tugas akhir ini.
8. Segenap keluarga besar Kelas B Teknik Mesin dan Manufaktur 2018. Kita adalah sebuah kisah klasik yang unik untuk dikenang selalu.
9. Sahabat, teman dan orang-orang terdekat dibalik layar yang tidak bisa disebutkan namanya satu persatu.

Akhirnya, penulis mengucapkan rasa terima kasih kepada semua pihak dan apabila ada yang tidak disebutkan penulis mohon maaf. Dengan besar harapan semoga penulisan tugas akhir ini yang ditulis oleh penulis ini dapat bermanfaat khususnya bagi penulis sendiri dan umumnya bagi pembaca. Bagi para pihak yang telah membantu dalam penulisan tugas akhir ini semoga segala amal dan kebbaikannya mendapatkan balasan yang berlimpah dari Tuhan Yang Maha Esa, Aamiin.

Sungailiat, 25 Januari 2021



Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT	iii
ABSTRAK.....	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan	4
BAB II DASAR TEORI	5
2.1 Mata Potong Pencacah Plastik	5
2.2 Baja.....	5
2.3 Material S45C	6
2.4 Pengertian <i>Heat Treatment</i>	7
2.5 Jenis Perlakuan.....	8

2.5.1	<i>Annealing</i>	8
2.5.2	<i>Normalizing</i>	8
2.5.3	<i>Hardening</i>	8
2.5.4	<i>Tempering</i>	8
2.6	Temperatur Austenit	9
2.7	Waktu Penahanan	10
2.8.1	Air Garam	11
2.8.2	Oli	11
2.8.3	Air Laut	11
2.9	Tujuan Proses Perlakuan Panas	11
2.10	Uji Kekerasan	12
2.11	Uji Impak	12
2.11.1	Uji Impak Metode <i>Charpy</i>	13
BAB III METODE PELAKSANAAN		15
3.1	Studi Literatur	16
3.2	Perumusan Masalah	16
3.3	Desain Eksperimen	16
3.3.1	Variabel Bebas	16
3.3.2	Variabel Respon	17
3.3.3	Variabel Konstan	17
3.3.4	Material	18
3.4	Persiapan Eksperimen	18
3.4.1	Bahan penelitian	18
3.4.1	Peralatan penelitian	20
3.5	Pelaksanaan Eksperimen	23
3.6	Pengambilan Data Hasil Eksperimen	23
3.6.1	Pengujian Kekerasan	23
3.6.2	Pengujian Impak	24

3.7 Analisis Data	26
3.8 Kesimpulan.....	26
3.9 Waktu Penelitian	26
BAB IV PEMBAHASAN.....	28
4.1 Proses Penelitian	28
4.2 Pengujian Kekerasan	30
4.3 Hasil dan Pembahasan Kekerasan.....	31
4.4 Pengujian Ketangguhan	34
4.5 Hasil dan Pembahasan Ketangguhan	36
4.6 Analisis Uji Kekerasan Dan Uji Ketangguhan.....	38
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	40
5.1 Kesimpulan.....	40
5.2 Saran.....	40
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
3.1 Data Kekerasan (HRC) Mata Potong Pencacah Plastik.....	19
3.2 Data Hasil Uji Kekerasan Awal Baja S45C.....	19
3.3 Data Hasil Uji Ketangguhan Awal Baja S45C	19
3.4 Rencana Pengumpulan Data Hasil Uji Kekerasan.	24
3.5 Rencana Pengumpulan Data Hasil Uji Ketangguhan.	25
3.6 Waktu penelitian	26
4.1 Data Hasil Uji Kekerasan Pada Proses <i>Hardening</i>	31
4.2 Data Hasil Uji Kekerasan Proses <i>hardening-tempering</i> 500°C.	33
4.3 Hasil pengujian impak dalam nilai sudut (°).....	36
4.4 Nilai Energi Yang Diserap (<i>joule</i>) Dan Harga Impact (<i>Joule/mm²</i>).....	36

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Mata potong pencacah plastik.....	5
2.2 Ilustrasi pengujian kekerasan <i>rockwell</i>	12
2. 3 Ilustrasi pengujian dampak metode <i>charpy</i>	13
3.1 Skema Diagram Alir Penelitian.	15
3.2 Diagram Proses <i>Hardening</i>	17
3.3 Diagram Proses <i>Tempering</i>	18
3.4 Kawat baja.....	20
3.5 (a) Air laut (b) air garam, dan (c) Oli.....	20
3.6 Mesin gergaji potong.	21
3.7 Tungku pemanas.	21
3.8 Mesin uji dampak.	22
3.9 Mesin Uji Kekerasan.....	22
3.10 Tang	22
3.11 Jangka sorong.....	23
3.12 Bentuk spesimen standar ASTM E-23.....	25
4.1(a) Pembuatan spesimen, (b) Spesimen.	28
4.2 Pembuatan takikan pada spesimen.....	28
4.3 Memasukkan spesimen	29
4.4 Proses pencelupan	29
4.5 Melakukan proses pengujian kekerasan.....	30
4.6 Grafik Uji Kekerasan Proses <i>Hardening</i>	31
4.7 Grafik Rata-rata Uji Kekerasan <i>hardening-tempering</i>	33
4.8 Mengatur beban alat uji.....	35
4.9 Memasang indenter.....	35
4.10 Meletakkan Spesimen	35
4.11 Melakukan pengujian.....	35
4.12 Rata-rata Harga Dampak (J/mm^2)	37

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1: Daftar Riwayat Hidup

Lampiran 2: Gambar Pengujian Kekerasan Setelah Dilakukan Proses *Hardening-tempering*

Lampiran 3: Gambar Pengujian Impak Setelah Dilakukan Proses *Tempering*

Lampiran 4: Gambar Benda Uju Hasil Pengujian Kekerasan dan Pengujian Impak

Lampiran 5: Gambar Sampel Mata Potong Setelah Dilakukan Pengujian Kekerasan

Lampiran 6: Perhitungan Impak



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Produksi plastik telah ada sejak tahun 1950 dan terjadi peningkatan pemakaian hingga sekarang. Tak dapat dipungkiri lagi bahwasanya plastik banyak digunakan sampai saat ini. Dari banyaknya penggunaan plastik akan menyebabkan penumpukan limbah-limbah yang khawatir akan menyebabkan bencana seperti banjir, penyakit, pencemaran lingkungan dan lain-lain. Perlu adanya upaya untuk mengatasi banyaknya limbah tersebut, salah satu caranya yaitu dengan mendaur ulang limbah plastik menjadi barang yang bisa digunakan lagi.

Dalam proses daur ulang, perlu adanya suatu alat untuk membantu proses daur ulang tersebut, alat yang dimaksud yaitu mesin pencacah plastik. Mesin tersebut terdapat komponen penting yaitu mata potong pencacah plastik. Mata potong tersebut memiliki fungsi sebagai pemotong limbah plastik menjadi bagian-bagian kecil sebagai tahapan awal untuk mempermudah pengerjaan ke proses daur ulang selanjutnya yang akan diolah menjadi barang jadi lainnya.

Baja S45C dipilih sebagai bahan alternatif pengganti mata potong. Baja tersebut dipilih karena memiliki sifat yang baik untuk dilakukan proses perlakuan panas untuk mengubah sifat mekanis. Perlakuan panas yang dimaksud merupakan langkah untuk mengubah sifat mekanis baja S45C karena mata potong memerlukan sifat yang keras, tangguh, tahan aus dan tahan lama. Proses *hardening* atau pengerasan dipilih untuk meningkatkan kekerasan baja dan dilanjutkan proses *tempering* untuk meningkatkan ketangguhan dan mengembalikan keuletan yang hilang dari proses sebelumnya.

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Pistoni Aziz Saputra [1] mengenai baja S45C untuk mengetahui sifat mekanis dan struktur mikro dengan parameter suhu *hardening* 850°C dengan media pendingin oli dan air garam dan suhu *tempering* 600°C. Dari parameter tersebut didapatkan hasil kekerasan

quenching oli memiliki kekerasan 48,4 HRC dan *quenching* air garam sebesar 56,4 HRC. *Quenching* oli menghasilkan struktur *martensite* dan *bainite*, sedangkan *quenching* air garam terbentuknya kristal *martensite* yang lebih dominan dari *bainite*. Dan untuk media pendingin oli yang di *tempering* mengalami penurunan kekerasan dengan nilai 29,5 HRC dan *quenching* air garam dengan *tempering* penurunan kekerasan dengan nilai 30,9 HRC. *Quenching* oli menghasilkan struktur *martensite* dan *ferrite*, sedangkan *quenching* air garam terbentuknya kristal *martensite* dan *ferrite* yang lebih halus.

Alwarits dan kawan-kawan [2] melakukan penelitian yang bertujuan untuk mengidentifikasi seberapa besarkah pengaruh pada media pendingin atau pada peningkatan suatu nilai kekerasan pada baja karbon menengah yang akan diberikan perlakuan *hardening* dengan temperatur 830°C. Yang didapatkan dari penelitian ini menghasilkan nilai uji kekerasan bahwa terjadinya suatu peningkatan kekerasan pada material baja karbon sedang S45C yang dilakan proses *hardening* dan didinginkan dengan cepat menggunakan media air yang mengalami peningkatan sekitar 110,10%, kemudian dilanjutkan dengan media pendingin oli yang mengalami peningkatan sekitar 28,18%, dan yang terakhir didinginkan dengan media pendingin yakni air garam yang mengalami peningkatan sekitar 128,38%, jika dibandingkan dengan rata-rata dari spesimen awal yang belum diberi perlakuan sedemikian rupa yang memiliki nilai kekerasan 172,66 BHN

Setiani Ibrahim, dan kawan-kawan [3] melakukan penelitian tentang pembuatan mata pisau mesin pencacah plastik dengan material AISI D2 yang diberi perlakuan panas. Penelitian yang mereka lakukan menggunakan temperatur austenit 1030°C dengan proses pendinginan udara, kemudia dilanjutkan proses *tempering* 200°C. Dari penelitian tersebut didapatlah hasil mata pisau pencacah terjadi perubahan atau meningkatnya tingkat sifat kekerasan dengan nilai sebesar 710 HV atau 60 HRC dibandingkan dengan material belum diberi perlakuan panas dengan nilai sebesar 296 HV atau 29,2 HRC.

Faishol Muhammad, dan kawan-kawan [4] melakukan penelitian tentang mata pisau yang diberi perlakuan panas dengan fasa ganda. baja AISI 1080 dinormalkan pada temperatur 900°C dengan waktu tahan 20 menit. Kemudian dilakukan fasa ganda pada temperatur 725°C dengan penahan waktu 10, 20, dan 30 menit dan ditemper pada temperatur 200°C dengan waktu penahanan 20 menit. Dari parameter tersebut didapatkan hasil kekerasan sebesar 379,94 HVN atau 39 HRC dimenit 20.

Khalid dan kawan-kawan [5] melakukan penelitian tentang pisau pencacah plastik dengan memvariasikan temperatur *tempering*. Parameter yang digunakan adalah pemanasan awal pada suhu 850°C dengan pendingin oli. Kemudian dilanjutkan variasi *tempering* pada suhu 300°C, 400°C, dan 500°C dengan waktu tahan 30 menit. Dari parameter tersebut didapatkan nilai tertinggi pada tempering 400°C sebesar 269,3 HV atau 25 HRC dengan fasa *bainite* dan *martensite* yang terbentuk.

Upaya untuk menghemat biaya produksi perusahaan air mineral yang ada di Kepulauan Bangka Belitung yang bernama PT. BOLESA dalam pembuatan mata potong pencacah plastik maka Baja S45C dipilih karena memiliki harga yang murah dan sangat memungkinkan untuk ditingkatkan sifat mekanisnya.

Berdasarkan penelitian sebelumnya, kekerasan yang dibutuhkan untuk mata potong dengan nilai kekerasan antara 25 HRC sampai 60 HRC dan untuk nilai kekerasan mata potong sebesar 46,9 HRC. Pada penelitian ini, untuk mencapai nilai kekerasan tersebut peneliti akan menggunakan spesimen berbahan material baja S45C yang dilakukan proses *hardening* dengan variasi temperatur 800°C, 840°C dan 880°C dengan waktu pemanasan 30 menit dan waktu tahan masing-masing 40 menit lalu di *quenching* dengan variasi media pendingin air garam, air laut dan oli. Lalu dilakukan proses *tempering* pada temperatur 500°C dengan waktu tahan 40 menit. Hasil *heat treatment* yang telah dilaksanakan akan diuji kekerasan menggunakan metode *rockwell* untuk mengetahui kekerasan baja dan dilakukan pula pengujian ketangguhan menggunakan metode charpy.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan penjelasan diatas maka rumusan masalahnya adalah bagaimana pengaruh perlakuan *hardening* menggunakan variasi temperatur 800°C, 840°C, dan 880°C dengan variasi media pendingin air garam, air laut dan oli dilanjutkan dengan perlakuan *tempering* pada suhu 500°C terhadap kekerasan dan ketangguhan baja S45C untuk mencapai kekerasan mata potong pencacah plastik?

1.3 Batasan Masalah

Batasan Masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Jenis baja yang digunakan adalah baja JIS S45C.
2. Temperatur *hardening* yang digunakan adalah 800°C, 840°C, 880°C.
3. Media pendingin yang digunakan adalah media pendingin air garam, oli dan air laut.
4. Temperatur *tempering* digunakan 500°C.
5. Pengujian sifat mekanis yang dilakukan adalah pengujian kekerasan dan pengujian

1.4 Tujuan

Tujuan dalam penelitian ini mengacu pada rumusan masalah yaitu mengetahui pengaruh perlakuan *hardening* menggunakan variasi suhu dengan variasi media pendingin dilanjutkan dengan perlakuan *tempering* pada suhu 500°C terhadap kekerasan dan ketangguhan baja S45C untuk mencapai kekerasan mata potong pencacah plastik.

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Mata Potong Pencacah Plastik

Mata Potong ataupun pisau pencacah plastik adalah komponen atau bagian yang digunakan sebagai pengurai atau memotong limbah plastik menjadi bagian kecil. Umumnya pisau pencacah ini yang menjadi salah satu komponen dari mesin pencacah plastik, banyak dipergunakan di perusahaan air mineral yang kebanyakan akan menghasilkan limbah plastik. Sehingga pada proses produksinya akan bekerja dalam waktu yang lama, dimana dalam prosesnya membutuhkan pengerjaan yang tepat agar pisau memiliki sifat yang keras, tangguh dan tahan terhadap beban pukul atau benturan, dan juga memiliki usia pakai yang lama.



Gambar 2.1 Mata potong pencacah plastik

2.2 Baja

Baja dapat diartikan sebagai pencampuran antara besi dan karbon, dan yang menjadi unsur dasar campurannya adalah karbon (C). selain itu baja terdapat campuran unsur yang lain yaitu silikon (Si) 0,1-0,3%, fosfor (P) 0,5%, mangan (Mn) 1%, sulfur (S) 0,05% dan karbonnya diantara 0,1-1,7% sedangkan untuk lainnya dibatasi. [6]

2.2.1 Baja Karbon Rendah

Baja ini ialah termasuk baja lunak atau bukan baja keras dikarenakan persen karbon baja ini sedikit. Baja ini sering disebut baja perkakas yang didalamnya terkandung persen karbon kurang dari 0,3%, biasa baja ini dijadikan baut, mur, ulir dan lain-lain. [6] Pada proses pembuatannya, pengerjaan baja dapat proses ketika panas. Hal ini jika diperhatikan pada lapisan luar permukaan oksidanya yang memiliki warna jadi hitam. Baja inipun dapat pula dilakukan pengerjaan dalam keadaan yang dingin, dimana meletakkan baja dalam wadah yang berisikan larutan asam. [6] Hal ini dilakukan agar mengeluarkan bagian tipis permukaan luar oksidasinya. Kemudian ketika telah waktunya baja akan diangkat dan dibentuk hingga mencapai ukuran yang diinginkan, lalu didinginkan. Baja dalam pengerjaan seperti ini akan memberikan permukaan baja yang halus atau licin.

2.2.2 Baja Karbon Sedang

Baja ini ialah baja yang mengandung karbon 0,3-0,6 %, lebih keras jika dibandingkan dengan baja karbon sebelumnya yaitu baja karbon rendah. Baja ini sangat baik untuk dikeraskan dengan proses perlakuan panas yang tepat. Baja ini diaplikasikan pada poros engkol, ragum, roda gigi dan sebagainya. [6]

2.2.3 Baja Karbon Tinggi

Baja ini ialah baja yang mengandung karbon 0,6-1,5%, baja ini memiliki kekerasan yang tinggi, akan tetapi sifat keuletannya rendah, dalam pengaplikasiannya baja ini biasa digunakan untuk pahat, kikir, gergaji dan lainnya. Dikarenakan baja ini memiliki sifat yang sangat keras oleh sebab itu dalam pengerjaannya dilakukan dalam kondisi panas. [6]

2.3 Material S45C

Material S45C ini adalah sebuah produk dari standar jepang yang disingkat JIS (*Japan Industrial Standart*). Baja ini mengandung unsur yang utama yaitu karbon (C) sebesar 0,5%, mangan (S) sebesar 0,035% dan sulfur (Mn) sebesar 0,8%. Baja ini memiki kuat tarik 570 hingga 700 Mpa dengan kekerasan Brinell

di antara 170 sampai dengan 210 HB atau 3 sampai 13 HRC. Baja S45C sangat baik pada proses pemesinan, kemampuan pengelasan yang baik dan proses perlakuan panas yang baik yang bertujuan mendapatkan sifat mekanis yang meningkat dengan kekerasan hingga 54 sampai 60 HRC tetapi berdasarkan temperatur dan media pendingin yang digunakan. Pengerasan *hardening* dengan kisaran suhu 820 hingga 870°C dan suhu *tempering* pada suhu 550°C hingga 650°C dan media pendingin oli dan air [7].

Baja S45C sebagai bahan pisau pemotong diharuskan memiliki sifat yang keras, Tangguh, dan tahan aus. Hal demikian dapat diketahui dari sifat mekanik dan juga sifat mekanik baja tersebut yang memiliki fasa *ferrite* dan fasa *pearlite*, dimana dalam hal ini baja masih bersifat lunak dan belum keras. Akan meningkatnya sifat kekerasan material apabila telah dilakukan proses perlakuan panas [5]. Baja jenis ini banyak diaplikasikan sebagai mata gergaji, roda gigi, mata silet dan bantalan [8].

2.4 Pengertian *Heat Treatment*

Perlakuan panas atau *Heat treatment* merupakan salah satu proses yang dikerjakan dimana bertujuan untuk mengubah sifat yang terkandung pada baja yaitu sifat mekanis. Perlakuan panas ini dilakukan pada kombinasi antara proses pendinginan ataupun proses pemanasan yang ditentukan [2]. *Heat treatment* ini akan membuat perubahan pada mikrostruktur logam baja, dimana sebagai peningkatan sifat mekanik yang ada didalam struktur logam baja.

Perlakuan panas bisa diartikan sebagai penggabungan atau interaksi antara proses proses pendinginan pada laju tertentu dengan proses pemanasan yang tepat pada material logam dalam kondisi padat, disitulah upaya untuk mendapatkan sifat-sifat yang diinginkan. Berubahnya sifat tersebut bisa terjadi diakibatkan adanya perubahan mikrostruktur pada saat proses pendinginan maupun pemanasan. Hal tersebut akan berpengaruh pada berubah mikrostrukturnya.

2.5 Jenis Perlakuan

Didalam perlakuan panas ada yang dinamakan perlakuan panas awal dan juga perlakuan panas akhir. Beberapa jenis perlakuan panas sebagai berikut :

2.5.1 *Annealing*

Annealing adalah salah satu diantara proses *heat treatment* terhadap material logam dalam proses pembuatan produk. Pada intinya, *annealing* dilakukan dengan cara pemanasan material sampai pada suhu diatas suhu transformasi atau perubahan yaitu diatas 30°C sampai 50°C. Sehingga terjadi perubahan yang diperlukan. Kemudian untuk mendinginkan material tersebut dilakukan laju pendinginan yang lama. *Annealing* dapat pula dikerjakan pada benda kerja dalam kondisi yang berbeda-beda dan dengan tujuan yang berbeda, tujuan dilakukannya *annealing* yakni untuk melunakan, menghaluskan butiran pada struktur kristal, dan menghilangkan tegangan inti dan memperbaiki kerusakan material [2].

2.5.2 *Normalizing*

Normalizing merupakan suatu proses yang bertujuan untuk menghaluskan dan memperbaiki struktur butir pada baja dan juga sebagai pembentuk struktur supaya beragam dan halus, sehingga tidak diperlukan pengerjaan dingin [2].

2.5.3 *Hardening*

Hardening adalah proses perlakuan panas pada baja yang bertujuan untuk meningkatkan kekerasan pada baja. Proses ini bisa sangat penting didalam produksi bagian-bagian komponen mesin. Beberapa faktor yang sangat berpengaruh pada proses *hardening* ini yaitu persentase kandungan karbon pada baja, pendingin, temperatur, waktu penahanan, ketebalan benda kerja [2].

2.5.4 *Tempering*

Tempering adalah suatu langkah dimana baja yang sebelumnya sudah dikeraskan lalu dipanaskan kembali untuk menghilangkan tegangan sisa dan juga mengembalikan sifat dari ketangguhan dan keuletan yang hilang dengan suhu

tertentu dan waktu tahan tertentu. Dibalik kembalinya sifat keuletan tersebut maka akan menyebabkan turunnya kekuatan dan kekerasan yang telah dicapai sebelumnya [9]. *Tempering* terbagi menjadi tiga yaitu:

1. *Tempering* Suhu Rendah

Tempering ini berada pada suhu antara 150°C sampai 300°C yang bertujuan untuk menurunkan tegangan dan kerapuhan. Biasanya digunakan pada material yang tidak banyak menggunakan tekanan besar seperti mata bor [10].

2. *Tempering* Suhu Sedang

Tempering ini berada pada suhu antara 300°C sampai 500°C yang bertujuan untuk meningkatkan keuletan dan tangguh tetapi akan menurunkan tingkat kekerasannya. Biasanya digunakan pada material yang banyak menggunakan tekanan besar seperti alat perkakas seperti palu, pahat, dan lain-lain [10].

3. *Tempering* Suhu tinggi

Tempering ini berada pada suhu antara 500°C sampai 650°C yang bertujuan untuk meningkatkan keuletan yang tinggi tetapi akan menurunkan tingkat kekerasan yang sangat rendah. Biasanya digunakan pada material yang banyak menggunakan tekanan sangat besar seperti roda gigi, poros, dan batang penggerak [10].

2.6 Temperatur Austenit

Dilakukannya proses pemanasan untuk mencapai temperatur austenit yaitu agar mendapatkan unsur martensit yang memiliki sifat yang keras maka dari itu saat dilakukannya pemanasan terjadi struktur austenit yang dapat bertransformasi menjadi *martensite*. Ketika proses pemanasan masih memiliki struktur lain setelah dilakukan pendinginan cepat akan didapatkan struktur yang tidak seluruhnya *martensite* dan jika strukturnya *ferrite* maka kekerasan yang dihasilkan tidak mencapai target. Baja karbon untuk mencapai temperatur austenit dilakukan

pemanasan diatas suhu transormasi A3 kisaran 30 – 500°C untuk baja *Hypotectoid* dan 30 – 500°C diatas temperatur kritis A1 untuk baja *hypereutectoid*.

2.7 Waktu Penahanan

Waktu penahanan atau *holding time* adalah suatu cara atau proses dalam variabel untuk mendapatkan kekerasan secara menyeluruh atau maksimum ke seluruh bagian benda kerja material logam. Contoh pada proses pemanasan *hardening* dimana untuk memdapatkan pemanasan yang menyeluruh atau homogen perlu dilakukan langkah ini. Sehingga struktur yang ada pada baja yaitu struktur austenitnya homogen atau bisa dikatakan akan terjadinya kelarutan karbida masuk kedalam bagian austenit dan juga berdifusi karbon serta unsur paduannya.

Pada umumnya baja jika dilakukan proses pemanasan sangat perlu dilakukan proses penahanan waktu, hal ini dikarenakan saat austenit telah mencapai daerahnya maka struktur austenit masih berupa butiran yang halus dan karbon serta unsur lainnya seperti paduannya masih belum homogen atau menyeluruh dan juga didalamnya terdapat karbida yang belum larut. Maka dari itu baja perlu dilakukan proses penahanan wajtu atau *holding time* pada puncaknya austenit, dimana untuk mendapatkan peluang larutnya karbida dan akan lebu homogen austenit. Penahanan ini bisa dilakukan ketika suhu tungku pemanas sudah mencapai suhu panas yang telah ditetapkan. Dimana hal ini akan memberikan perbaikan pada bentuk kristal yang terbentuk pada saat suhu berdeformasi [6].

2.8 Quenching

Quenching merupakan proses pendinginan baja dengan laju pendinginan yang sangat cepat yang mencapai temperatur pengerasanya atau temperatur austenisasi pada proses hardening untuk mendapatkan kekerasan yang diinginkan. Pada proses quenching terjadi perubahan dari austenite menjadi bainite dan martensite untuk mendapatkan kekuatan dan kekerasan yang tinggidikarenakan percepatan pendinginan dari temperatur akhir perlakuan. Pengerasan maksimum yang dapat dicapai baja yang di *quench* hampir sepenuhnya ditentukan oleh

konsentrasi karbon dan kecepatan pendinginan yang sama atau lebih tinggi dengan kecepatan pendinginan kritis untuk paduan tersebut [11].

2.8.1 Air Garam

Penggunaan larutan air garam sebagai media pendingin dapat memberikan pendinginan yang cepat dan merata atau teratur. Media pendingin air garam akan menghasilkan kekerasan yang sangat keras dikarenakan air garam memiliki sifat mengikat zat arang [12].

2.8.2 Oli.

Pendingin menggunakan oli akan menghasilkan kekerasan yang rendah namun dengan ketangguhan yang meningkat. Kekentalan oli sangat berpengaruh pada sifat mekanis baja, oli yang dengan kekentalan yang rendah akan mempercepat proses penyerapan dan oli dengan kekentalan tinggi akan membuat proses penyerapan panas menjadi lambat [12].

2.8.3 Air Laut

Air laut merupakan bahan alami yang digunakan sebagai media pendingin. Media pendingin air laut akan melakukan pendinginan secara cepat dan menghasilkan *martensite* yang dominan bersifat keras dan rapuh dikarenakan air laut akan mengikat zat arang [12].

2.9 Tujuan Proses Perlakuan Panas

Umumnya proses perlakuan panas dilakukan agar bertujuan guna mengurangi deformasi benda kerja pada saat langkah sedang dilakukan atau sesudah dikerjakan pada hasil suatu pekerjaan, yang dapat terjadi perubahan sifat-sifat bahan dan menghilangkan tegangan-tegangan sisa.

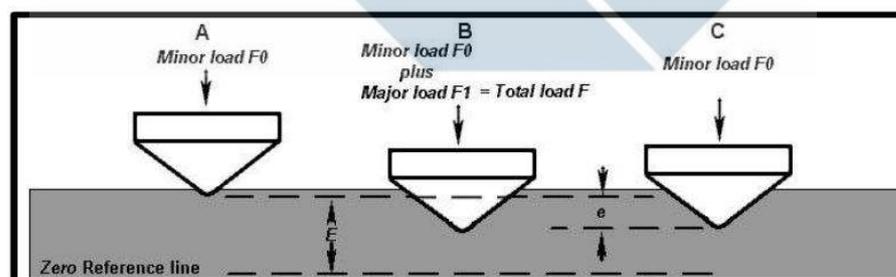
Material logam yang terdiri dari mikrostruktur berbentuk kristal-kristal yang kecil yang disebut “butir”. Sifat butir ialah salah satu diantara faktor yang paling penting sehingga dapat jadi penentu sifat mekanis logam secara menyeluruh [13].

2.10 Uji Kekerasan

Pada dasarnya kekerasan dapat diartikan ketahanan terhadap deformasi atau perubahan, malainkan nilai kekerasan pada material logam yakni suatu ukuran ketahanan material logam terhadap perubahan atau deformasi permanen.

Terdapat tiga jenis pengukuran kekerasan yaitu *Scratch Hardness* ialah pengukuran berdasarkan pada kemampuan material logam pada goresan. Pengukuran ini didasarkan skala mohs. *Indentation Hardness* merupakan suatu perhitungan dasar untuk mencakup lebar goresan dan kedalaman yang diberikan pada suatu identor pada bagian luar permukaan logam yang diberi beban tertentu. Ada beberapa teknik pengukuran kekerasan dilakukan adalah pengujian kekerasan Rockwell sesuai dengan standar ASTM E-18, pengujian kekerasan Brinell ASTM E-10, dan Pengujian kekerasan Vickers standar ASTM E-29.

Dalam metode Rockwell pada pengujiannya spesimen akan ditekan dengan alat yang dinamakan penetrator bisa berupa bola baja dan intan, dll. Nilai kekerasan didasarkan pada kedalaman penekanan identor dan nilainya akan dapat langsung dibaca pada di mesin Rockwell. Ilustrasi pengujian kekerasan dapat dilihat pada Gambar 2.3



Gambar 2.2 Ilustrasi pengujian kekerasan *rockwell*.

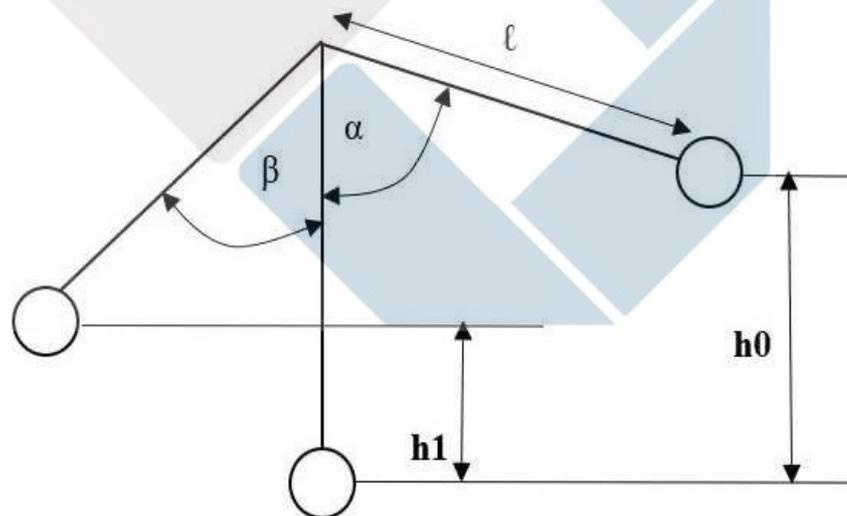
2.11 Uji Impak

Pengujian impak ialah pengujian yang menggunakan beban cepat. Dalam pengujian mekanis, terdapat perbandingan dalam memperlakukan tipe bahan pada suatu material. Dalam uji impak, jumlah energi yang diserap material dikala pada

merupakan dimensi ketahanan ataupun ketangguhan impak material. Bahan yang bersifat ulet akan menunjukkan ketangguhan yang lebih besar dengan menyerap energi potensial pendulum yang berayun dari ketinggian yang berakibatkan material menjadi patah. Metode uji impak ada 2 yaitu uji impak metode *Charpy* dan metode *Izod*. Metode *Charpy* banyak digunakan di Amerika Serikat, sedangkan metode *Izod* banyak digunakan di Eropa

2.11.1 Uji Impak Metode *Charpy*

Batang uji metode *Charpy* memiliki spesifikasi, luas penampang 10 mm x 10 mm dan takikan berbentuk V. Proses pembebanan uji impak pada metode *Charpy* dan metode *Izod* dengan sudut 45°, kedalaman takik 2 mm dengan radius pusat 0.25 mm [14]. Batang uji metode *Charpy* diletakan dengan posisi horizontal dan arah pembebanan berlawanan dengan arah takikan [15]. Ilustrasi pengujian impak metode *charpy* dapat dilihat pada gambar 2.3 dibawah ini



Gambar 2. 3 Ilustrasi pengujian impak metode *charpy*

Untuk menghitung jumlah energi yang diserap dapat dihitung dengan persamaan:

$$E = m.g(h_0-h_1)$$

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

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

Keterangan :

E = energi yang diserap (*joule*)

m = massa pendulum (kg)

g = percepatan gravitasi ($9,8 \text{ m/s}^2$)

h_0 = jarak awal pendulum dan material uji (m)

h_1 = jarak akhir pendulum setelah diayunkan (m)

$\cos \alpha$) = sudut awal pendulum sebelum diayunkan.

$\cos \beta$) = sudut setelah pendulum menabrak benda kerja

Untuk menghitung harga impak dihitung dengan persamaan :

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

Keterangan :

HI = Harga Impak (*joule/m²*)

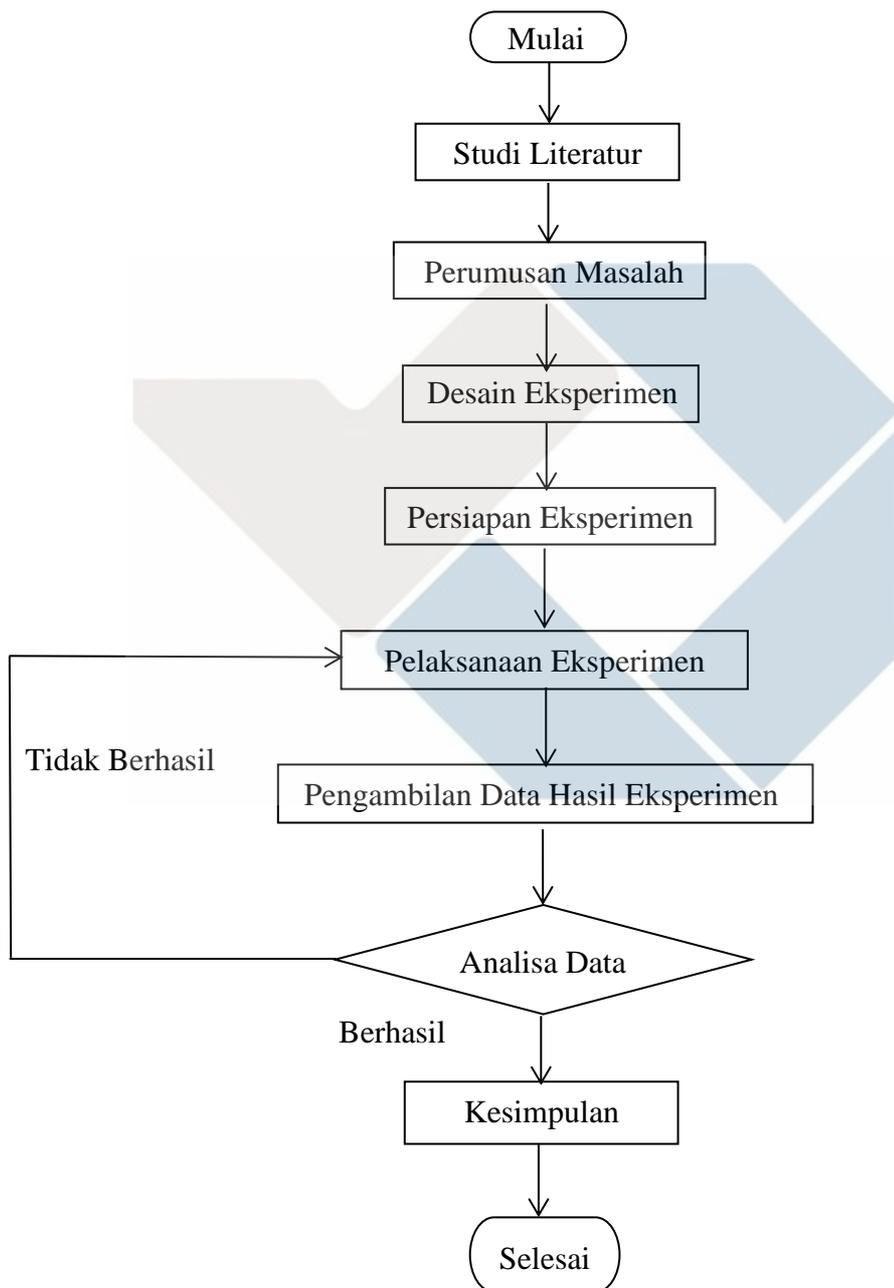
E = Energi yang diserap (*joule*)

A = Luas Penampang takik (m^2)

BAB III

METODE PELAKSANAAN

Tahapan Penelitian yang dilakukan mengikuti diagram alir yang ditunjukkan pada gambar 3.1 berikut:



Gambar 3.1 Skema Diagram Alir Penelitian.

3.1 Studi Literatur

Studi literatur merupakan suatu rangkaian kegiatan dimana mengumpulkan data-data dari sumber pustaka. Tujuan studi literatur adalah untuk mendapatkan gambaran tentang penelitian perlakuan panas pada baja S45C dan mata potong pencacah plastik.

3.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah adalah bagian terpenting dari penelitian dikarenakan memuat inti permasalahan dari penelitian yang ditentukan setelah mengumpulkan data-data yang dibuat dalam sebuah pertanyaan.

3.3 Desain Eksperimen

Desain eksperimen adalah salah satu diantara metode statistika yang digunakan sebagai alat untuk peningkatan dan memperbaiki kualitas data. Perubahan-perubahan yang terjadi pada variabel suatu langkah diharapkan bisa memberikan hasil atau respons yang tepat dan memuaskan. Dibawah ini ada memberikan informasi mengenai variabel yang akan digunakan:

3.3.1 Variabel Bebas

Variabel bebas yang sering diungkapkan juga faktor kontrol adalah faktor yang dapat dikendalikan dan penelitian yang akan dilakukan dan perhitungannya maka nilainya dapat ditentukan berdasarkan tujuan dari. Faktor kontrol atau variabel bebas yang digunakan °C pada penelitian ini adalah:

1. Temperatur

Pada penelitian ini akan memvariasikan suhu *hardening* yaitu 800°C, 840°C, dan 880°C.

2. Media Pendingin

Pada penelitian ini akan memvariasikan media pendinginan yaitu air garam, oli, dan air laut.

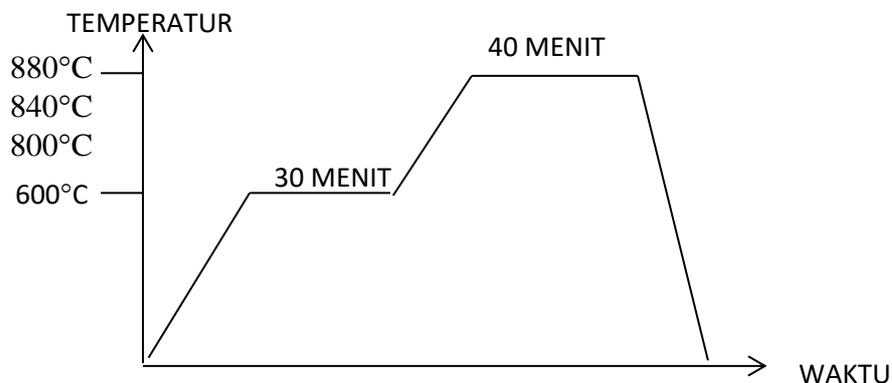
3.3.2 Variabel Respon

Variabel respon adalah suatu variabel yang tidak dapat diketahui nilainya sebelum dilakukan pengujian. Perlakuan yang diberikan sangat berpengaruh terhadap nilai, serta sesudah melakukan penelitian untuk mengetahui hasilnya. Variabel respon adalah Uji Kekerasan dan Uji Impak.

3.3.3 Variabel Konstan

Variabel konstan adalah faktor yang tidak dilakukan proses penelitian namun tetap ada sebuah dalam penelitian. Nilai. Faktor konstan yang akan diteliti adalah jenis perlakuan sebagai berikut:

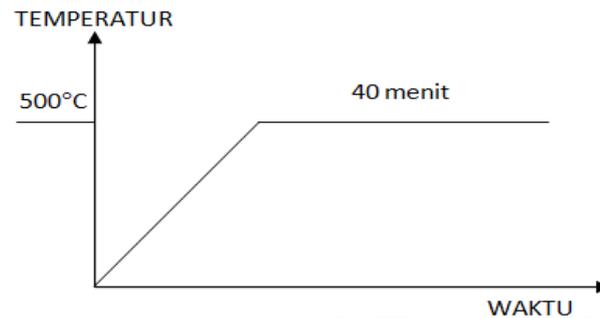
1. *Hardening*
 - a) *Pre-heating* merupakan pemanasan awal agar tidak terjadi *shock temperature* yang menyebabkan terjadinya suatu keretakan. Proses ini dilakukan sebelum proses pemanasan austenisasi. Langkah pemanasan yang dilakukan yakni pada temperatur 600°C dengan waktu penahanan 30 menit.
 - b) Austenisasi merupakan pemanasan lanjutan setelah dilakukan pemanasan awal. Pemanasan ini dilakukan sampai temperatur austenisasi dengan waktu tahan 40 menit.
 - c) *Quenching* merupakan proses memasukan material bajapada media pendinginyang diproses dengan cepat dengan menggunakan media pendingin air garam, oli, dan air laut.



Gambar 3.2 Diagram Proses *Hardening*.

2. *Tempering*

Tempering adalah sebuah proses lanjutan dari proses *hardening*, dimana guna mendapatkan kembali keuletan yang hilang. Penelitian ini menggunakan *tempering* 500°C



Gambar 3.3 Diagram Proses *Tempering*.

3.3.4 Material

Penelitian kali ini akan menggunakan bahan material baja karbon sedang grade JIS S45C.

3.4 Persiapan Eksperimen

Persiapan yang dilakukan sebelum melakukan eksperimen adalah melakukan persiapan terhadap bahan-bahan penelitian, peralatan penelitian dan peralatan bantu yang akan digunakan.

3.4.1 Bahan penelitian

Dalam pelaksanaan penelitian ini diperlukan bahan dan peralatan. Adapun bahan dan peralatan yang perlu disiapkan antara lain:

Bahan yang akan digunakan dalam penelitian kali ini adalah sebagai berikut:

1. Mata Potong Pencacah Plastik

Mata potong pencacah digunakan sebagai acuan nilai kekerasan yang ingin dicapai. Dalam pengujian dilakukan sebanyak 4 sampel masing-masing 15 kali penitikan.

Tabel 3.1 Data Kekerasan (HRC) Mata Potong Pencacah Plastik

No.	SAMPEL 1	SAMPEL 2	SAMPEL 3	SAMPEL 4
1	42,6	48,7	43,7	52,5
2	43,6	47,3	40,5	48,6
3	46,7	51,0	46,2	42,8
4	45,5	45,4	46,9	45,3
5	45,1	43,7	46,2	50,3
6	46,2	49,8	42,5	46,8
7	48,6	51,5	51,2	43,7
8	42,8	48,6	49,0	48,0
9	43,5	46,8	49,6	51,3
10	42,9	45,1	49,9	47,3
11	44,6	46,8	49,0	50,3
12	45,2	51,5	46,5	48,7
13	47,4	49,0	45,8	45,9
14	44,1	48,7	45,4	51,5
15	48,0	49,0	45,9	46,2
Rata-rata	45,12	48,193	46,553	47,946
	Rata-rata 4 sampel (HRC)			46,953

Berdasarkan tabel diatas didapatkan rata-rata dari keempat sampel kekerasan sebesar 46,953 HRC.

2. Baja S45C

Baja S45C digunakan sebagai spesimen uji akan dibuat dengan standar ASTM E23 yang memiliki luas penampang persegi dengan luas (10 mm x 10 mm) dan panjang 55 mm dan mempunyai takik berbentuk v yang memiliki sudut 45° dengan jari-jari 0,25 mm dan kedalaman 2 mm.

Tabel 3. 2 Data Hasil Uji Kekerasan Awal Baja S45C

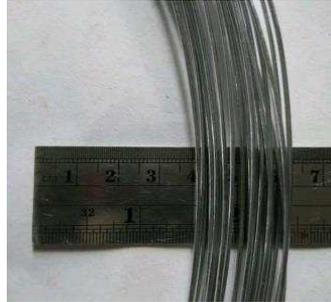
Spesimen	Banyak pengujian			Rata-rata (HRC)
	1	2	3	
1	13,80	12,83	13,55	13,39

Tabel 3. 3 Data Hasil Uji Ketangguhan Awal Baja S45C

Spesimen	Banyak pengujian			Rata-rata (J/mm ²)
	1	2	3	
1	0,4112	0,4112	0,4112	0,4112

3. Kawat baja

Kawat baja digunakan sebagai pengikat spesimen untuk mempermudah pengangkatan spesimen pada proses *hardening*.



Gambar 3.4 Kawat baja.

4. Media pendingin

Pada penelitian ini media pendingin yang digunakan adalah air laut, oli, dan air garam.



(a).



(b).



(c).

Gambar 3.5 (a) Air laut (b) air garam, dan (c) Oli.

3.4.2 Peralatan penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mesin gergaji potong DOALL Model C-916

Mesin gergaji potong digunakan untuk membuat spesimen menjadi bagian yang diinginkan. Mesin gergaji potong dapat dilihat seperti pada gambar 3.5 dibawah ini:



Gambar 3.6 Mesin gergaji potong.

2. Tungku pemanas

Tungku pemanas digunakan untuk memanaskan spesimen pada proses *hardening dan tempering*. Tungku pemanas yang digunakan tungku pemanas *Nabertherm made in Germany*. Tungku pemanas dapat ditunjukkan seperti pada gambar 3.5 dibawah ini:



Gambar 3.7 Tungku pemanas.

3 Mesin uji impact

Mesin uji impact digunakan adalah tipe JB-300B 150 *joule* untuk mengetahui hasil uji impact dari nilai ketangguhan spesimen setelah dilakukan perlakuan panas. Mesin uji impact yang digunakan dapat ditunjukkan seperti pada gambar 3.6 dibawah ini:



Gambar 3.8 Mesin uji impak.

4. Mesin Uji Kekerasan.

Mesin uji kekerasan digunakan adalah ZWICK-ROEL untuk mengetahui hasil uji kekerasan dari spesimen setelah dilakukan perlakuan panas. Mesin uji kekerasan yang digunakan dapat ditunjukkan seperti pada gambar 3.6 dibawah ini:



Gambar 3.9 Mesin Uji Kekerasan

5. Tang

Tang digunakan untuk memotong kawat. Tang yang digunakan adalah tang kombinasi. Tang dapat ditunjukkan seperti pada gambar 3.8 dibawah ini:



Gambar 3.10 Tang

6. Kaleng cat

Kaleng cat digunakan untuk wadah media pendingin yang akan digunakan. Tiap kaleng bervolume 1 liter sebanyak 3 kaleng.

7. Jangka sorong

Jangka sorong berguna memberi ukuran yang tepat dan teliti pada spesimen setelah pemotongan. Jangka sorong dapat ditunjukkan seperti pada gambar 3.10 dibawah ini:



Gambar 3.11 Jangka sorong

3.5 Pelaksanaan Eksperimen

Setelah mempersiapkan semua alat dan bahan yang perlukan, pada tahap pelaksanaan eksperimen ini meliputi pembuatan benda uji sesuai dengan standar ASTM E-23 yang akan dibuat sebanyak 32 buah. Kemudian benda kerja dilakukan proses pemanasan tahap pertama yaitu proses *hardening* dan dilanjutkan proses *tempering* dengan suhu yang telah ditentukan.

3.6 Pengambilan Data Hasil Eksperimen.

Setelah pembuatan spesimen uji, dilakukan pengujian bahan sesuai dengan yang telah dibuat sebagai berikut:

3.6.1 Pengujian Kekerasan.

Pada penelitian ini, analisis kekerasan yang digunakan adalah metode *Rockwell* dengan standar ASTM E-18. Analisis kekerasan spesimen dengan pemberian dan juga tanpa pemberian perlakuan bertujuan untuk melihat

peningkatan kekerasan baja akibat dari variasi suhu pemanasan dan variasi media pendingin sehingga didapatkan distribusi kekerasan serta kekerasan rata-rata dari semua spesimen.

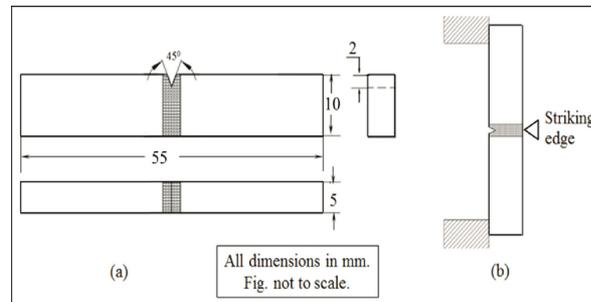
Tabel 3.4 Rencana Pengumpulan Data Hasil Uji Kekerasan.

No.	Temperatur <i>Hardening</i>		Nama Sampel	Uji Kekerasan HRC			Rata- rata
				Titik 1	Titik 2	Titik 3	
1	800°C	Air garam	1.1				
2			1.2				
3			1.3				
4		Oli	1.4				
5			1.5				
6			1.6				
7		Air laut	1.7				
8			1.8				
9			1.9				
10	840°C	Air garam	2.1				
11			2.2				
21			2.3				
13		Oli	2.4				
14			2.5				
15			2.6				
16		Air laut	2.7				
17			2.8				
18			2.9				
19	880°C	Air garam	3.1				
20			3.2				
21			3.3				
22		Oli	3.4				
23			3.5				
24			3.6				
25		Air laut	3.7				
26			3.8				
27			3.9				

3.6.2 Pengujian Impak.

Pada percobaan atau penelitian ini, uji impak dilakukan dengan metode *Charpy*. Uji impak diberikan pada spesimen tanpa perlakuan panas dan dengan perlakuan panas dengan maksud agar dapat mengetahui tingkat ketangguhan baja yang dilakukan dengan variasi suhu pemanasan dan media pendingin sehingga dari

pada itu bisa diketahui bagaimana perubahan. Pengujian ini akan dilakukan sebanyak 3 benda kerja untuk setiap variabel yang proses. Bentuk spesimen dapat ditunjukkan pada gambar 3.13 dibawah ini.



Gambar 3.12 Bentuk spesimen standar ASTM E-23

Tabel 3.5 Rencana Pengumpulan Data Hasil Uji Ketangguhan.

No.	Temperatur <i>Hardening</i>	Nama Sampel	Ketangguhan		Rata-rata
			Energi (joule)	Harga impact (joule/mm ²)	
1	800°C	Air garam	1.1		
2			1.2		
3			1.3		
4		Oli	1.4		
5			1.5		
6			1.6		
7		Air laut	1.7		
8			1.8		
9			1.9		
10	840°C	Air garam	2.1		
11			2.2		
21			2.3		
13		Oli	2.4		
14			2.5		
15			2.6		
16		Air laut	2.7		
17			2.8		
18			2.9		
19	880°C	Air garam	3.1		
20			3.2		
21			3.3		

22		Oli	3.4			
23			3.5			
24			3.6			
25		Air laut	3.7			
26			3.8			
27			3.9			

3.7 Analisis Data

Menganalisis hasil pengujian menggunakan metode eksperimen untuk mengetahui pengaruh variasi temperatur dan media pendingin terhadap nilai kekerasan dan ketangguhan baja S45C hasil eksperimen.

3.8 Kesimpulan

Kesimpulan merupakan ringkasan dari semua hasil akhir penelitian dan merupakan bahasan akhir dalam penelitian. Pada bahasann ini menyimpulkan hasil penelitian dimana untuk mengetahui nilai kekerasan dan ketangguhan baja S45C dengan membandingkan hasil benda uji dengan benda uji tanpa perlakuan setelah dilakukan variasi temperatur dan media pendingin.

3.9 Waktu Penelitian

Penelitian Tugas akhir ini dilakukan selama semester 7 berlangsung, terhitung sejak selesai seminar proposal hingga akhir semester. Waktu penelitian bisa dilihat pada table 3.7 berikut :

Tabel 3.6 Waktu penelitian

No	Kegiatan	Bulan									
		Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Sep	Okt	Nov	Des	Jan
1	Studi Literatur										

2	Persiapan Eksperimen										
3	Pelaksanaan Eksperimen										
4	Pengolahan Data										
5	Pengamatan										
6	Analisa Hasil										
7	Analisa Hasil Keseluruhan										
8	Kesimpulan dan Saran										

BAB IV

PEMBAHASAN

4.1 Proses Penelitian

Adapun langkah-langkah yang akan dilakukan dalam penelitian kali ini meliputi mulai dari mempersiapkan benda uji, *heat treatment*, dan langkah pengujian. Adapun langkah-langkah yang dilakukan sebagai berikut:

4.1.1 Persiapan spesimen

Persiapan pembuatan benda uji atau spesimen ini dimulai pada:

1. Pembuatan benda uji akan diproses dengan menggunakan mesin gergaji potong DOALL Model C-916. Memotong benda uji dengan ukuran panjang 55 mm dan dengan luas penampang 10 x 10 mm. Jumlah benda uji yang akan dibuat sebanyak 32 buah.



(a)



(b)

Gambar 4.1(a) Pembuatan spesimen, (b) Spesimen.

2. Membuat takikan dengan sudut 45° pada tengah – tengah spesimen menggunakan mesin frais dengan kedalaman 2mm.



Gambar 4.2 Pembuatan takikan pada spesimen.

3. Benda uji diikat dengan kawat untuk mempermudah proses dalam mengangkat dan mencelupkan benda uji kedalam media pendingin.

4.1.2 Perlakuan panas

Ada beberapa tahapan yang dilakukan dalam proses *hardening*, yaitu:

1. Mempersiapkan media pendingin sebagai media pendingin yang akan digunakan dalam penelitian.
2. Mempersiapkan tungku pemanas untuk proses pemanasan. Selanjutnya meletakkan spesimen atau benda uji yang telah diikat dengan kawat kedalam tungku pemanas. Spesimen masuk ketahap pemanasan pada suhu 800°C, 840°C, dan 880°C dan ditahan selama 40 menit.



Gambar 4.3 Memasukan spesimen

3. Proses *quenching* dilakukan pada saat setelah waktu telah mencapai batas waktu penahanan. Pendinginan dilakukan secara cepat setelah dipanaskan pada temperatur 800°C, 840°C, dan 880°C kedalam wadah berisi yang air garam, oli, dan air laut. Kemudian, pastikan spesimen telah dingin maka angkat spesimen dan keringkan menggunakan majun.



Gambar 4.4 Proses pencelupan

4.2 Pengujian Kekerasan

Baja S45C yang telah siap diuji. Selanjutnya dilakukan pengujian kekerasan dengan metode *Rockwell* Standar ASME-18. Adapun langkah-langkah yang digunakan dalam pengujian ini sebagai berikut:

- Mempersiapkan benda uji yang telah selesai di proses hardening.
- Bersihkan benda uji dengan menggunakan ampelas.
- Menyalakan mesin pengujian kekerasan.
- Siap dilakukan pengujian.
- Meletakkan spesimen pada dudukan mesin uji kekerasan.
- *Setting* satuan kekerasan ke HRC
- Proses penekanan spesimen dengan cara memutar dudukan mesin uji sampai terdengar bunyi tanda proses penekanan cukup.
- Pengujian dilakukan sebanyak tiga titik pada tiap specimen.
- Jarak 1-2 cm tiap penempatan titik pengujian.
- Menunggu nilai akan muncul pada mesin.
- Memasukan nilai kedalam data.



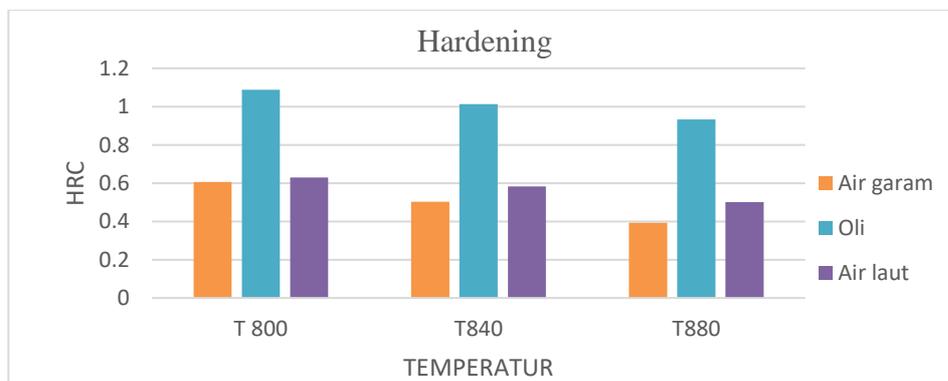
Gambar 4.5 Melakukan proses pengujian kekerasan

4.3 Hasil dan Pembahasan Kekerasan

Tabel 4. 1 Data Hasil Uji Kekerasan Pada Proses *Hardening*

No.	Temperatur <i>Hardening</i>	Nama Sampel	Uji Kekerasan HRC			Rata-rata
			Titik 1	Titik 2	Titik 3	
1	800	Air garam	1.1	47,1	42,4	43,95
2			1.2	48,7	45,1	
3			1.3	44,3	41,3	
4		Oli	1.4	29,7	27,7	34,24
5			1.5	38,1	31,1	
6			1.6	39,6	33,4	
7		Air laut	1.7	38,9	41,7	41,66
8			1.8	43,4	45,4	
9			1.9	36,0	43,1	
10	840	Air garam	2.1	51,1	49,9	50,56
11			2.2	48,5	49,0	
21			2.3	49,7	50,1	
13		Oli	2.4	37,6	33,5	35,27
14			2.5	36,9	30,1	
15			2.6	35,0	33,4	
16		Air laut	2.7	41,70	43,5	42,66
17			2.8	42,20	40,3	
18			2.9	43,20	42,7	
19	880	Air garam	3.1	54,1	56,4	55,30
20			3.2	54,8	55,6	
21			3.3	51,4	54,1	
22		Oli	3.4	32,2	38,0	34,54
23			3.5	35,0	33,8	
24			3.6	34,4	32,9	
25		Air laut	3.7	40,2	40,6	44,64
26			3.8	45,8	49,9	
27			3.9	41,9	45,2	

Gambar 4.6 Grafik Uji Kekerasan Proses *Hardening*



Berdasarkan table dan grafik diatas yang merupakan proses lanjutan dari *hardening* yaitu proses *tempering* pada suhu 500°C, maka didapatkan nilai :

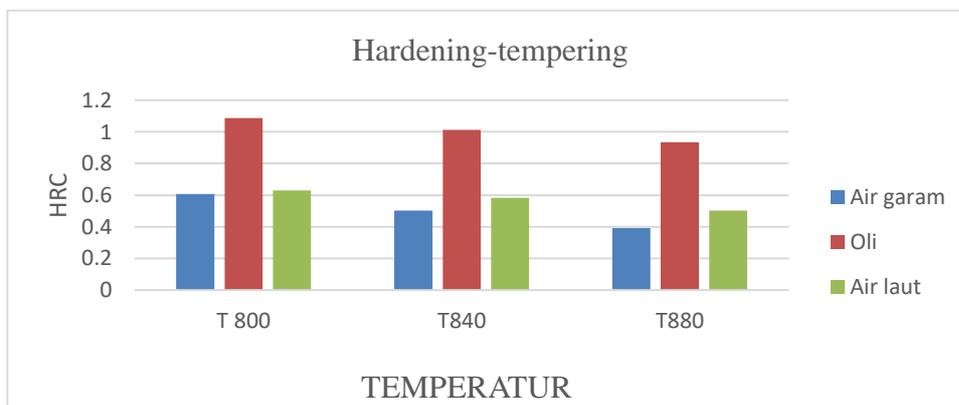
- Temperatur 800°C dengan media pendingin air garam memiliki rata-rata nilai 43,95 HRC.
- Temperatur 840°C dengan media pendingin air garam memiliki rata-rata nilai 50,56 HRC.
- Temperatur 880°C dengan media pendingin air garam memiliki rata-rata nilai 55,30 HRC
- Temperatur 800°C dengan media pendingin oli memiliki rata-rata nilai 34,24 HRC.
- Temperatur 840°C dengan media pendingin oli memiliki rata-rata nilai 35,27 HRC.
- Temperatur 880°C dengan media pendingin oli memiliki rata-rata nilai 34,54 HRC.
- Temperatur 800°C dengan media pendingin air laut memiliki rata-rata nilai 41,66 HRC.
- Temperatur 840°C dengan media pendingin air laut memiliki rata-rata nilai 42,66 HRC.
- Temperatur 880°C dengan media pendingin air laut memiliki rata-rata nilai 44,64 HRC.

Berdasarkan tabel diatas dapat dilihat bahwa terjadi kenaikan yang signifikan dari perlakuan yang diberikan yaitu variasi temperatur dan variasi media pendingin. Benda kerja setelah dilakukan proses *hardening* akan bersifat keras tetapi sangat rapuh. Dalam hal ini benda uji benda uji masih memiliki sifat yang kurang baik, maka dari itu Langkah selanjutnya yang diharapkan dapat mengembalikan sifat keuletan yang hilang maka dilanjutkan proses *tempering* pada temperatur 500°C. dalam pemberian perlakuan *tempering* ini benda kerja akan mengalami penurunan kekekrasan. Berikut data hasil kekekrasan benda uji setelah dilakukan proses *tempering*.

Tabel 4.2 Data Hasil Uji Kekerasan Proses *hardening-tempering* 500°C.

No.	Temperatur <i>Hardening</i>	Nama Sampel	Uji Kekerasan HRC			Rata-rata	
			Titik 1	Titik 2	Titik 3		
1	800°C	Air garam	1.1	30,4	32,6	30,73	
2			1.2	32,8	28,1		30,6
3			1.3	31,5	29,3		33,4
4		Oli	1.4	19,6	23,2	17,6	21,33
5			1.5	24,3	18,4	19,7	
6			1.6	20,1	20,7	22,4	
7		Air laut	1.7	30,1	27,9	26,4	27,74
8			1.8	27,6	24,7	31,4	
9			1.9	27,9	28,6	25,1	
10	840°C	Air garam	2.1	33,1	32,4	34,01	
11			2.2	35,4	36,8		33,2
21			2.3	34,9	33,7		35,1
13		Oli	2.4	18,6	25,1	19,7	22,27
14			2.5	25,3	21,5	23,4	
15			2.6	22,1	22,9	21,9	
16		Air laut	2.7	31,8	28,6	30,7	28,69
17			2.8	33,4	27,4	26,4	
18			2.9	29,1	22,6	28,1	
19	880°C	Air garam	3.1	38,4	37,5	36,86	
20			3.2	34,6	38,4		37,4
21			3.3	35,9	34,7		35,6
22		Oli	3.4	27,6	24,2	29,6	25,68
23			3.5	24,1	23,8	26,4	
24			3.6	26,9	26,5	22,1	
25		Air laut	3.7	33,9	32,2	29,4	32,61
26			3.8	34,6	34,6	33,5	
27			3.9	32,1	30,4	32,8	

Gambar 4.7 Grafik Rata-rata Uji Kekerasan *hardening-tempering*



Berdasarkan table dan grafik diatas yang merupakan proses lanjutan dari *hardening* yaitu proses *tempering* pada suhu 500°C, maka didapatkan nilai :

- Temperatur 800°C dengan media pendingin air garam memiliki rata-rata nilai 30,73 HRC.
- Temperatur 840°C dengan media pendingin air garam memiliki rata-rata nilai 34,01 HRC.
- Temperatur 880°C dengan media pendingin air garam memiliki rata-rata nilai 36,86 HRC
- Temperatur 800°C dengan media pendingin oli memiliki rata-rata nilai 21,33 HRC.
- Temperatur 840°C dengan media pendingin oli memiliki rata-rata nilai 22,27 HRC.
- Temperatur 880°C dengan media pendingin oli memiliki rata-rata nilai 25,68 HRC.
- Temperatur 800°C dengan media pendingin air laut memiliki rata-rata nilai 27,74 HRC.
- Temperatur 840°C dengan media pendingin air laut memiliki rata-rata nilai 28,69 HRC.
- Temperatur 880°C dengan media pendingin air laut memiliki rata-rata nilai 32,61 HRC.

Pada *tempering* menengah dengan suhu 500°C ini spesimen banyak mengalami penurunan nilai kekerasan dikarenakan fasa bertransformasi kembali menjadi *pearlite* sehingga baja mendapatkan sifat ulet dan keras.

4.4 Pengujian Ketangguhan

Dalam penelitian yang dilakukan pada baja S45C menggunakan metode pengujian uji impak charpy. Adapun langkah-langkah yang digunakan dalam pengujian ini sebagai berikut:

- Mempersiapkan spesimen uji yang telah di proses *hardening*.
- Mengatur jarum ke titik awal pada alat uji sebesar 150°.



Gambar 4.8 Mengatur beban alat uji

- Mengangkat pendulum ke titik awal.



Gambar 4.9 Memasang indentor

- Meletakkan spesimen pada meja uji.



Gambar 4.10 Meletakkan Spesimen

- Melepaskan pendulum dengan menekan tombol pada remote control alat uji impak.



Gambar 4.11 Melakukan pengujian

- Setelah itu melihat hasil nilai sudut pada spesimen.
- Setelah alat uji selesai membaca nilai sudut letakkan kembali pendulum ke titik awal.
- Lakukan pengulangan pada spesimen yang akan dilakukan pengujian.

4.5 Hasil dan Pembahasan Ketangguhan

Tabel 4.3 Hasil pengujian impact dalam nilai sudut ($^{\circ}$)

Temperatur	Media Pendingin					
	Nama Sampel	Air Garam	Nama Sampel	Oli	Nama Sampel	Air Laut
800 $^{\circ}$ C	1.1	35	1.4	47	1.7	37
	1.2	35	1.5	60	1.8	37
	1.3	33	1.6	57	1.9	33
840 $^{\circ}$ C	2.1	35	2.4	51	2.7	30
	2.2	28	2.5	51	2.8	33
	2.3	25	2.6	53	2.9	37
880 $^{\circ}$ C	3.1	25	3.4	47	3.7	33
	3.2	28	3.5	49	3.8	25
	3.3	19	3.6	49	3.9	30

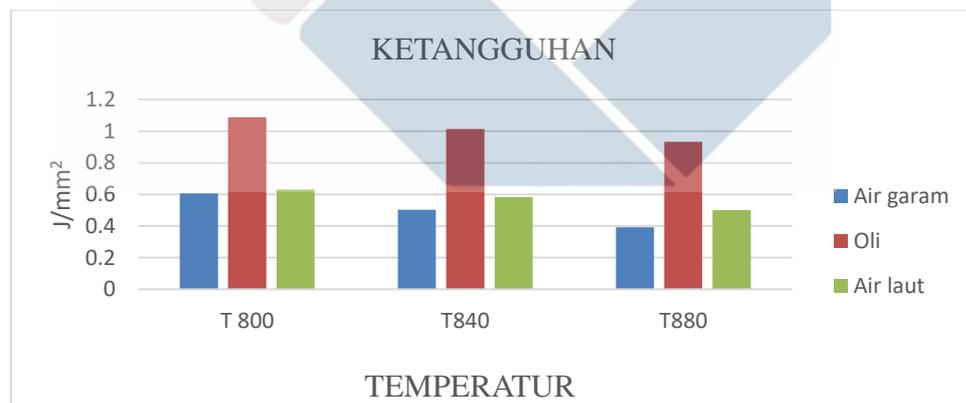
Tabel diatas merupakan nilai yang keluar pada pengujian impact. Pada pengujian impact, jarum penunjuk akan bergerak pada saat pendulum menabrakkan benda uji secara cepat. Nilai yang keluar akan sesuai dengan ketangguhan benda uji yang sebelumnya, jarum tersebut diposisikan ke 0 , untuk melihat seberapa besar ketangguhan yang dimiliki benda uji tersebut. Dibawah ini merupakan hasil perhitungan energi dan harga impact yang terdapat pada table berikut:

Tabel 4.4 Nilai Energi Yang Diserap (*joule*) Dan Harga Impact (*Joule/mm²*)

No.	Temperatur Hardening	Nama Sampel	Ketangguhan		Rata-rata
			Energi (joule)	Harga impact (joule/mm ²)	
1	800 $^{\circ}$ C	Air garam	1.1	49,8700	0,6233
2			1.2	49,8700	0,6233
3			1.3	46,3464	0,5793
4		Oli	1.4	72,0911	0,9011
5			1.5	97,3860	1,2173
6			1.6	91,5083	1,1438

7			1.7	52,3841	0,6548	
8		Air laut	1.8	52,3841	0,6548	0,6296
9			1.9	46,3464	0,5793	
10			2.1	49,8700	0,6233	
11		Air garam	2.2	37,7980	0,4724	0,5023
21			2.3	32,8968	0,4112	
13			2.4	79,7980	0,9974	
14	840°C	Oli	2.5	79,7980	0,9974	1,0136
15			2.6	83,6815	1,0460	
16			2.7	41,1585	0,5144	
17		Air laut	2.8	46,3464	0,5793	0,5828
18			2.9	52,3841	0,6548	
19			3.1	32,8968	0,4112	
20		Air garam	3.2	37,7980	0,4724	0,3922
21			3.3	23,6155	0,2931	
22			3.4	72,0911	0,9011	
23	880°C	Oli	3.5	75,9296	0,9491	0,9331
24			3.6	75,9296	0,9491	
25			3.7	46,3464	0,5793	
26		Air laut	3.8	32,8968	0,4112	0,5016
27			3.9	41,1585	0,5144	

Gambar 4.12 Rata-rata Harga Impact (J/mm^2)



Berdasarkan tabel dan grafik diatas merupakan hasil dari variasi temperatur dan media media pendingin terhadap sifat ketangguhan maka dapat dilihat:

- Temperatur 800°C dengan media pendingin air garam memiliki rata-rata nilai impak sebesar $0,6086 J/mm^2$,

- Temperatur 840°C dengan media pendingin air garam memiliki rata-rata nilai impact sebesar 0,5023 J/mm²,
- Temperatur 880°C dengan media pendingin air garam memiliki rata-rata nilai impact sebesar 0,3922 J/mm²
- Temperatur 800°C dengan media pendingin oli memiliki rata-rata nilai impact sebesar 1,0874 J/mm²,
- Temperatur 840°C dengan media pendingin oli memiliki rata-rata nilai impact sebesar 1,0136 J/mm²,
- Temperatur 880°C dengan media pendingin oli memiliki rata-rata nilai impact sebesar 0,9331 J/mm²,
- Temperatur 800°C dengan media pendingin air laut memiliki rata-rata nilai impact sebesar 0,5016 J/mm²,
- Temperatur 840°C dengan media pendingin air laut memiliki rata-rata nilai impact sebesar 0,5828 J/mm²,
- Temperatur 880°C dengan media pendingin air laut memiliki rata-rata nilai impact sebesar 0,426 J/mm².

Terdapat kecendrungan nilai ketangguhan bahwa semakin rendah temperatur maka nilai semakin tinggi pada tiap-tiap media pendingin.

4.6 Analisis Uji Kekerasan Dan Uji Ketangguhan.

Berdasarkan data diatas maka didapat pengaruh terbesar variasi temperatur dan media pendingin terhadap nilai kekerasan baja S45C adalah pada temperatur 880°C pada media air garam yaitu sebesar 36,86 HRC, yang mana adanya kenaikan kekerasan sebesar 63,7% dengan spesimen tanpa perlakuan sebesar 13,39 HRC dan memiliki ketangguhan terkecil dengan kenaikan 32,4% sebesar 0,3922 J/mm² jika dibandingkan dengan spesimen tanpa perlakuan dengan nilai 0,4112 J/mm². Pada perlakuan ini menandakan bahwa semakin tinggi nilai kekerasan material maka semakin rendah tingkat ketangguhannya.

Sedangkan nilai terkecil berada pada temperatur 800°C dengan media oli yaitu sebesar 21,33 HRC dengan kenaikan 59,3% dengan spesimen tanpa perlakuan sebesar 13,39 HRC dan memiliki ketangguhan tertinggi sebesar 1,0874 J/mm², yang mana adanya kenaikan ketangguhan sebesar 164% dengan spesimen tanpa perlakuan sebesar 0,4112 j/mm². Pada perlakuan ini menandakan bahwa semakin rendah nilai kekerasan material maka semakin tinggi tingkat ketangguhannya.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Setelah melakukan pengujian, maka dapat diketahui bahwa pada proses *hardening* dengan media air garam yang memiliki kekerasan yang paling tinggi yaitu pada temperatur 840°C sebesar 50,56 HRC dan temperatur 880°C sebesar 55,3 HRC dan untuk kekerasan pada temperatur 800°C sebesar 43,95 HRC yang tidak mencapai kekerasan yang diharapkan karena temperature tersebut tidak sesuai dengan standar baja S45C.

Sedangkan untuk nilai kekerasan setelah dilakukan *tempering* dengan temperatur 500°C mengalami penurunan kekerasan dengan nilai 34,01 HRC pada temperatur 840°C dengan nilai ketangguhan sebesar 0,5828 J/mm² dan 36,86 HRC pada temperatur 880°C dengan nilai ketangguhan sebesar 0,3922 J/mm². maka dapat disimpulkan bahwa untuk mencapai acuan nilai kekerasan mata potong sebesar 46,9 HRC pada media air garam dengan proses *hardening* sudah tercapai, hanya saja baja tersebut bersifat getas, sedangkan setelah dilakukan *tempering* maka jika dibandingkan nilai kekerasannya belum tercapai, hal ini mungkin dipengaruhi oleh temperatur *tempering* yang terlalu rendah dari standar Baja S45C yaitu 550°C - 650°C yang menyebabkan banyak sekali kekerasan yang turun secara signifikan.

5.2 Saran

Berdasarkan telah dilakukannya penelitian ini maka saran dari peneliti adalah perlu dilakukan kembali penelitian lebih lanjut pada variasi temperatur *tempering* yang tepat guna untuk mendapatkan sifat mekanis yang diharapkan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. A. Saputra, "Pengaruh Tempering Pada Baja Karbon Medium Setelah Quenching Dengan Media Oli Dan Air Garam (NaCl) Terhadap Sifat Mekanis Dan Struktur Mikro," *SINTEK*, pp. 36-46.
- [2] Alwarits,dkk "Pengaruh Media Pendingin Pada Proses Hardening Terhadap eningkatan Kekerasan Baja Karbon Sedang," *Automotive Engineering Education Journal 2*, pp. Halaman 1-5, 2014.
- [3] S. Ibrahim, "Pembuatan Mata Pisau Mesin Pencacah Plastik dengan Material AISI D2 Yang Dikeraskan," *Jurnal Vokasi Teknologi Industri*, pp. 36-40, 2021.
- [4] F. Muhammad, "Peningkatan Kualitas Mata Pisau Baja Mesin Crusher Plastik Dengan Proses Hat Treatment Melalui Baja Fasa Ganda," *Prosiding SNST*, pp. 16-21, 2013.
- [5] Khalid, "Pengaruh Variasi Temperatur Tempering Terhadap Sifat Dan Sifat Fisik Baja AISI 1045 Sebagai Bahan Pisau Mesin Pencacah Plastik," *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, vol. 12, pp. 19-25, 2020.
- [6] H. Amanto, Ilmu Bahan, Jakarta: Bumi Angkasa, 1999.
- [7] R. Gian, "PT. Gaja," PT. Globalindo Anugerah Jaya Abadi, 2019. [Online]. Available: <http://ptgaja.com/baja-s45c>.
- [8] T. Hidayat, "Analisa Pengaruh Suhu Pada Media Pendingin Terhadap Sifat Mekanis," pp. 31-35.
- [9] W. Sampurna, "Studi Eksperimen Studi Tempering Terhadap Kekerasan Permukaan Dan Estimasi keausan," Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2016.
- [10] R. Maulani, "Analisa Pengaruh Variasi Media Pendingin Terhadap Sifat Mekanik Material Baja ST-41 Pada Proses Heat Treatment," Universitas Pancasakti Tegal, Tegal, 2021.

- [11] A. F. H. Bambang Pratowo, "Analisa Kekerasan Baja Karbon Aisi 1045 Setelah Mengalami Perlakuan," *Jurnal Teknik Mesin Ubl*, p. 11, 2018.
- [12] D. Prasetyo, "Variasi Media Pendingin Pada Proses Heat Treatment Baja Karbon St.41 Untuk Pisau Beton Plat beton," Universitas Pancasakti Tegal, Tegal, 2019.
- [13] Vicky Bhaskara Sardi,dkk "Pengaruh Normalizing Dengan Variasi Waktu Penahanan Panas (Holding time) Baja ST 46 Terhadap Uji Kekerasan, Uji Tarik, dan Uji Mikrografi," *Jurnal Teknik Perkapalan*, p. 144, 2018.
- [14] E. Salurapa, "Analisis Kekuatan Impact Spesimen Berbahan Alumunium Paduan Dengan Variasi Kondisi Impaktor Menggunakan Metode Elemen Hingga Berbasis Software ABAQUS," Universitas Hasanuddin , Makassar, 2020.
- [15] Y. Handoyo, "Perancangan Alat Uji Impak Metode Charpy Kapasitas 100 Joule," *Jurnal Imiah Teknik Mesin*, p. 46, 2013.

Lampiran 1

Daftar Riwayat Hidup



1. Data Pribadi

Nama: Bagus Ilham Pramudya

Tempat Tanggal Lahir : Jakarta, 26 Mei 2000

Alamat Rumah : Jl. Buton Desa Air ruai

Kecamatan Sungailiat Kabupaten Bangka Provinsi

Kepulauan Bangka Belitung

Telp: -

Hp: 082186234720

Email: bagusilham455@gmail.com

Jenis Kelamin : Laki-laki

Agama : Islam

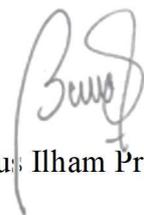
2. Riwayat Pendidikan

SD	SD NEGERI 08 SUNGAILIAT	2012
SMP	SMP NEGERI 01 PEMALI	2015
SMK	SMK NEGERI 02 SUNGAILIAT	2018

3. Pendidikan Non-Formal

-

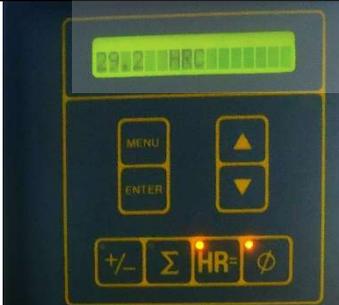
Sungailiat, 25 Desember 2021


Bagus Ilham Pramudya

Lampiran 2

Gambar Pengujian Kekerasan Setelah Dilakukan Proses Hardening-tempering

Tabel 2.1 Gambar Proses Pengujian Kekerasan.

Air Garam		
800°C	840°C	880°C
		
Oli		
800°C	840°C	880°C
		
Air Laut		
800°C	840°C	880°C
		

Lampiran 3

Gambar Pengujian Impak Setelah Dilakukan Proses *tempering*

Tabel 3.1 Gambar Proses Pengujian Kekerasan

No	Air Garam		
	800°C	840°C	880°C
1			
	Oli		
2			
	Air Laut		
3			

Lampiran 4

Gambar Benda Uji Hasil Pengujian Kekerasan dan Pengujian Impak

Tabel 4.1 Gambar Proses Pengujian Kekerasan

Air Garam		
800°C	840°C	880°C
		
Sampel (1.1, 1.2, 1.3)	Sampel (2.1, 2.2, 2.3)	Sampel (3.1, 3.2, 3.3)
Oli		
800°C	840°C	880°C
		
Sampel (1.4,1.5,1.6)	Sampel (2.4, 2.5, 2.6)	Sampel (3.4, 3.5, 3.6)
Air Laut		
800°C	840°C	880°C
		
Sampel (1.7, 1.8, 1.9)	Sampel (2.7, 2.8, 2.9)	Sampel (3.7, 3.8, 3.9)

Lampiran 5

Gambar Sampel Mata Potong Setelah dilakukan Pengujian Kekerasan

Tabel 5.1 Gambar Sampel Mata Potong

Sampel 1	Sampel 2
	
Sampel 3	Sampel 4
	

Lampiran 6

PERHITUNGAN HARGA IMPAK

- Dik :
- l : Panjang Lengan Pendulum
: 0,75 m
- m : Berat pendulum
: 15,3 kg
- g : Gravitasi
: 9,8 m/s²
- A : Luas Penampang Takik
: 80 cm²
- α_0 : Sudut Awal Mesin
 α_0 : 150°
- β : Nilai Sudut
 β : $\alpha_0 - \alpha_1$
- Dit : h_0 ?
 h_1 ?
E ?
HI ?

Jawab :

Mencari nilai jarak awal Pendulum sebelum diayunkan

$$h_0 : 1(1 - \cos \alpha)$$

$$h_0 : 0,75 (1 - \cos 150^\circ)$$

$$h_0 : 0,75 (1 - (-0,8660))$$

$$h_0 : 1,3995 \text{ m}$$

Mencari nilai jarak akhir Pendulum setelah diayunkan (h_1)

Nama Sampel	β $\beta : \alpha_0 - \alpha_1$	h_1 (m) $h_1 : l(1 + \text{Cos } \beta)$
1.1	$\beta_{1.1} = 150^\circ - 35^\circ = 115^\circ$	$h_1 : 0,75 (1 - \text{Cos } 115^\circ)$ $h_1 : 0,75 (1 - (-0,4226))$ $h_1 : 1,0669 \text{ m}$
1.2	$\beta_{1.2} = 150^\circ - 35^\circ = 115^\circ$	$h_1 : 1,0669 \text{ m}$
1.3	$\beta_{1.3} = 150^\circ - 33^\circ = 117^\circ$	$h_1 : 1,0904 \text{ m}$
1.4	$\beta_{1.4} = 150^\circ - 47^\circ = 103^\circ$	$h_1 : 0,9187 \text{ m}$
1.5	$\beta_{1.5} = 150^\circ - 60^\circ = 90^\circ$	$h_1 : 0,7500 \text{ m}$
1.6	$\beta_{1.6} = 150^\circ - 57^\circ = 97^\circ$	$h_1 : 0,8414 \text{ m}$
1.7	$\beta_{1.7} = 150^\circ - 37^\circ = 113^\circ$	$h_1 : 1,0430 \text{ m}$
1.8	$\beta_{1.8} = 150^\circ - 37^\circ = 113^\circ$	$h_1 : 1,0430 \text{ m}$
1.9	$\beta_{1.9} = 150^\circ - 33^\circ = 117^\circ$	$h_1 : 1,0904 \text{ m}$
2.1	$\beta_{2.1} = 150^\circ - 35^\circ = 115^\circ$	$h_1 : 1,0669 \text{ m}$
2.2	$\beta_{2.2} = 150^\circ - 28^\circ = 122^\circ$	$h_1 : 1,1474 \text{ m}$
2.3	$\beta_{2.3} = 150^\circ - 25^\circ = 125^\circ$	$h_1 : 1,1801 \text{ m}$
2.4	$\beta_{2.4} = 150^\circ - 51^\circ = 99^\circ$	$h_1 : 0,8673 \text{ m}$
2.5	$\beta_{2.5} = 150^\circ - 51^\circ = 99^\circ$	$h_1 : 0,8673 \text{ m}$
2.6	$\beta_{2.6} = 150^\circ - 53^\circ = 97^\circ$	$h_1 : 0,8414 \text{ m}$
2.7	$\beta_{2.7} = 150^\circ - 30^\circ = 120^\circ$	$h_1 : 1,1250 \text{ m}$
2.8	$\beta_{2.8} = 150^\circ - 33^\circ = 117^\circ$	$h_1 : 1,0904 \text{ m}$
2.9	$\beta_{2.9} = 150^\circ - 37^\circ = 113^\circ$	$h_1 : 1,0430 \text{ m}$
3.1	$\beta_{3.1} = 150^\circ - 25^\circ = 125^\circ$	$h_1 : 1,1801 \text{ m}$
3.2	$\beta_{3.2} = 150^\circ - 28^\circ = 122^\circ$	$h_1 : 1,1474 \text{ m}$
3.3	$\beta_{3.3} = 150^\circ - 19^\circ = 131^\circ$	$h_1 : 1,2420 \text{ m}$
3.4	$\beta_{3.4} = 150^\circ - 47^\circ = 103^\circ$	$h_1 : 0,9187 \text{ m}$
3.5	$\beta_{3.5} = 150^\circ - 49^\circ = 101^\circ$	$h_1 : 0,8931 \text{ m}$
3.6	$\beta_{3.6} = 150^\circ - 49^\circ = 101^\circ$	$h_1 : 0,8931 \text{ m}$
3.7	$\beta_{3.7} = 150^\circ - 33^\circ = 117^\circ$	$h_1 : 1,0904 \text{ m}$
3.8	$\beta_{3.8} = 150^\circ - 25^\circ = 125^\circ$	$h_1 : 1,0904 \text{ m}$
3.9	$\beta_{3.9} = 150^\circ - 30^\circ = 120^\circ$	$h_1 : 1,1250 \text{ m}$

Mencari Nilai Energi Yang Diserap (E)

Nama Sampel	m (kg)	g (m/s ²)	h ₀ (m)	h ₁ (m)	E (J) E = m × g (h ₀ - h ₁)
1.1	15,3	9,8	1,3995	1,0669	15,3 x 9,8 (1,3995 - 1,0669) =49,8700
1.2				1,0669	49,8700
1.3				1,0904	46,3464
1.4				0,9187	72,0911
1.5				0,7500	97,3860
1.6				0,8414	83,6815
1.7				1,0430	52,3841
1.8				1,0430	52,3841
1.9				1,0904	46,3464
2.1				1,0669	49,8700
2.2				1,1474	37,7980
2.3				1,1801	32,8968
2.4				0,8673	79,7980
2.5				0,8673	79,7980
2.6				0,8414	83,6815
2.7				1,1250	41,1585
2.8				1,0904	46,3464
2.9				1,0430	52,3841
3.1				1,1801	32,8968
3.2				1,1474	37,7980
3.3				1,2420	23,6155
3.4				0,9187	72,0911
3.5				0,8931	75,9296
3.6				0,8931	75,9296
3.7				1,0904	46,3464
3.8				1,0904	32,8968
3.9				1,1250	41,1585

Mencari nilai Harga Impak (HI)

Nama sampel	E (J)	A (m/s ²)	HI (J/mm ²) $HI = \frac{E}{L}$
1.1	49,8700	80	0,6233
1.2	49,8700		0,6233
1.3	46,3464		0,5793
1.4	72,0911		0,9011
1.5	97,3860		1,2173
1.6	83,6815		1,0460
1.7	52,3841		0,6548
1.8	52,3841		0,6548
1.9	46,3464		0,5793
2.1	1,0669		0,6233
2.2	37,798		0,4724
2.3	32,8968		0,4112
2.4	79,7980		0,9974
2.5	79,7980		0,9974
2.6	83,6815		1,0460
2.7	41,1585		1,0460
2.8	46,3464		0,5793
2.9	52,3841		0,6548
3.1	32,8968		0,4112
3.2	37,798		0,4724
3.3	23,6155		0,2931
3.4	72,0911		0,9011
3.5	75,9296		0,9491
3.6	75,9296		0,9491
3.7	46,3464		0,5793
3.8	32,8968		0,4112
3.9	41,1585		0,5144