

**RANCANG BANGUN ALAT *JOMINY TEST* UNTUK  
MENINGKATKAN SIFAT KERAS MATERIAL BAJA KARBON**



**SKRIPSI**

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan  
pendidikan diploma empat (D-4) Program Studi Teknik Manufaktur  
Jurusan Teknik Mesin  
Politeknik Negeri Ujung Pandang

HERIANTO PRATAMA (443 18 026)

ALIFATUR RAHMAN (443 18 029)

ROMANSYAH PUTRA (443 19 061)

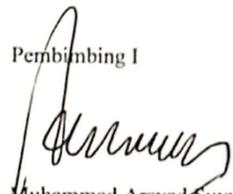
**PROGRAM STUDI D-4 TEKNIK MANUFAKTUR  
JURUSAN TEKNIK MESIN  
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG  
MAKASSAR  
2020**

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini dengan judul “Rancang Bangun Alat *Jominy Test* Untuk Meningkatkan Sifat Keras Material Baja Karbon” oleh Heriaanto Pratama NIM 443 18 026, Alif Faturahman NIM 443 18 029, dan Romansyah Putra NIM 443 19 061 dinyatakan layak dan siap untuk diujikan.

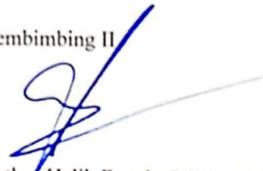
Makassar, 27 September 2020

Pembimbing I



Muhammad Arsyad Suyuti, S.T., M.T.  
NIP. 19721202 200212 1 004

Pembimbing II



Arthur Halik Razak, S.S.T., M.T.  
NIP. 19760602 200212 1 002

Mengetahui,

Kordinator Program Studi,  
D4 Teknik Manufaktur



Abdul Salam, M.T.  
NIP. 196012241991031001

## HALAMAN PENERIMAAN

Pada hari ini, hari Senin tanggal 14 September 2020, tim penguji seminar skripsi telah menerima hasil seminar skripsi oleh mahasiswa: Heriaanto Pratama NIM 443 18 026, Alif Faturahman NIM 443 18 029, dan Romansyah Putra NIM 443 19 061 dengan judul “Rancang Bangun Alat *Jominy Test* Untuk Meningkatkan Sifat Keras Material Baja Karbon.”

Makassar, September 2020

### Tim Seminar Proposal Skripsi:

- |  |              |         |
|--|--------------|---------|
| 1. Dr.Ir.Syahrudin Rasyid, M.T.          | Ketua        | (.....) |
| 2. Abraham Tangkemandu, S.T., M.T.       | Sekretaris   | (.....) |
| 3. Drs. Mastang, M.Hum.                  | Anggota 1    | (.....) |
| 4. Ahmad Zubair Sultan, S.T., M.T., Ph.D | Anggota 2    | (.....) |
| 5. Muhammad Arsyad Suyuti, S.T., M.T.    | Pembimbing I | (.....) |
| 6. Arthur Halik Razak, S.ST., M.T.       | PembimbingII | (.....) |

## KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT berkat nikmat kesempatan dan kesehatan yang telah diberikan kepada penulis sehingga mampu menyelesaikan skripsi ini dengan tepat waktu. Salawat dan salam tak lupa kami curahkan atas baginda Rasulullah Muhammad SAW.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan dari berbagai pihak, untuk itu peneliti ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Kepada Tuhan yang Maha Esa yang telah memberi rahmat kesehatan dan keselamatan,
2. Kedua orang tua dan seluruh keluarga yang telah banyak memberikan dukungan moral maupun materil.
3. Rusdi Nur, S.ST., M.T., Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin
4. Ir. Abdul Salam, M.T selaku Kordinator Program Studi D-4 Teknik Manufaktur
5. Muhammad Arsyad Suyuti, S.T., M.T. selaku pembimbing
6. Kepada Bapak selaku Tim Penguji mulai dari Dr.Ir.Syahrudin Rasyid, M.T., Abraham Tangkemandu, S.T., M.T., Drs. Mastang, M.Hum., Ahmad Zubair Sultan, S.T., M.T., Ph.D, Arthur Halik Razak, S.ST., M.T.
7. Ibu Haryani S.Sos selaku Staf Administrasi D-4 Teknik Manufaktur
8. Teman-teman D-4 Teknik Manufaktur atas dukungan dan doanya dalam pembuatan skripsi tugas akhir ini.

Semoga Allah SWT membalas kebaikan dan jasa-jasa beliau yang telah membimbing dan membantu kami dalam pembuatan proposal ini

Makassar, ... September 2020

Penyusun



## DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL .....	i
HALAMAN PENGESAHAN .....	ii
HALAMAN PENERIMAAN .....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
DAFTAR ISI .....	vi
DAFTAR GAMBAR .....	ix
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
DAFTAR SIMBOL .....	xii
DAFTAR TABEL .....	xiii
SURAT PERYATAAN .....	xv
ABSTRAK .....	xviii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Ruang Lingkup Kegiatan .....	2
1.4 Tujuan dan Manfaat Kegiatan.....	2
1.4.1 Tujuan .....	2
1.4.2 Manfaat Kegiatan .....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	4
2.1 Metode <i>Jominy Test</i> .....	4
2.1.1 Definisi <i>Jominy Test</i> .....	4
2.1.2 Komponen komponen <i>Jominy test</i> .....	5
2.2 Dasar-Dasar Rancangan Bangun .....	6
2.2.1 Pompa .....	6
2.2.2 Perhitungan Pengelasan .....	7
2.2.3 Perhitungan Kekuatan Lentur .....	8

2.3 Baja Karbon .....	9
2.3.1 Klasifikasi Baja Karbon.....	9
2.3.2 Diagram Baja Karbon .....	10
2.4 Perlakuan Panas (Heat Treatment) .....	11
2.4.1 Transformasi Austenit ke Martensit .....	11
2.5 Pengerasan ( <i>Hardening</i> ) .....	13
2.5.1 Holding Time .....	13
2.5.2 Medium Pendingin ( <i>Medium Quenching</i> ) .....	14
2.5.3 Kedalaman Kekerasan .....	15
2.5.4 Pengerasan Permukaan .....	15
2.6 Sifat Mekanis Material .....	16
2.6.1 Uji Tarik ( <i>Tensile Strength</i> ).....	16
2.6.2 Uji Kekerasan ( <i>Hardness Test</i> ).....	19
BAB III METODE PENELITIAN.....	23
3.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan .....	23
3.2 Alat dan Bahan .....	23
3.2.1 Alat .....	23
3.2.2 Bahan .....	23
3.3 Prosedur Langkah Kerja .....	24
3.3.1 Desain Alat <i>Jominy Test</i> .....	24
3.3.2 Pembuatan Alat <i>Jominy Test</i> .....	25
3.3.3 Perakitan Alat <i>Jominy Test</i> .....	31
3.3.4 Pengujian Alat <i>Jominy Test</i> .....	32
3.3.5 Teknik Analisa Data .....	35
3.4 Bagan Penelitian .....	36
BAB IV HASIL DAN PEMBUATAN.....	37
4.1 Analisa Perancangan .....	37
4.1.1 Perhitungan Sambungan Las.....	37

4.1.2 Perhitungan Beban yang Ditanggung Oleh Konstruksi Rangka .....	38
4.2 Hasil Pembuatan.....	41
4.3 Analisa Data .....	43
4.3.1 Pengujian Sifat Mekanis Material Spesimen .....	43
4.3.2 Uji Coba Alat Jominy Test .....	49
4.4 Biaya Manufaktur .....	59
4.4.1 Biaya Bahan Langsung .....	59
4.4.2 Biaya Tenaga Kerja .....	60
4.4.3 Biaya Tenaga Kerja .....	61
4.4.4 Biaya listrik .....	62
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	65
5.1 Kesimpulan .....	65
5.2 Saran .....	65
DAFTAR PUSTAKA .....	66
LAMPIRAN.....	67



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Desain Tumpuan Spesimen .....	6
Gambar 2.2 Jenis Jenis Sambungan Las.....	7
Gambar 2.3 Deformasi .....	9
Gambar 2.4 Diagram Fasa.....	11
Gambar 2.5 Grafik Pemanasan, <i>Quenching</i> dan <i>Tempering</i> .....	14
Gambar 2.6 Standar Spesimen Uji Tarik .....	16
Gambar 2.7 Grafik Hubungan Tegangan-Regangan dalam Pengujian Tarik ...	17
Gambar 2.8 Penekan Menggunakan Metode <i>Brinell</i> .....	20
Gambar 2.9 Penekanan dengan metode <i>Rockwell</i> .....	22
Gambar 3.1 Final Konsep Desain Alat <i>Jominy Test</i> .....	24
Gambar 3.2 Proses Perakitan .....	32
Gambar 3.3 Benda Uji .....	33
Gambar 3.4 Pengaturan Tinggi Air .....	33
Gambar 3.5 Benda Uji dipanaskan .....	33
Gambar 3.6 Proses Pendinginan .....	34
Gambar 3.7 Uji kekerasan dengan menggunakan metode <i>Hard Brinell</i> .....	35
Gambar 3.8 Daigram alir penelitian .....	36
Gambar 4.1 Sambungan Las .....	37
Gambar 4.2 Wadah Air .....	38
Gambar 4.3 Alat <i>Jominy Test</i> .....	41
Gambar 4.4 Pompa air .....	42
Gambar 4.5. Proses pengujian alat .....	50
Gambar 4.6 Proses Pemanasan .....	51
Gambar 4.7 Grafi Uji kekerasan Suhu 750°C .....	54

Gambar 4.8 Grafik Uji kekerasan Suhu 800°C ..... 56

Gambar 4.9 Proses Pemanasan ..... 58



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Pembuatan dan Perakitan Alat .....	67
Lampiran 2 Pengambilan data pengujian kekerasan .....	69
Lampiran 3 Pengujian tarik.....	70



## DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan	Satuan
$P_h$	daya pompa	KW
$q$	kapasitas aliran	$m^3/h$
$\rho$	Massa jenis cairan	$Kg/m^3$
$g$	gravitasi	$m/s^2$
$h$	Diferensial	m
$\tau_g$	Tegangan Geser Pengelasan	$N/mm^2$
$F$	Gaya	N
$h$	Tinggi Pengelasan	N
$l$	Panjang Pengelasan	mm
$\sigma_m$	Kekuatan tarik Maksimum	$N/mm^2$
$F_m$	Beban maksimum	N
$A_o$	Luas penampang awal	$mm^2$
$Y_s$	Kekuatan luluh	$N/mm^2$
$F_y$	Beban pada saat luluh	N
$\varepsilon$	regangan	%
$\Delta l$	perpanjangan	mm
$l_i$	panjang setelah	
$l_0$	panjang awal	mm
$Z$	Reduksi penampang	%
$A_o$	Luas penampang asal	$mm^2$
$A_u$	Luas penampang ditempat yang putus	$mm^2$

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi Baja Karbon.....	10
Tabel 3.1 Proses Pembuatan Komponen – Komponen Alat.....	25
Tabel 3.2 Komponen – Komponen Standar Mesin.....	29
Tabel 4.1 Spesifikasi Alat .....	41
Tabel 4.2. Data hasil pengamatan .....	43
Tabel 4.3 Hasil Sifat Mekanis .....	49
Tabel 4.4 Hasil Uji kekerasan berinnet (HB) Spesimen Alat Jominy Test material AISI 1045.....	51
Tabel 4.5 Hasil Uji kekerasan berinnet (HB) Spesimen Alat Jominy Test material St 60.....	52
Tabel 4.6 Hasil Uji Kekerasan Berinnet (HB) Spesimen Alat Jominy Test material AISI 1045 & St 60 pada suhu 750 °C .....	53
Tabel 4.7 Hasil Uji Kekerasan Berinnet (HB) Spesimen Alat Jominy Test material AISI 1045 & St 60 pada suhu 800 °C .....	55
Tabel 4.8 Hasil Uji Kekerasan Berinnet (HB) Spesimen Alat Jominy Test material AISI 1045 & St 60 pada suhu 850 °C .....	57
Tabel 4.9 Biaya langsung .....	59
Tabel 4.10 Biaya Tenaga Kerja .....	61
Tabel 4.11 Biaya Bahan Tidak Langsung .....	62
Tabel 4.12 Biaya Listrik .....	63

Tabel 4.13 Biaya Tidak Langsung ..... 63  
Tabel 4.14 Biaya Produksi ..... 64



## SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Mahasiswa : Herianto Pratama

NIM : 443 18 026

Menyatakan dengan sebenar – benarnya bahwa segala pernyataan dalam skripsi ini, yang berjudul “Rancang Rancang Bangun Alat *Jominy Test* Untuk Meningkatkan Sifat Keras Material Baja Karbon” merupakan gagasan, hasil karya penulis sendiri dengan arahan pembimbing, dan belum pernah diajukan dalam bentuk apapun pada perguruan tinggi dan instansi manapun.

Semua data dan informasi yang digunakan telah dinyatakan secara jelas dan dapat diperiksa kebenarannya. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan oleh penulis lain telah disebutkan dalam naskah dan dicantumkan dalam daftar pustaka skripsi ini.

Jika pernyataan penulis tersebut diatas tidak benar, penulis siap menanggung resiko yang ditetapkan oleh Politeknik Negeri Ujung Pandang Makassar.

Makassar, September 2020

Herianto Pratama

443 18 026

## SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

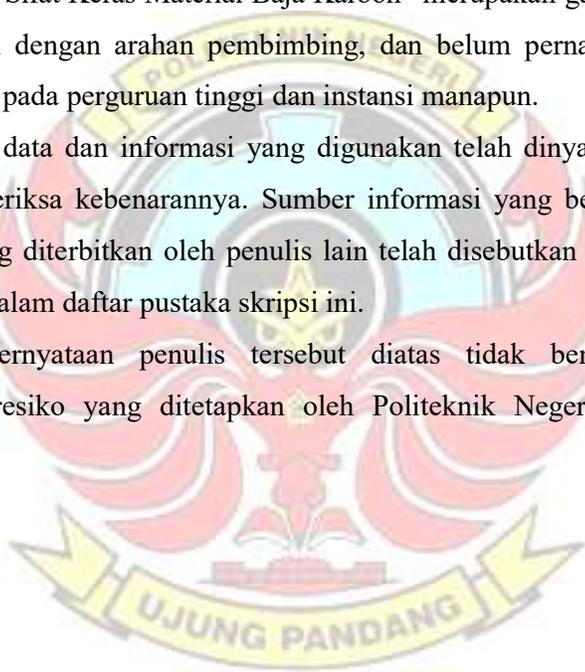
Nama Mahasiswa : Alif Faturahman

NIM : 443 18 029

Menyatakan dengan sebenar – benarnya bahwa segala pernyataan dalam skripsi ini, yang berjudul “Rancang Rancang Bangun Alat *Jominy Test* Untuk Meningkatkan Sifat Keras Material Baja Karbon” merupakan gagasan, hasil karya penulis sendiri dengan arahan pembimbing, dan belum pernah diajukan dalam bentuk apapun pada perguruan tinggi dan instansi manapun.

Semua data dan informasi yang digunakan telah dinyatakan secara jelas dan dapat diperiksa kebenarannya. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan oleh penulis lain telah disebutkan dalam naskah dan dicantumkan dalam daftar pustaka skripsi ini.

Jika pernyataan penulis tersebut diatas tidak benar, penulis siap menanggung resiko yang ditetapkan oleh Politeknik Negeri Ujung Pandang Makassar.



Makassar, September 2020

Alif faturahman

443 18 029

## SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Mahasiswa : Romansyah Putra

NIM : 443 19 061

Menyatakan dengan sebenar – benarnya bahwa segala pernyataan dalam skripsi ini, yang berjudul “Rancang Rancang Bangun Alat *Jominy Test* Untuk Meningkatkan Sifat Keras Material Baja Karbon” merupakan gagasan, hasil karya penulis sendiri dengan arahan pembimbing, dan belum pernah diajukan dalam bentuk apapun pada perguruan tinggi dan instansi manapun.

Semua data dan informasi yang digunakan telah dinyatakan secara jelas dan dapat diperiksa kebenarannya. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan oleh penulis lain telah disebutkan dalam naskah dan dicantumkan dalam daftar pustaka skripsi ini.

Jika pernyataan penulis tersebut diatas tidak benar, penulis siap menanggung resiko yang ditetapkan oleh Politeknik Negeri Ujung Pandang Makassar.

Makassar, September 2020

Romansyah Putra

443 19 061

## ABSTRAK

Penelitian berjudul “Rancang Rancang Bangun Alat *Jominy Test* Untuk Meningkatkan Sifat Keras Material Baja Karbon” oleh Herianto Pratama; Alif Faturahman; Romansyah Putra; Muhammad Arsyad Suyuti, S.T., M.T.; Halik Razak, S.ST., M.T.

Kemampukerasan (*Hardenability*) adalah kemampuan suatu material untuk dikeraskan sampai kedalaman tertentu melalui cara perlakuan panas kemudian didinginkan dengan air hingga terbentuk martensit untuk mencapai kekerasan tertentu khususnya pada baja. Proses peningkatan kekerasan baja ini bertujuan untuk meningkatkan ketahanan aus material baja. Salah satu metode pengujian sifat mampu kekerasan yang sering digunakan yaitu *Jominy Test*. Hasil pengujian kemampukerasan spesimen baja AISI 1045 pada suhu 750°C dengan holding time 60 menit. Nilai tertinggi yaitu pada ujung bawah spesimen nilai tertingginya 295,3 HB dan yang terendah 120,75 HB sedangkan hasil baja St 60 pada suhu 750°C dengan holding time 60 menit. Nilai tertinggi yaitu pada ujung bawah spesimen nilai tertingginya 172,25 HB dan yang terendah 145,55 HB. Hasil pengujian kemampukerasan spesimen baja AISI 1045 pada suhu 800°C dengan holding time 60 menit. Nilai tertinggi yaitu pada ujung bawah spesimen nilai tertingginya 439,06 HB dan yang terendah 174,5 HB sedangkan hasil baja St 60 pada suhu 800°C dengan holding time 60 menit. Nilai tertinggi yaitu pada ujung bawah spesimen nilai tertingginya 220,3 HB dan yang terendah 130,8 HB. Hasil pengujian kemampukerasan spesimen baja AISI 1045 pada suhu 850°C dengan holding time 60 menit. Nilai tertinggi yaitu pada ujung bawah spesimen nilai tertingginya 330,45 HB dan yang terendah 178,1 HB sedangkan hasil baja St 60 pada suhu 850°C dengan holding time 60 menit. Nilai tertinggi yaitu pada ujung bawah spesimen nilai tertingginya 218,74 HB dan yang terendah 101,4 HB.

Kata kunci : *Jominy Test*, *Hardenability*, Baja AISI 1045, *Holding time*; Baja St.60, Hard Brinell.

## ABSTRACT

The study entitled "Design and Design of Tools *Test* Jominy to Increase the Hard Properties of Carbon Steel Materials" by Herianto Pratama; Alif Faturahman; Romansyah Putra; Muhammad Arsyad Suyuti, ST, MT; Halik Razak, S.ST., MT

Hardenability(*hardenability*)is the ability of a material to be hardened to a certain depth by means of heat treatment and then cooled with water to form martensite to achieve a certain hardness, especially on steel. This process of increasing the hardness of steel aims to increase the wear resistance of steel materials. One method of testing the hardness properties that is often used is the *Jominy Test*. The results of testing the hardness of AISI 1045 steel specimens at a temperature of 750 ° C with a holding time of 60 minutes. The highest value was at the lower end of the specimen, the highest value was 295,3 HB and the lowest was 120,75 HB, while the yield for St 60 steel was at a temperature of 750 ° C with a holding time of 60 minutes. The highest value was at the lower end of the specimen, the highest value was 172,25 HB and the lowest was 145,55 HB. The results of the hardenability test of AISI 1045 steel specimens at a temperature of 800 ° C with a holding time of 60 minutes. The highest value was at the lower end of the specimen, the highest value was 439.06 HB and the lowest was 174.5 HB, while the yield of St 60 steel was at 800 ° C with a holding time of 60 minutes. The highest value was at the lower end of the specimen, the highest value was 220,3 HB and the lowest was 130,8 HB. The results of the hardenability test of AISI 1045 steel specimens at a temperature of 850 ° C with a holding time of 60 minutes. The highest value was at the lower end of the specimen, the highest value was 330,45 HB and the lowest was 178.1 HB, while the yield for St 60 steel was at 850 ° C with a holding time of 60 minutes. The highest value is at the lower end of the specimen the highest value is 218,74 HB and the lowest is 101,4 HB.

Key words: Jominy Test, *Hardenability*, AISI 1045 Steel, *Holding time*; Steel St.60, Hard Brinell

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Kemajuan teknologi saat ini dan perkembangan ilmu semakin berkembang pesat, kita dituntut untuk bekerja dengan cepat, efisien dan menghasilkan produk yang diinginkan dan berkualitas. Dalam proses permesinan banyak digunakan logam sebagai material dasarnya. Sifat kekerasan (*hardness*) suatu logam merupakan salah satu persyaratan utama di dalam pemilihan suatu elemen mesin. Jenis struktur yang ada sangatlah dipengaruhi oleh komposisi kimia dari baja dan jenis perlakuan panas yang diterapkan pada baja tersebut.

Kemampukerasan (*Hardenability*) adalah kemampuan suatu material untuk dikeraskan sampai kedalaman tertentu melalui cara perlakuan panas kemudian didinginkan dengan air hingga terbentuk martensit untuk mencapai kekerasan tertentu khususnya pada baja. Proses peningkatan kekerasan baja ini bertujuan untuk meningkatkan ketahanan aus material baja. Salah satu metode pengujian sifat mampukekerasan yang sering digunakan yaitu *Jominy Test*. Pada metode Jominy test, spesimen yang sudah dipanaskan pada temperature tertentu dimasukkan pada tumpuan specimen alat uji *jominy test* kemudian didinginkan (*quenching*) dengan cara menyemprotkan air ke ujung permukaan bawah. Setelah proses quenching dengan alat *jominy test* maka kekerasannya diukur dengan menggunakan alat uji kekerasan (*Hardness Test*).

Mengingat penting proses *Hardenability* dalam industri mesin dan logam maka akan dibuat alat pengujian *Jominy Test* dengan mengacu pada standar

ASTM A255. Dengan alat *Jominy Test* ini diharapkan dapat menambah fasilitas penelitian dan job praktikum mahasiswa pada mata kuliah praktikum pengujian material pada jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang. Berdasarkan latar belakang tersebut diatas sehingga diangkat judul skripsi **“Rancang Bangun Alat *Jominy Test* Untuk Meningkatkan Sifat Keras Material Baja Karbon”**.

## **1.2.Rumusan Masalah**

1. Bagaimana menghasilkan alat *Jominy Test* sesuai standard ASTM A255?
2. Bagaimana menganalisis perubahan kekerasan pada baja AISI 1045 dan St 60 .

## **1.3. Ruang Lingkup Penelitian**

Adapun ruang lingkup penelitian ini yaitu pembuatan alat bantu *Jominy Test*, proses pengerasan material baja menggunakan metode *Jominy Test* dan pengujian kekerasan.

## **1.4.Tujuan dan Manfaat Kegiatan**

### **1.4.1. Tujuan**

1. Menghasilkan alat *Jominy Test* sesuai standar ASTM A 255.
2. Menganalisis perubahan kekerasan pada baja AISI 1045 dan St 60.

#### 1.4.2. Manfaat

1. Sebagai tambahan job pada praktikum pengujian material dalam Laboratorium Mekanik Politeknik Negeri Ujung Pandang
2. Dapat menambah pengetahuan tentang *hardenability* dengan metode *Jominy Test*.
3. Dapat menambah pengetahuan peneliti tentang penerapan proses hardening di industri logam.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Metode *Jominy Test*

##### 2.1.1 Defenisi *Jominy Test*

Definisi *Jominy test* ialah sebuah alat bantu dalam proses pendinginan (*quenching*) dalam pengujian mampu keras (*hardenability*) pada baja. Percobaan dilakukan dengan menggunakan spesimen dengan bentuk baja silinder yang berukuran panjang 101 mm, diameter 1 inci (25.4 mm) dengan tinggi semprotan air dari ujung nozel 65 mm (*Manualbook of ASTM standards*,1998).

Spesimen tersebut lalu dipanaskan mencapai suhu dan waktu yang telah ditentukan didalam alat pemanas, setelah itu spesimen dikeluarkan dan dilakukan dengan cepat, lalu diletakkan pada kedudukan yang berada tepat diatas semprotan air pada nozel dari bak penampung air. Hingga kemudian spesimen tersebut menjadi dingin dan dilakukan pengujian kekerasan.

Kekerasan adalah suatu kemampuan pada material untuk menahan deformasi plastis lokal yang diakibatkan dari penetrasi dipermukaan. Eskalasi kekerasan bergantung pada sifat mampu keras (*hardenability*) dari baja itu sendiri. Sifat *hardenability* ialah kemampuan pada material untuk menaikkan tingkat kekerasannya dengan serangkaian perlakuan panas. Sifat *hardenability* pada baja tergantung pada komposisi kimia dan pada kecepatan pendinginan. Karena tidak semua material baja dapat dinaikan tingkat kekerasannya. Baja karbon sedang dan baja karbon tinggi material ini dapat ditingkatkan kekerasannya, sedangkan pada material baja karbon rendah tidak dapat ditingkatkan kekerasannya.

### 2.1.2. Komponen- Komponen *Jominy Test*

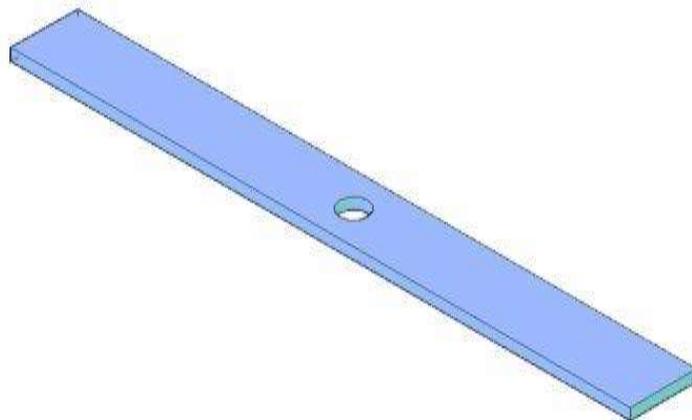
Desain *Jominy Test* (*Hardenability Jominy Test*) yang direncanakan pada penelitian ini adalah desain rangka, desain tumpuan spesimen, desain bak penampung air, desain Sistem Pemipaan Air dan desain laju kecepatan air. Untuk mempermudah dalam mempelajari setiap komponen alat ukur ini, komponen yang direncanakan di desain, digambarkan secara utuh sesuai dengan perencanaan

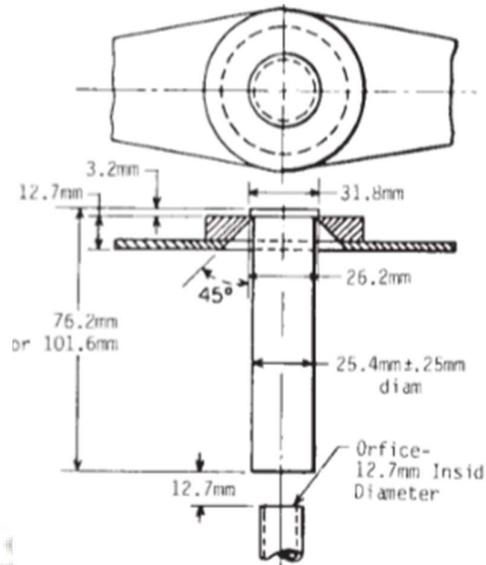
#### 1. Rangka *Jominy Tes*

Rangka berfungsi sebagai dudukan dan pengikat komponen-komponen seperti pompa air, bak penampungan, tumpuan spesimen, corong air dan lain- lain.

#### 2. Tumpuan Spesimen

Tumpuan spesimen adalah tempat diletaknya benda uji yang akan dilakukan pengujian, tumpuan spesimen dibuat dengan menggunakan baja plat strip 4 mm yang dibubut sesuai dengan ASTM A 255-02.





Gambar 2.1 Desain Tumpuan Spesimen

(Sumber : ASTM A 255-02,2002)

3. Bak penampung air adalah salah satunya komponen utama yang ada pada alat Jominy (*Hardenability Jominy Test*) yang berfungsi sebagai penampungan air yang dihubungkan dengan pompa listrik untuk menyemprot air ke permukaan specimen.

## 2.2 Dasar-Dasar Rancang Bangun

Dalam pembuatan *Jominy Test* ini, ada beberapa hal yang menjadi dasar-dasar perhitungan yaitu :

### 2.2.1 Pompa

Pompa adalah suatu perangkat keras yang berfungsi mengalirkan, memindahkan, bahkan dapat pula mensirkulasikan fluida cair dengan cara

menaikkan tekanan yang cukup dari tangki ke boiler dan di alirkan ke nozel.

Kekuatan pompa dapat di hitung menggunakan persamaan.

$$P_h = q \rho g h$$

$P_h$  = daya pompa(KW)

$q$  = kapasitas aliran ( $m^3/h$ ),

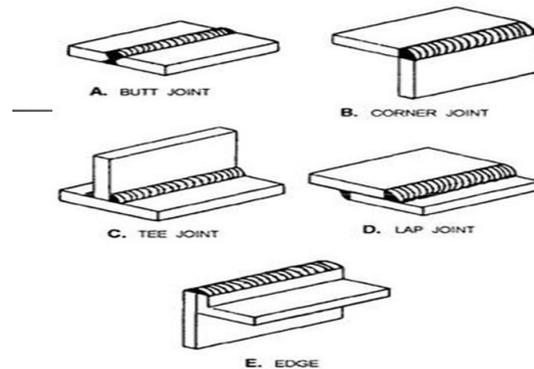
$\rho$  = Massa jenis cairan ( $Kg/m^3$ )

$g$  = gravitasi ( $m/s^2$ )

$h$  = Diferensial (m).

### 2.2.2 Perhitungan Pengelasan

Sambungan las termasuk sambungan tetap dan juga rapat. Sambungan las sangat bergantung pada pengerjaan, bahan elektroda las dan bentuk sambungan las yang dikerjakan. Adapun jenis-jenis sambungan las, sebagai berikut:



Gambar 2.2 Jenis-Jenis Sambungan Las

Perhitungan kekuatan las didasarkan atas luas minimum terhadap beban tarik atau gesekan. Oleh karena itu, pengelasan yang diberikan harus sesuai dengan standar yang telah diterapkan. Adapun perhitungan tegangan geser pengelasan menggunakan persamaan (Suryanto, 1995).

$$\tau_g = \frac{F}{0,0707.h.l} \quad (4)$$

Dimana:

$\tau_g$  = Tegangan Geser Pengelasan (N/mm<sup>2</sup>)

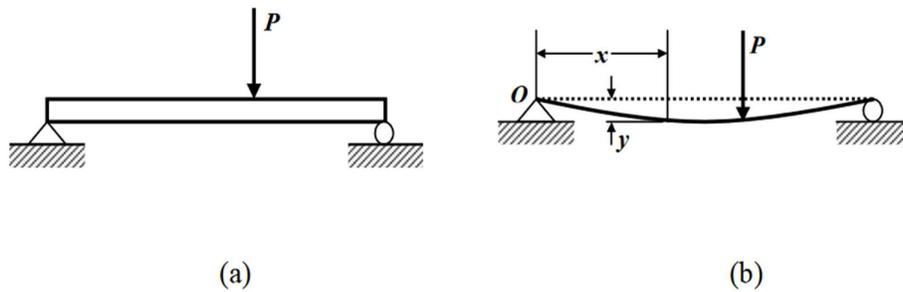
$F$  = Gaya (N)

$h$  = Tinggi Pengelasan (mm)

$l$  = Panjang Pengelasan (mm)

### 2.2.3 Perhitungan kekuatan lentur

Defleksi adalah perubahan bentuk pada balok dalam arah y akibat adanya pembebanan vertical yang diberikan pada balok atau batang. Deformasi pada balok secara sangat mudah dapat dijelaskan berdasarkan defleksi balok dari posisinya sebelum mengalami pembebanan. Defleksi diukur dari permukaan netral awal ke posisi netral setelah terjadi deformasi. Konfigurasi yang diasumsikan dengan deformasi permukaan netral dikenal sebagai kurva elastis dari balok.



Gambar 2.3 Deformasi

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} \dots (5)$$

Di mana:

- E = modulus elastisitas bahan (N/mm<sup>2</sup>)
- $\sigma$  = tegangan normal (N/mm<sup>2</sup>)
- $\epsilon$  = regangan normal (%)

## 2.3. Baja Karbon

### 2.3.1. Klasifikasi Baja Karbon

Kandungan pada karbon tinggi dapat mempercepat terbentuknya fasa martensit yang menjadi sumber dari kekerasan pada baja. Kekerasan yang maksimum hanya bisa dicapai apa bila terbentuknya martensit 100%. Material Baja dapat bertransformasi dari fasa austenit ke ferrit dan karbida. Transformasi

terjadi pada kenaikan suhu tinggi yang menyebabkan pada kemampuan kekerasannya rendah (Siagian, 2016).

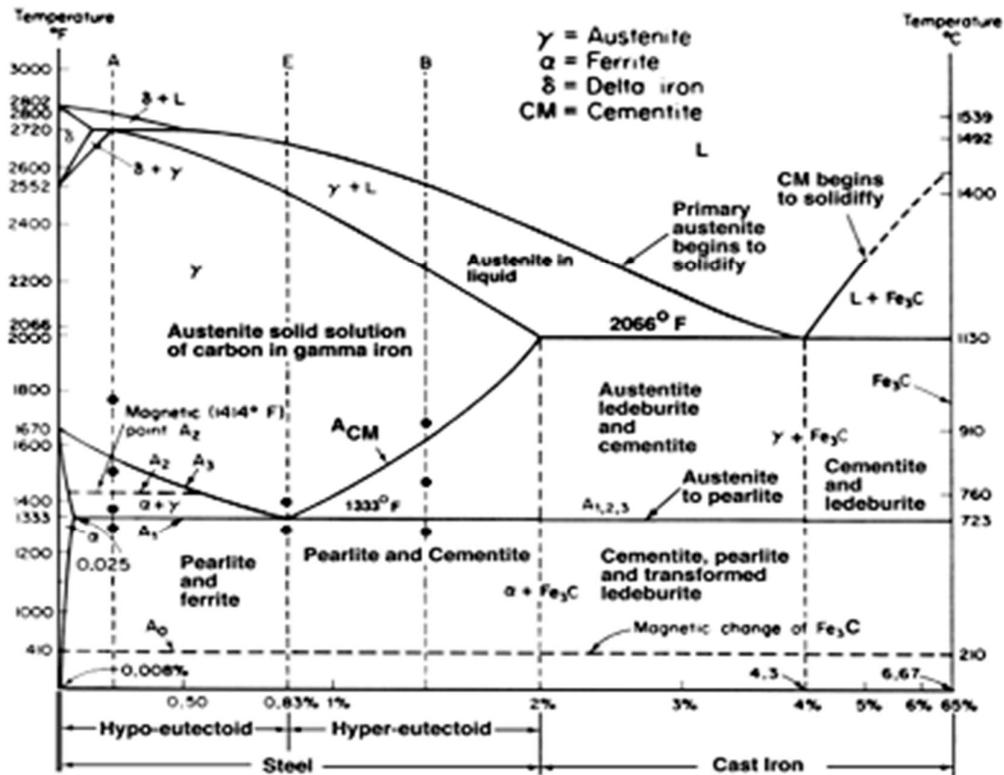
Tabel 2.1 Klasifikasi Baja Karbon

Klasifikasi Baja Karbon							
Jenis dan Kelas	Kadar karbon (%)	Kekuatan luluh (kg/mm <sup>2</sup> )	Kekuatan tarik (kg/mm <sup>2</sup> )	Perpanjangan	Kekerasan Brinell	Penggunaan	
Baja karbon rendah	Baja lunak khusus	0.08	18 – 28	12 – 36	40 – 30	95 – 100	Pelat tipis
	Baja sangat lunak						
Baja karbon keras	Baja lunak	0.08 - 0.12	36 – 42	36 – 42	40 – 30	80 – 120	Batang, kawat
	Baja setengah lunak	0.12 – 0.20	38 – 48	38 – 48	36 – 24	100 – 130	Konstruksi umum
	Baja setengah sedang	0.20 – 0.30	44 – 55	44 – 55	32 – 22	112 – 145	
	Baja keras	0.30 – 0.40	50 – 60	50 – 60	30 – 17	140 – 170	Alat-alat mesin Perkakas
Baja sangat tinggi	0.40 – 0.50	58 – 70	58 – 70	26 – 14	160 – 200		
Baja karbon keras	Baja sangat tinggi	0.50 – 0.80	65 – 100	65 – 100	20 - 11	180 - 235	Rel, pegas dan kawat piano

Sumber: Syarif, 2016

### 2.3.2. Diagram Baja Karbon

Zar karbon adalah merupakan unsur paduan besi yang sangat penting. Dengan kandungan zat karbon yang relatif masih rendah, karakter dan sifat besi dapat berubah. Tanpa proses pengerjaan berikutnya seperti proses panas, baja mampu tempa rata-rata mempunyai kandungan 0 sampai dengan 2,06 % C. Baja dengan kandungan zat zat karbon sampai 0,35% praktis tidak dapat dikeraskan, tetapi dengan kandungan zat karbon yang tinggi dan melalui proses celup (quenching) baja tersebut akan menjadi keras. Kandungan zat karbon sampai di atas 2,06% biasanya tidak dapat ditempa karna sifatnya yang rapuh. Besi dengan kandungan zat karbon yang tinggi dinamakan sebagai besi tuang.



Gambar 2.4 Diagram fasa Fe-Fe<sub>3</sub>C

## 2.4 Perlakuan Panas (Heat Treatment)

### 2.4.1 Transformasi Dari Austenit ke Martensit

Pada pendinginan besi murni dari suhu di atas titik Ar<sub>3</sub>, maka besi pada suhu Ar<sub>3</sub> tertransformasi dari lattice FCC menjadi BCC. Mekanisasi tranformasi tersebut terjadi dari proses pergeseran atom-atom besi lattice besi-γ ke arah penempatan atom-atom besi dari lettice besi-α. Perubahan lattice tersebut terjadi seketika, sewaktu terjadi proses pendinginan lambat yang cukup. Peristiwa tersebut di atas tidak akan terjadi pada proses pendinginan yang cepat dan tranformasi γ→α pada besi murni mengalami penekanan sehingga atom-atom besi

tidak mempunyai waktu untuk membentuk lattice pada besi- $\alpha$ , maka pada suhu kamar besi tersebut masih dalam pasa- $\gamma$ .

Karna pengaruh kandungan zat karbon, pasa- $\gamma$  akan stabil pada suhu yang lebih rendah. Sebagai contoh besi dengan kandungan zat karbon 0,8%, pasa- $\gamma$  akan stabil sampai pada suhu 723°C. Pada diagram kesetimbangan Fe-Fe<sub>3</sub>C disebutkan bahwa batas pasa- $\gamma$  adalah garis PSK. Dengan adanya zat karbon di dalam besi akan mempersulit terjadinya proses perubahan lattice austenit, sehingga dengan kecepatan pendinginan yang ekstrim tinggi. Sebagian austenit akan terjadi sampai suhu kamar. Jumlah austenit yang terjadi sampai suhu kamar, sangat dipengaruhi oleh jumlah kandungan karbon, temperatur pencelupan (quenching), dan kecepatan pendinginan.

Pada pendinginan yang sangat tiba-tiba, pembentukan kristal-kristal  $\alpha$  tidak membentuk besi murni, atau sepadan dengan ferrit dari paduan antara besi – zat karbon, tetapi terkandung banyak zat karbon yang memperkenyang larutan, seperti lazimnya sebuah paduan. Dengan kecepatan pendinginan yang tinggi (di atas 600K/S) zat karbon tidak mempunyai waktu untuk meninggalkan kristal  $\alpha$ . Melalui kecepatan pendinginan tersebut di atas, zat karbon akan memperkenyang besi  $\alpha$ , sehingga kristal yang terbentuk tidak lagi dalam kubus (kubic), melainkan dalam *tetragonal body centered*, yang disebut dengan struktur keras “martensit”.

Austenit ini dikenal dengan “maurische austenit”. Pada proses pengerasan baja, quenching tidak dilakukan dari temperatur yang terlalu tinggi ,

tetapi antara 800-900°C, sehingga dapat dihasilkan martensit dengan bentuk jarum yang halus, dan sisa austenit yang terjadi setelah dilakukannya proses quenching jumlahnya tidak terlalu banyak, antara 5-10%

## **2.5 Pengerasan (*Hardening*)**

### **2.5.1 *Holding Time***

Untuk memanaskan baja dengan temperatur merata ke seluruh bagian, diperlukan waktu penahanan yang teliti, dengan nama " *Holding Time*". Karna keseragaman temperatur untuk seluruh bagian benda kerja sangat dipengaruhi oleh besar kecilnya benda yang sedang dipanaskan oleh kecepatan larutan karbon di dalam pisa- $\gamma$ , yang dipengaruhi oleh kecepatan difusi karbon dalam besi, maka lama  *Holding Time* sangat tergantung dari besar kecilnya benda kerja dan kecepatan difusi karbon pada baja. Karbon eutektoid pada suhu 780°C membutuhkan waktu 5 jam untuk melarutkan kandungan sementit yang ada, dan pada 760°C membutuhkan waktu 15 menit, pada 780°C membutuhkan waktu 5 menit dan pada 800°C membutuhkan waktu 1 menit. Maka dengan demikian pengukuran waktu  *Holding Time* secara tepat adalah mutlak harus dilakukan:

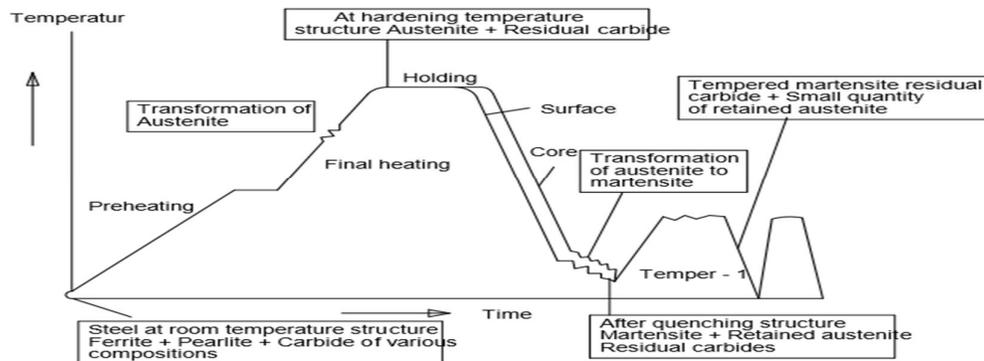
- a.  *Holding Time* terlalu pendek, karbon tidak akan larut sempurna sehingga kekerasannya rendah.
- b.  *Holding Time* terlalu lama, membuat besarnya butiran austenit dan memperbesar jumlah sisa austenit, yang akan menurun pula harga kekerasannya.

## 2.5.2 Medium Pendingin (*Medium Quenching*)

Keberhasilan proses pengerasan atau proses pengerjaan panas dari baja sangat dipengaruhi oleh kecepatan pendinginan, karena struktur yang terbentuk dari hasil pendinginan sangat beraneka ragam jenisnya, ukurannya yang mempengaruhi sifat mekanis, termasuk kekerasan, tegangan tarik, dan lain-lainnya. Dari sini diberikan contoh media pendingin (*media quenching*) yang biasa dipergunakan, khususnya pada prses pengerasan, adalah:

- a. Air
- b. Oli

*Quenching* merupakan proses pencelupan baja yang telah berada pada temperatur pengerasannya (temperatur austenisasi), dengan laju pendinginan yang sangat tinggi (*diquench*), agar diperoleh kekerasan yang diinginkan (lihat Gambar2.5).



Gambar 2.5 Grafik pemanasan, *quenching* dan *tempering*

### **2.5.3 Kedalaman Kekerasan**

Pada pendinginan (*quenching*) akan menimbulkan daerah kekerasan pada benda kerja, yang kejadiannya selalu diawali dari daerah pendinginan, adapun kedalamannya sangat terpengaruh oleh kecepatan pendinginan. Besar kecilnya kecepatan pendinginan mempunyai harga tertentu, karna dengan kecepatan yang terlalu tinggi akan membuat benda kerja pecah dan kecepatan pendinginan yang terlalu rendah akan menghasilkan kekerasan yang rendah.

### **2.5.4 Pengerasan Permukaan (*Case Hardening*)**

Lazimnya proses pengerasan baja adalah baja yang dipanaskan pada suhu diatas garis GSK kemudian dicelupkan kemedua pendinginan, dengan tujuan supaya didalam baja dihasilkan struktur martensit. Untuk kebuuhan tertentu seperti roda gigi, poros bubungan (poros nocken) dan poros engkol diperlukan sifat mekanik dengan keras dibagian luar dan liat dibagian dalamnya, sehingga untuk benda kerja seperti diatas dikeraskan dengan sistem pengerasan permukaan. Contoh yang sering terjadi dari proses pengerasan baja dengan keras dibagian luar tetapi lunak dan liat dibagian dalamnya, adalah hasil dari pengerasan dari baja karbon dengan ketebalan dinding atau diameter besar, sehingga laju kecepatan pendinginan di bagian tengah benda kerja tidak cukup untuk membentuk struktur martensit dari austenit. Tetapi apabila diberikan unsur padua seperti Nikel dan Chromium, maka kedalaman kekerasan yang dapat dicapai akan menjadi lebih dalam.

Sebuah kemungkinan lain untuk menghasilkan kekeraan baja dibagian luar dan lunak serta liat di bagian dalamnya dengan cara memanaskan hanya bagian

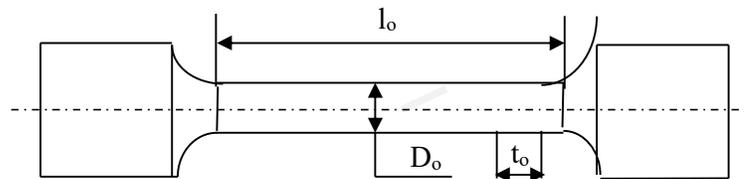
luar benda kerja sampai pada suhu pengerasan, dan dibagian dalamnya mengalami pemanasan yang relatif rendah kemudian dilakukan pencelupan. Sehingga kekerasan yang dihasilkan terjadi pada bagian luarnya saja.

## 2.6 Uji Sifat Mekanis Material

### 2.6.1. Uji Tarik (*Tensile Strength*)

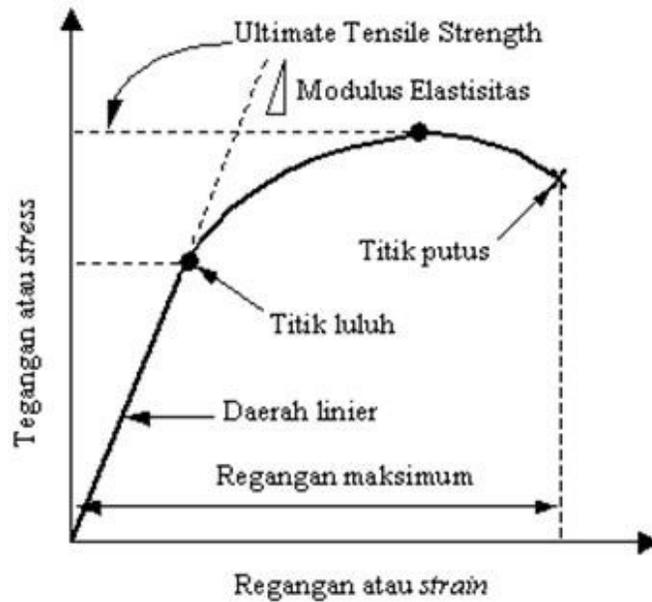
Dari beberapa metode yang dilakukan untuk mengetahui sifat mekanis suatu material yang paling umum digunakan yaitu dengan metode uji tarik. Uji tarik adalah metode yang digunakan untuk mengetahui sejauh mana kekuatan tarik suatu bahan. Kekuatan tarik ditentukan dengan menarik sebuah bahan sampai putus.

Untuk melakukan pengujian tarik diperlukan spesimen uji. Spesimen uji yang digunakan pada pengujian ini yaitu batang-batang persegi panjang dimana ujung kedua batang dipasang pada gripper pencekam mesin Universal Testing Machine ((UTM). Ditengah batang terdapat bagian ukuran yang sebenarnya, dimana panjang awal ( $L_0$ ) dapat dihitung dengan rumus  $L_0 = 10D_0$ .



Gambar. 2.6. Standar spesimen uji tarik

Pada pengujian tarik akan muncul kurva hubungan tegangan dan regangan, yaitu sebagai berikut:



Gambar 2.7. Grafik Hubungan Tegangan-Regangan dalam Pengujian Tarik

a. Kekuatan Tarik maksimum ( $\sigma_m$ )

Kekuatan tarik maksimum adalah tegangan maksimal yang terjadi pada sebuah material yang diamati pada waktu dilakukan uji tarik. Adapun rumus kekuatan tarik maksimum (Yosrihard, 2007: 1-9) adalah sebagai berikut:

$$\sigma_m = \frac{F_m}{A_o}$$

Dengan:

$\sigma_m$  = Kekuatan tarik Maksimum (N/mm<sup>2</sup>)

$F_m$  = Beban maksimum (N)

$A_o$  = Luas penampang awal (mm<sup>2</sup>)

b. *Yield Strength* (Kekuatan Luluh)

Kekuatan luluh (*yield strength*) merupakan titik yang menunjukkan perubahan dari deformasi elastis ke deformasi plastis. Adapun persamaan yang digunakan (Yosrihard, 2007: 1-7) adalah sebagai berikut:

$$Y_s = \frac{F_y}{A_o}$$

Dengan:

$Y_s$  = Kekuatan luluh (N/mm<sup>2</sup>)

$F_y$  = Beban pada saat luluh (N)

$A_o$  = Luas penampang mula-mula (mm<sup>2</sup>)

c. *Elongation*/Presentase Perpanjangan ( $\epsilon$ )

Regangan adalah perbandingan antara pertambahan panjang L terhadap panjang mula-mula ( $L_o$ ). Secara spesifik dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut (Yosrihard, 2007:1-3) :

$$\epsilon = \frac{\Delta l}{l_o} = \frac{l_i - l_o}{l_o}$$

Atau dalam presentase panjang ukur:

$$\epsilon = \frac{\Delta l}{l_o} = \frac{l_i - l_o}{l_o} \times 100\%$$

Dengan:

$\epsilon$  = regangan (%)

$\Delta l$  = perpanjangan (mm)

$l_i$  = panjang setelah patah

$l_0$  = panjang awal (mm)

d. *Reduction of Area* (Reduksi Penampang)

Reduksi penampang (z) merupakan persentase pengecilan penampang terbesar terhadap penampang asal dan dituliskan dengan persamaan (Yosrihard. 2007: 1-10):

$$Z = \frac{A_o - A_u}{A_o} \times 100\%$$

Dimana:

Z = Reduksi penampang (%)

Ao = Luas penampang asal (mm<sup>2</sup>)

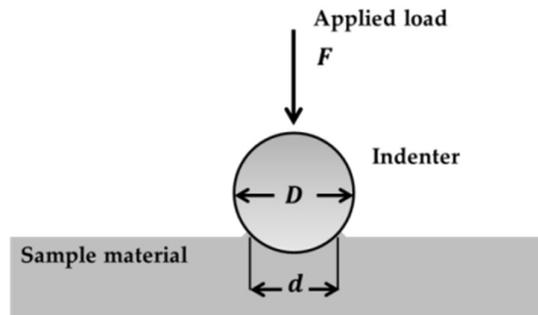
Au = Luas penampang ditempat yang putus (mm<sup>2</sup>)

## 2.6.2 Uji Kekerasan (*Hardness Test*)

a. Metode Brinell

Pengujian kekerasan merupakan salah satu metode yang umum digunakan untuk mengetahui tingkat kekerasan suatu material. Pengujian kekerasan adalah tahanan yang diterima oleh bahan terhadap desakan, disebabkan oleh sebuah alat pendesak dengan bentuk tertentu dibawah gaya tertentu. Pengujian kekerasan dapat dilakukan dengan beberapa metode, antara lain yaitu metode *Hard Brinell* (HB) yang dikemukakan oleh *Brinell*, *Hard Vickers* (HV) yang dikemukakan oleh *Vickers*, dan HRB (*Hard Rockwell Ball*) & HRC (*Hard Rockwell Cone*) yang dikemukakan oleh *Rockwell*. Dari beberapa metode tersebut yang umum digunakan adalah *Hard Brinell* (HB).

Pada metode *Hard Brinnel* (HB) digunakan sebuah bola baja yang dikeraskan sebagai penetrasi yang ditekan pada permukaan benda uji dengan gaya tertentu yang digambarkan seperti pada gambar berikut:



Gambar 2.8 Penekan menggunakan metode *Brinnel*

Tingkat Kekerasan suatu material menggunakan metode Brinnel (HB) dapat dihitung dengan rumus :

$$HB = \frac{F}{A} \text{kgf/mm}^2 = \frac{9.8xF}{A} \text{N/mm}^2$$

atau

$$HB = \frac{2F}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

Keterangan:

HB = Nilai kekerasan menurut Brinnel (N/mm<sup>2</sup>)

F = Gaya desakan (N)

A = Luas segmen bola (mm)

d = Diameter segmen bola dari desakan (mm)

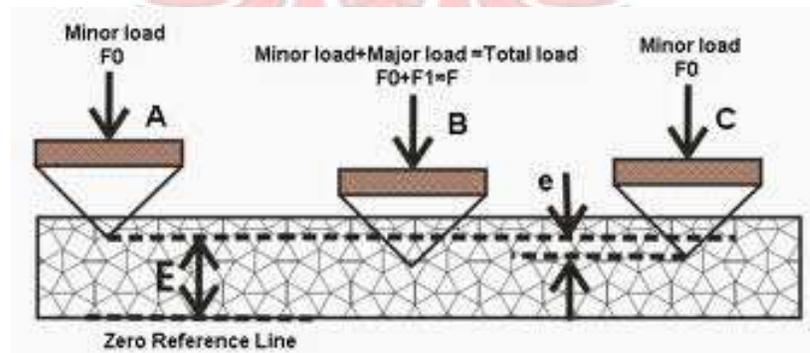
D = Diameter desakan bola (mm)

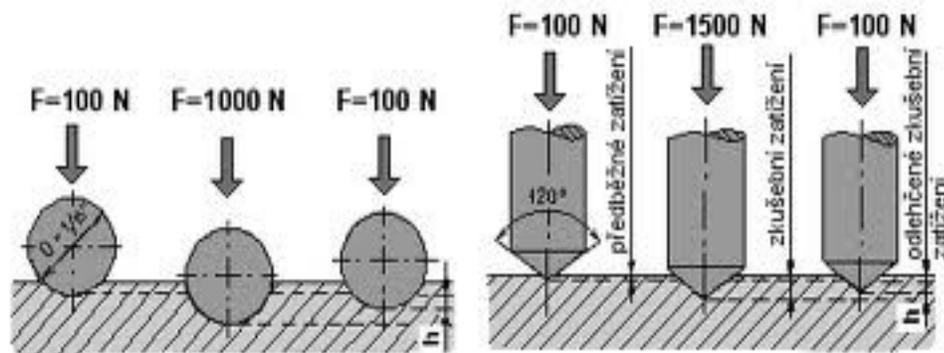
## b. Metode Rockwell

Berlainan dengan cara Brinell, Vickers, pengujian cara Rockwell didasarkan pada kedalaman masuknya penekanan pada bahan yang diuji, makin keras bahan makin dangkal masuknya penekanan dan sebaliknya makin lunak bahan, makin dalam masuknya penekanan.

Kedalaman masuknya penekanan itulah yang menunjukkan nilai kekerasan bahan dan ditunjukkan langsung pada petunjuk (dial), sehingga tidak ada pengukuran bekas penekanan seperti cara Brinell dan Vickers. Nilai kekerasan dapat langsung dibaca pada dial, setelah beban utama dilepaskan dan beban awal masih menahan beban.

Pada metode Rockwell, sebuah benda pendesak ditekankan dalam 2 tingkat pada benda kerja yang dikerjakan licin seperti gambar berikut:





Gambar 2.9 Penekanan dengan metode *Rockwell*

Keterangan : A = Beban utama

B = Beban awal

C = Penekan

\* = Dial berputar berlawanan arah jarum jam

\*\* = Dial berputar searah jarum jam, jarum menunjukkan kekerasan bahan



## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan

Penelitian ini dilaksanakan selama 6 bulan mulai bulan Maret sampai bulan Agustus 2020 di Bengkel Mekanik dan Lab. Mekanik Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.

#### 3.2 Alat dan Bahan

Pada pembuatan *Jominy Test* ini, komponen yang digunakan terdiri dari komponen yang dibuat dan komponen standard atau dibeli dipasaran. Bahan-bahan komponen yang dibuat dan komponen standar tersebut adalah sebagai berikut:

##### 3.2.1. Alat

1. Mesin Las Listrik 900watt
2. Mesin Gerinda Tangan
3. Gergaji Tangan
4. Roll Meter (3 m)

##### 3.2.2. Bahan

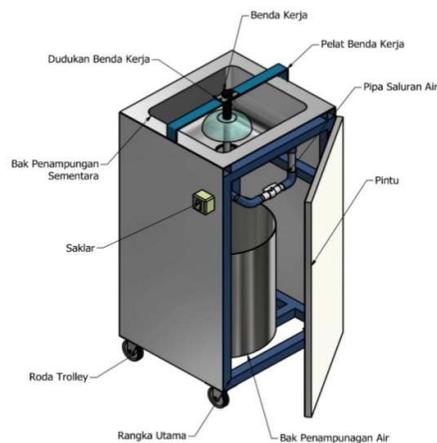
1. Pompa Air
2. Plat Stainless Steel
3. Besi Hollow 30 x 30
4. Besi Hollow 20 x 20
5. Mata Gerinda Potong
6. Pipa PVC 1/2"

7. Sambungan Pipa Pipa Elbow PVC 1/2"
8. Valve Ball PVC 1/2"
9. Water Mur 1/2"
10. Sock Dart Luar PVC 1/2"
11. Sock Pipa Lurus PVC 1/2"
12. Klep PVC 1/2"
13. Kawat Las AWS E6013
14. Cat Avian dan Tiner Biasa
15. Lem Pipa 60 gr

### 3.3 Prosedur/Langkah Kerja

#### 3.3.1. Desain Alat *Jominy Test*

Tahap pertama dalam penelitian ini adalah membuat final konsep desain *Jominy Test* dengan menggunakan *Autodesk Fusion 360*. Adapun desain dari komponen-komponen alat *Jominy Test* dapat dilihat pada gambar berikut ini:

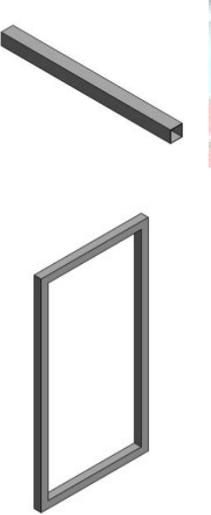


Gambar 3.1 Final Konsep Desain Alat *Jominy Test*

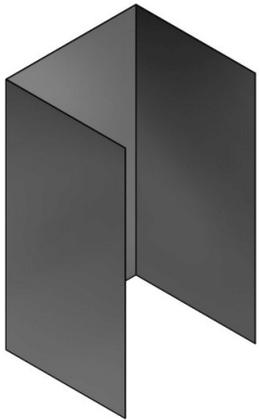
### 3.3.2 Pembuatan Alat Jominy Test

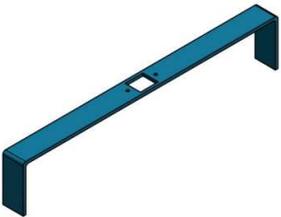
Pembuatan alat Jominy Test ini dibuat sesuai dengan konsep dan gambar kerja komponen –komponennya. Adapun tahapan dan proses pembuatan dapat diliha pada tabel berikut ini:

Tabel 3.1 Proses Pembuatan Komponen – Komponen Alat

No	Nama Komponen	Proses Pengerjaan	Alat dan Bahan
1	Rangka 	Besi <i>hollow</i> / kotak dengan ukuran 30 x 30 mm dipotong sesuai dengan ukuran yang dipotong dengan menggunakan mesin gerinda tangan, kemudian disatukan dengan menggunakan sambungan las dan kemudian dirangkai sehingga membentuk rangka utama seperti pada gambar di samping	- Mesin las listrik - Mesin gerinda tangan - Besi <i>hollow</i> 35x35 - Mistar, dan meteran - Penggores - Mistar siku - Elektroda - Batu gerinda - APD

			
2	<p>Rangka Pintu</p>   	<p>Besi <i>hollow</i> / kotak dengan ukuran 20 x 20 mm dipotong sesuai dengan ukuran yang direncanakan dengan menggunakan mesin gerinda tangan, kemudian disatukan dengan menggunakan sambungan las las dan kemudian dirangkai sehingga membentuk rangka pintu seperti pada gambar di samping</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mesin las listrik</li> <li>- Mesin gerinda tangan</li> <li>- Besi Hollow 20 x 20</li> <li>- Mistar, dan meteran</li> <li>- Penggores</li> <li>- Mistar siku</li> <li>- Batu gerinda</li> <li>- APD</li> </ul>

3	<p>Body Rangka Utama</p> 	<p>Plat SS dengan tebal 0,5 mm digores dengan ukuran yang direncanakan, kemudian dipotong dengan menggunakan alat pemotong plat. Setelah itu dibending sesuai dengan sudut yang diinginkan</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alat pemotong plat</li> <li>- Plat SS</li> <li>- Mistar, dan meteran</li> <li>- Penggores</li> <li>- APD</li> </ul>
4	<p>Body Rangka Pintu</p> 	<p>Plat SS dengan tebal 0,5 mm digores dengan ukuran yang direncanakan, kemudian dipotong dengan menggunakan alat pemotong plat. Setelah itu dibending sesuai dengan sudut yang diinginkan.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alat pemotong plat</li> <li>- Plat SS</li> <li>- Mistar, dan meteran</li> <li>- Penggores</li> <li>- APD</li> </ul>

5	<p>Plat dudukan benda kerja</p> 	<p>Plat strip dengan tebal 4 mm di ukur, dicari titik tengahnya, kemudian digerinda setelah ditandai tengahnya. Setelah itu ukur dari pinggir plat strip ketengah untuk dibengkokkan. Cara membengkokkannya dengan menggerinda terlebih dahulu kemudian di bengkokkan dengan palu. Setelah itu dilas pada bagaian yang telah dibengkokkan tadi.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mesin las listrik</li> <li>- Plat strip 4 mm</li> <li>- Mistar, meteran</li> <li>- Penggores</li> <li>- Elektroda</li> <li>- Penitik</li> <li>- APD</li> </ul>
---	---	---	---

Dalam pembuatan alat *Jominy Test* terdapat beberapa komponen standar yang tidak dibuat akan tetapi dibeli dipasaran. Semua komponen standar yang terdapat dalam pembuatan alat *Jominy Test* ini ditunjukkan pada tabel 2 berikut ini:

Tabel 3.2 Komponen – Komponen Standar Mesin

1.		Pipa PVC ½’
2.		Pipa Elbow PVC ½’
3.		Valve ball pvc
4.		Water mur ½’
5.		Saklar <i>ON/OFF</i>

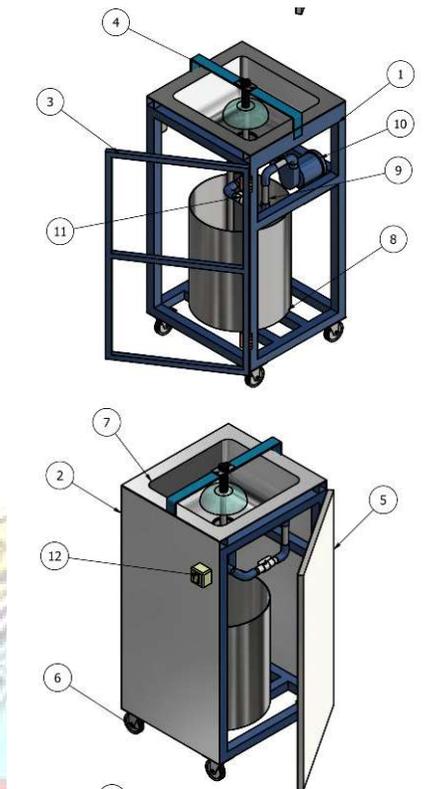
6.		Sock dart luar ½'
7.		Roda Trolley
8.		Sock Pipa Lurus PVC ½'
9.		Klep PVC ½'
10.		Bak Penampungan Air

11.		Wastafel
12.		Pompa Air

### 3.3.3. Perkaitan Alat *Jominy Test*

Setelah komponen yang dibuat dan kamponen standar sudah siap maka selanjutnya dilakukan proses perakitan alat *Jominy Test*, dimana tahap ini akan dirakit semua komponen menjadi alat *Jominy Test*. Adapun langkah - langkah proses tahapan pengabungan komponen alat sebagai berikut:

Langkah pertama yang di lakukan pasangkan wastafel (7) pada rangka utama (1) kemudian pasang roda trolley (6) pada rangka utama, pasang plat penutup rangka pintu (5) kemudian pasang plat penutup rangka utama (2) setelah itu pasang rangka pintu(3) pada rangka utama, setelah itu pasang pompa air (10) kemudian pemasangan sistem pemipaan (9) pemasangan kran air (11) pada sistem pemipaan, setelah itu pasang plat dudukan spesimen (4) kemudian pasang bak penampungan air (8) setelah itu pasang saklar on/off (12) pada body alat *Jominy Test*



Gambar 3.2 Proses Perakitan

### 3.3.4 Pengujian Alat *Jominy Test*

Ada pun langkah Pengujian *Jominy Test* sebagai berikut:

- a. Pada prosedur pengujiannya untuk melaksanakan proses pengujian, diperlukan suatu benda uji dengan panjang 101 mm dan pada diameter benda uji 25.4 mm. Pada ujung benda spesimennya dibuat lebih lebar ukuran diameternya 31.8 mm agar memudahkan pada saat benda uji atau spesimen tersebut digantungkan pada peralatan *quench*.



Gambar 3.3 Benda Uji

1. Pengaturan ketinggian semprotan air



Gambar 3.4 Pengaturan Tinggi Air

2. Benda uji tersebut dipanaskan dari suhu normal hingga mencapai suhu austenitasasinya



Gambar 3.5 Benda Uji dipanaskan

3. Setelah itu proses pemanasan selesai, benda uji segera di ambil dari furnace dan segera diletakan langsung dengan cara digantungkan pada peralatan *quench*, lamanya waktu pemindahan spesimen dari tungku sampai diletakan pada peralatan quench tidak boleh lebih dari 10 detik. Sesaat setelah batang uji diletakkan, air segera disemprotkan dan lama waktu pendinginannya kurang lebih selama 5 menit.
4. Kemudian spesimen yang telah dingin dengan menggunakan alat *Jominy*
5. Kemudian spesimen yang telah dingin dengan menggunakan alat *Jominy Test*



Gambar 3.6 Proses Pendinginan

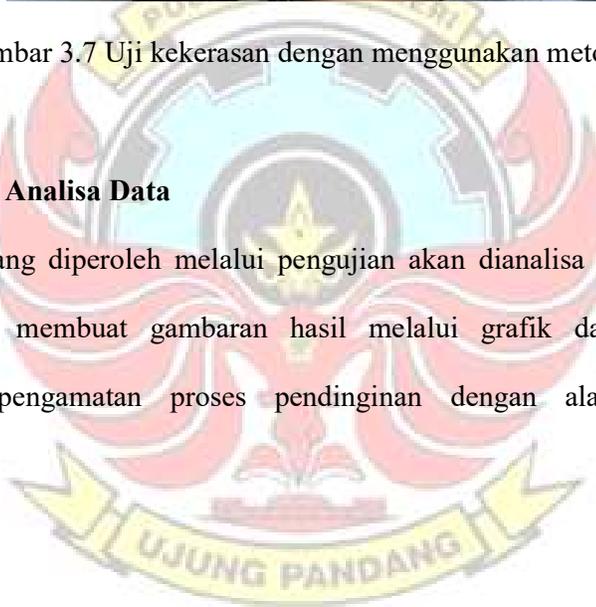
6. Proses selanjutnya ialah melakukan uji kekerasanya dengan menggunakan uji metode *Hard Brinnel* dan hasilnya diplot pada diagram mampu keras.



Gambar 3.7 Uji kekerasan dengan menggunakan metode *Hard Brinell*

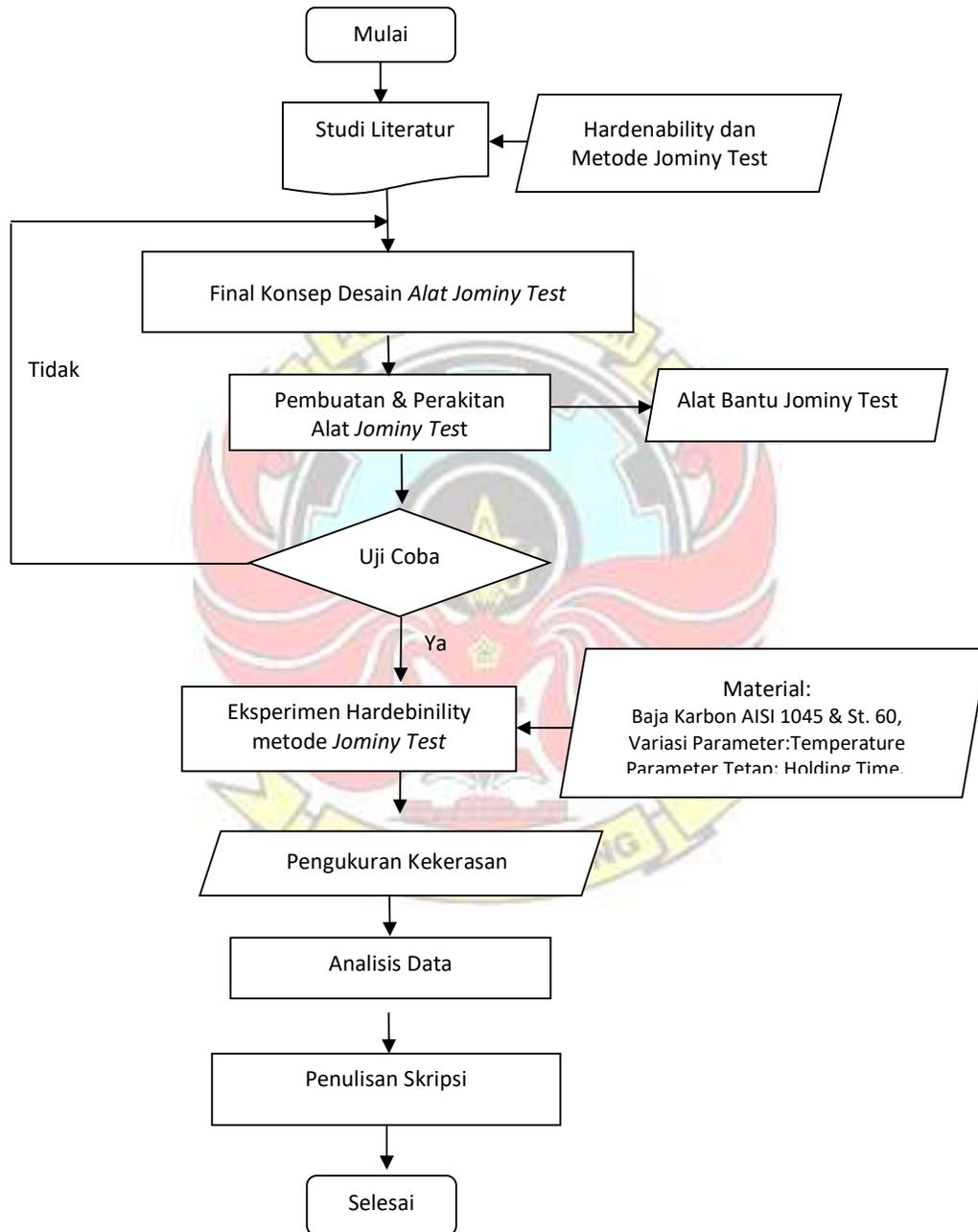
### 3.3.5. Teknik Analisa Data

Data yang diperoleh melalui pengujian akan dianalisa secara deskriptif, yaitu dengan membuat gambaran hasil melalui grafik data hasil analisa pengujian dan pengamatan proses pendinginan dengan alat *Jominy Test*.



### 3.4 Diagram Alir Penelitian

Adapun langkah proses penelitian selengkapnya dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 3.8 Diagram alir penelitian

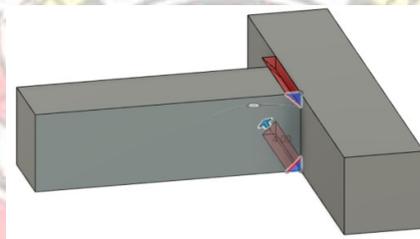
## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Analisa Perancangan

##### 4.1.1 Perhitungan Sambungan Las

Dalam perancangan konstruksi perlu dilakukan perhitungan kekuatan las khususnya pada sambungan kritis yang banyak menerima beban sebagai berikut:



Gambar 4.1 Sambungan Las

$$\tau_g = \frac{F}{0,0707 \cdot h \cdot l}$$

Dimana:

Bahan elektroda yang digunakan adalah AWS E6013 dengan dimana

1 Psi = 6,894757 N/mm<sup>2</sup> sehingga kekuatan tarik ( $\tau$ ) elektroda = 427,47 N/mm<sup>2</sup>.

Tinggi Pengelasan ( $h$ ) = 4 mm

Panjang Pengelasan ( $l$ ) = 35 mm

Tegangan Pengelasan ( $\tau_g$ ) = 427 N/mm<sup>2</sup>

$$\tau_g = \frac{F}{0,0707 \cdot h \cdot l}$$

$$427,47 \text{ N/mm}^2 = \frac{F}{2 \times 0,0707 \times 4 \text{ mm} \times 35 \text{ mm}}$$

$$F = 427,47 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times 19,796 \text{ mm}^2$$

$$= 8462,196 \text{ N}$$

$$= 862,609 \text{ kg}$$

#### 4.1.2. Perhitungan Beban yang ditanggung oleh konstruksi Rangka

Adapun beban yang ditanggung oleh konstruksi rangka dengan sambungan pengelasan sebagai berikut:

- a. Massa air

Besarnya massa air dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{massa air (W)} = V \times \rho_{\text{air}}$$



Gambar 4.2 Wadah Air

Volume Air = luas lingkaran dalam wadah ( $\text{mm}^2$ ) x tinggi wadah (mm)

Dimana:

$$\text{Diameter lingkaran dalam} = 310 \text{ mm}$$

$$\text{Tinggi Wadah} = 414 \text{ mm}$$

$$\text{Massa jenis air} = 997 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Luas lingkaran dalam wadah} = \frac{1}{4} \pi d^2$$

$$= \frac{1}{4} \times 3,14 \times (310 \text{ mm})^2$$

$$= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 96100$$

$$= 75438,5 \text{ mm}^2$$

$$\text{Volume air} = 75438,5 \text{ mm}^2 \times 414 \text{ mm}$$

$$= 31231539 \text{ mm}^3 \text{ atau } (0,03123 \text{ m}^3)$$

$$\text{Sehingga massa air} = 0,03123 \text{ m}^3 \times 997 \text{ kg/m}^3$$

$$= 31,136 \text{ kg}$$

a. Massa jenis wadah

Besarnya volume wadah dihitung dengan menggunakan perhitungan sebagai berikut :

$$V \times \rho_{\text{bahan}}$$

Dimana :

$$\rho_b = 7860 \text{ kg/m}^3$$

$$d_1 = 31 \text{ cm}$$

$$d_2 = 30,9 \text{ cm}$$

$$h_1 = 41,5 \text{ cm}$$

$$h_2 = 41,4 \text{ cm}$$

Maka massa bahan adalah  $W = V \times \rho_{\text{bahan}}$

Jadi beban yang akan di tanggung adalah:

Volume = Volume Luar - volume dalam

$$\begin{aligned} V &= \{3,14 \times (15,5)^2 \times 42\} - \{3,14 \times (15,4)^2 \times 41,9\} \\ &= 31684,17 - 31202,19 \\ &= 481,98 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Berat wadah

$$\begin{aligned} W &= 0,00048198 \text{ m}^3 \times 7860 \text{ kg/m}^3 \\ &= 3,788 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$(\text{Berat air}) + (\text{Berat wadah}) = (W = V \times \rho_{\text{air}}) + (W = V \times \rho_{\text{bahan}})$$

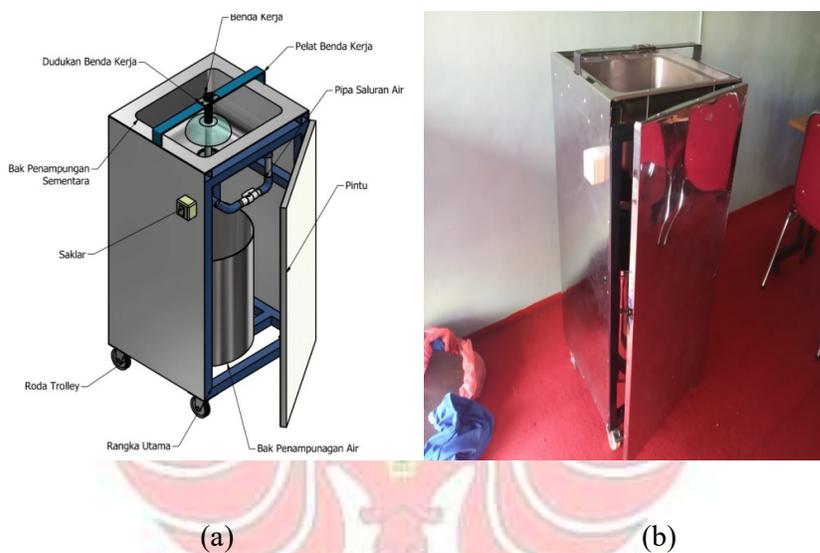
$$(\text{Berat air}) + (\text{Berat wadah}) = (31,136 \text{ kg}) + (3,788 \text{ kg})$$

$$= 34,92 \text{ kg}$$

Beban yang diterima oleh sambungan las sebesar 34,92 kg dimana lebih kecil dari kekuatan sambungan las menahan beban sebesar 862,609 kg sehingga kontuksi rangka alat jominy tes aman

#### 4.2 Hasil Pembuatan

Adapun hasil pembuatan Alat Jominy Test adalah sebagai berikut.



Gambar 4.3 Alat Jominy Test : a. Final Desain b. Hasil Pembuatan

Tabel 4.1 Spesifikasi Alat

No	Parameter	Spesifikasi
1	Tinggi Alat	905.00 mm
2	Lebar Alat	500.00 mm X 460.00 mm
3	Sistem penggerak	Pompa air Merek :SHIMITZU

---

4	Kapasitas Penampungan	30 kg
---	-----------------------	-------

---



Gambar 4.4 Pompa air

Spesifikasi Pompa Air



Merek	SHIMITSU
Tegangan	220 v
Putaran	2850 rpm
Kapasitas	24 L/menit
Tinggi Dorong	9 meter
Tinggi Hisab Max	25 mm
Tinggi Total Max	37 m

Adapun prinsip kerja pada Gambar 4.4 yaitu alat ini menggunakan siklus tertutup yang menggunakan air yang ada di bak penampungan untuk dialikan

keatas menggunakan pompa air. Spesimen yang telah dipanaskan diletakkan pada tumpuan spesimen untuk didinginkan

### 4.3 Analisis data

#### 4.3.1 Pengujian Sifat Mekanis Material Spesimen

Sebelum dilakukan proses uji coba material yang akan digunakan eksperimen terlebih dahulu diuji sifat mekanisnya untuk memastikan bahwa material yang digunakan dalam eksperimen ini adalah St 60 dan AISI 1045. Hasil uji tarik dari pada material tersebut sebagai berikut

Tabel 4.2. Data hasil pengamatan

No	Parameter	Data Pengujian	
		AISI 1045	St 60
1	Diameter Awal ( $d_0$ ); mm	10	7
2	Diameter akhir ( $d_1$ ); mm	8	4,10
3	Luas Penampang awal $A_0$ ; mm	78,5	38,465
4	Luas Penampang akhir $A_i$ ; mm	51,49	13,195
5	Panjang awal ( $L_0$ ); mm	50	50
6	Panjang akhir ( $L_1$ ); mm	58	55
7	Batas Yielding ( $F_y$ ); N	57,8	57,8
8	Gaya Maksimum ( $F_m$ ); N	58,9	58,9

Berdasarkan data pada tabel 4.2 dapat dihitung sifat mekanis sebagai berikut:

1. Material AISI 1045

a. Batas Ulur / Batas Yielding

Adapun Batas ulur / Batas Yielding dapat di hitung sebagai berikut:

$$\sigma_y = \frac{F_y}{A_0}$$

$$\sigma_y = \frac{57,8}{78,5}$$

$$= 0,736$$

$$= 736 \text{ MPa}$$

b. Kekuatan Tarik Maksimum

Adapun Batas ulur / Batas Yielding dapat di hitung sebagai berikut:

$$\sigma_m = \frac{F_m}{A_0}$$

$$\sigma_m = \frac{58,9}{78,5}$$

$$= 0,750$$

$$= 750 \text{ Mpa}$$



c. Regangan

Besar persentase perpanjangan (Regangan) adalah sebagai berikut:

$$\varepsilon = \frac{L1 - L0}{L0} \times 100\%$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L0}$$

$$= \frac{L1 - L0}{L0} \times 100\%$$

$$= \frac{58 - 50}{50} \times 100\%$$

$$= 0,16 \%$$

d. Persentase pengurangan Luas Penampang

$$r = \frac{A0 - Ai}{Ai} \times 100\%$$

$$A0 = 3,14 \times \frac{d0^2}{4}$$

$$= 3,14 \times \frac{10^2}{4}$$

$$= 3,14 \times \frac{100}{4}$$

$$= 3,14 \times 25$$

$$= 78,5 \%$$



$$\begin{aligned}
 A_1 &= 3,14 \times \frac{d_1^2}{4} \\
 &= 3,14 \times \frac{8,1^2}{4} \\
 &= 3,14 \times 16,4 \\
 &= 51,496
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 r &= \frac{A_0 - A_i}{A_i} \times 100\% \\
 &= \frac{78,5 - 51,496}{51,496} \times 100\% \\
 &= 0,524 \%
 \end{aligned}$$

2. Material St. 60

a. Batas Ulur / Batas Yielding

Adapun Batas ulur / Batas Yielding dapat di hitung sebagai berikut:

$$\sigma_y = \frac{F_y}{A_0}$$

$$\sigma_y = \frac{57,8}{38,465}$$

$$= 1,50$$

$$= 150 \text{ MPa}$$

b. Kekuatan Tarik Maksimum

Adapun Batas ulur / Batas Yielding dapat di hitung sebagai berikut:

$$\sigma_m = \frac{F_m}{A_0}$$

$$\sigma_m = \frac{58,9}{38,465}$$

$$= 1,53$$

$$= 153 \text{ Mpa}$$

c. Regangan

Besar persentase perpanjangan (Regangan) adalah sebagai berikut:

$$\varepsilon = \frac{L_1 - L_0}{L_0} \times 100\%$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$$

$$= \frac{L_1 - L_0}{L_0} \times 100\%$$

$$= \frac{55 - 50}{50} \times 100\%$$

$$= 0,1 \%$$



b. Persentase pengurangan Luas Penampang

$$r = \frac{A_0 - A_i}{A_i} \times 100\%$$

$$A_0 = 3,14 \times \frac{d_0^2}{4}$$

$$= 3,14 \times \frac{7^2}{4}$$

$$= 3,14 \times \frac{49}{4}$$

$$= 3,14 \times 12,25$$

$$= 38,465$$

$$A_1 = 3,14 \times \frac{d_1^2}{4}$$

$$= 3,14 \times \frac{4,1^2}{4}$$

$$= 3,14 \times 16,81$$

$$= 13,195$$

$$r = \frac{A_0 - A_i}{A_i} \times 100\%$$

$$= \frac{38,465 - 13,195}{13,195} \times 100\%$$

$$= 1,915 \%$$

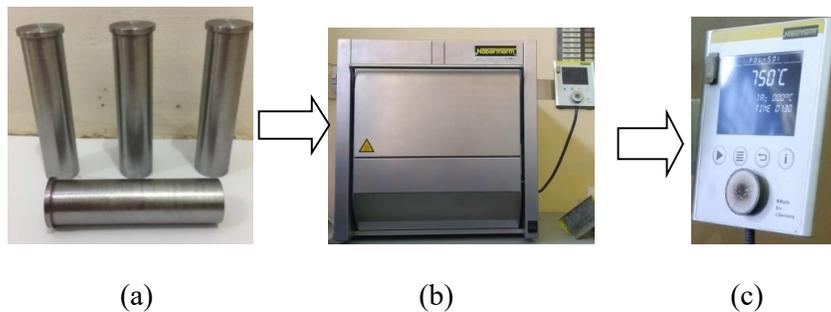


Tabel 4.3 Hasil Sifat Mekanis

Sifat mekanis	Material	
	AISI 1045	St 60
Batas ulur	736 MPa	150 Mpa
Kekuatan Tarik	750 MPa	153 Mpa
Elongasi	0,16 %	0,1 %
Persentase pengurangn luas penampang	0,524	1,915%
Kekerasan HB	180,38	74,84

#### 4.3.2 Uji Coba Alat Jominy Test

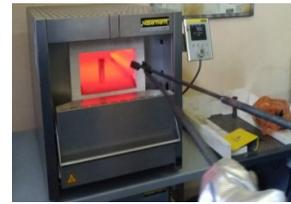
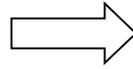
Adapun proses uji coba alat *Jominy Test* dapat dilihat pada gambar berikut ini



(a) Benda Uji (b).Masukkan dioven c) Program proses pemanasan



(d)



(e)

d) Proses penyetelan ,e) Proses Pemindahan



(f)

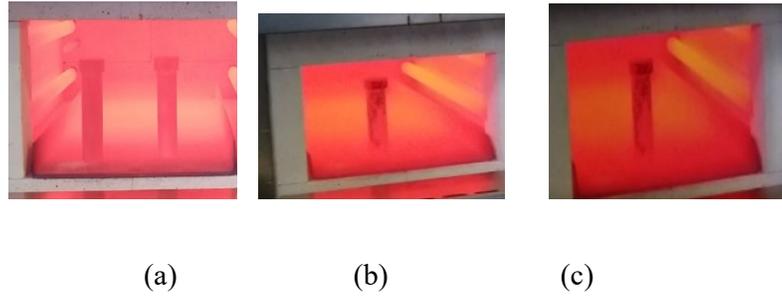


(g)

Gambar 4.5. Proses pengujian alat (a) Benda Uji (b).Masukkan dioven  
c) Program proses pemanasan d) Proses penyetelan ,e) Proses Pemindahan  
f) Proses *Quenching*, g) Pengujian kekerasan

Pada gambar 4.5 diatas menunjukkan proses *quenching* pada alat Jominy Test selama 5 menit. Setelah Pengujian quenching dilakukan pengujian kekerasan.

Dalam proses perlakuan panas dengan temperatur yang berbeda 750°C, 800°C, 850°C terjadi perbedaan warna pada setiap temperatur seperti pada gambar berikut ini:



Gambar 4.6 Proses Pemanasan (a) 750°C, (b) 800 °C, (c) 850 °C

Hasil setelah proses perlakuan panas untuk material AISI 1045 & St 60 dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 4.4 Hasil Uji kekerasan berinrel (HB) Spesimen Alat Jominy Test material AISI 1045

Titik kekerasan	Setelah Perlakuan panas (Holding Time 60 menit)		
	750	800	850
	0	295,3	439,06
5	290,52	434,21	325,21
10	286,15	429,2	306,3
15	200,95	326,85	258,41
20	171,6	248,95	222
25	150,4	227,7	214,46
30	147,05	214,15	209,4
35	145,76	200,05	199,56
40	141,95	195,2	196,8

45	131,4	188,4	190,02
50	127	180,35	187,9
55	124,23	176,78	181,91
60	120,75	174,5	178,1

Tabel 4.5 Hasil Uji kekerasan berinrel (HB) Spesimen Alat Jominy

Test material St 60

Titik kekerasan	Setelah Perlakuan panas (Holding Time 60 menit)		
	750	800	850
0	172,25	220,3	218,74
5	168,85	210,11	201,4
10	165,25	182,2	181,05
15	160,4	168,5	163,47
20	158,85	153,15	139,7
25	156	149,87	134,88
30	155,95	147,2	132,65
35	153,7	146,43	129,71
40	152,05	145,3	122,1
45	148,65	139,91	116,42

50	147,9	136,15	107,8
55	146	133,76	104,93
60	145,55	130,8	101,4

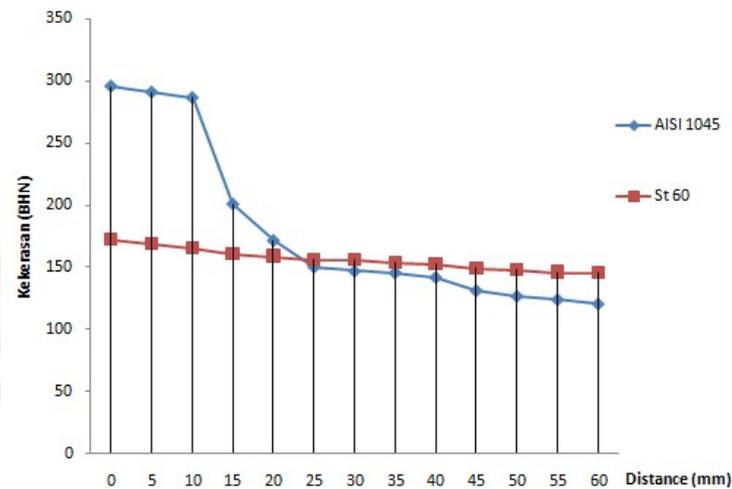
a. Temperatur Pemanasan 750°C

*Holding Time*  pemanasan pada tungku untuk material baja AISI 1045 dan baja St. 60 adalah 60 menit dengan proses quenching menggunakan alat Jominy Test selama 5 menit.

Tabel 4.6 Hasil Uji Kekerasan Berinell (HB) Spesimen Alat Jominy Test material AISI 1045 & St 60 pada suhu 750 °C

No.	Suhu 750 °C	
	AISI 1045	St. 60
0	295,3	172,25
5	290,52	168,85
10	286,15	165,25
15	200,95	160,4
20	171,6	158,85
25	150,4	156
30	147,05	155,95
35	145,76	153,7
40	141,95	152,05

45	131,4	148,65
50	127	147,9
55	124,23	146
60	120,75	145,55



Gambar 4.7 Grafik Uji kekerasan Suhu 750°C

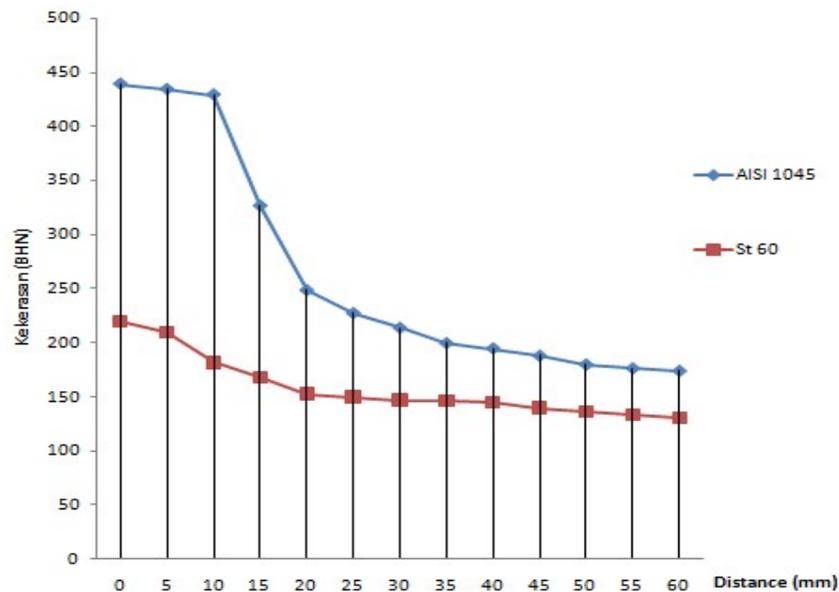
Hasil pengujian kemampukerasan spesimen baja AISI 1045 pada suhu 750°C dengan holding time 60 menit dan hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.6 dan Gambar 4.7. Nilai tertinggi yaitu pada ujung bawah spesimen nilai tertingginya 295,3 HB dan yang terendah 120,75 HB sedangkan hasil baja St 60 pada suhu 750°C dengan holding time 60 menit dan hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.6 dan Gambar 4.7. Nilai tertinggi yaitu pada ujung bawah spesimen nilai tertingginya 172,25 HB dan yang terendah 145,55 HB.

b. Pemanasan pada suhu 800°C

*Holding Time*  pemanasan pada tungku untuk material baja AISI 1045 dan baja St. 60 adalah 60 menit dengan proses quenching menggunakan alat Jominy Test selama 5 menit.

Tabel 4.7 Hasil Uji Kekerasan Berinell (HB) Spesimen Alat Jominy Test material AISI 1045 & St 60 pada suhu 800 °C

NO	Suhu 800 °C	
	AISI 1045	St. 60
0	439,06	220,3
5	434,21	210,11
10	429,2	182,2
15	326,85	168,5
20	248,95	153,15
25	227,7	149,87
30	214,15	147,2
35	200,05	146,43
40	195,2	145,3
45	188,4	139,91
50	180,35	136,15
55	176,78	133,76
60	174,5	130,8



Gambar 4.8 Grafik Uji kekerasan Suhu 800°C

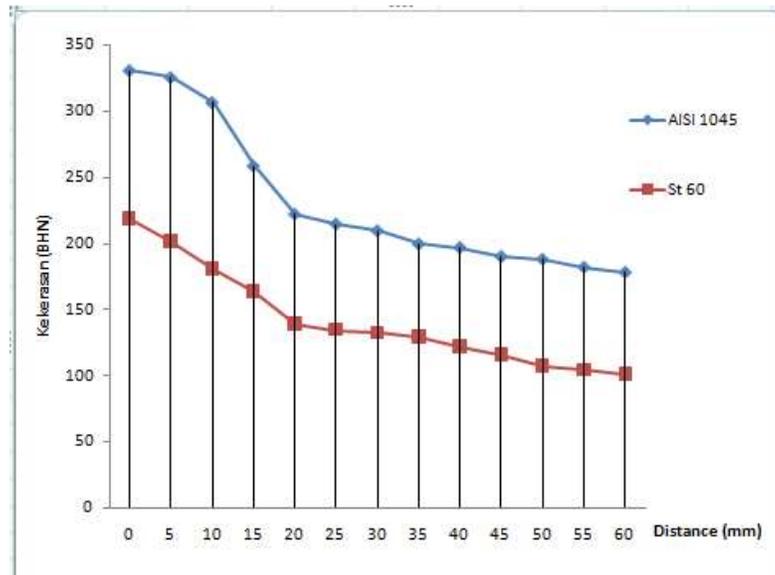
Hasil pengujian kemampukerasan spesimen baja AISI 1045 pada suhu 800°C dengan holding time 60 menit dan hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.7 dan Gambar 4.8. Nilai tertinggi yaitu pada ujung bawah spesimen nilai tertingginya 439,06 HB dan yang terendah 174,5 HB sedangkan hasil baja St 60 pada suhu 800°C dengan holding time 60 menit dan hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.7 dan Gambar 4.8. Nilai tertinggi yaitu pada ujung bawah spesimen nilai tertingginya 220,3 HB dan yang terendah 130,8 HB.

c. Pemanasan pada suhu 850°C

*Holding Time*  pemanasan pada tungku untuk material baja AISI 1045 dan baja St. 60 adalah 60 menit dengan proses quenching menggunakan alat Jominy Test selama 5 menit.

Tabel 4.8 Hasil Uji Kekerasan Berinrel (HB) Spesimen Alat Jominy Test material AISI 1045 & St 60 pada suhu 850 °C

No	Suhu 850 °C	
	AISI 1045	St. 60
0	330,45	218,74
5	325,21	201,4
10	306,3	181,05
15	258,41	163,47
20	222	139,7
25	214,46	134,88
30	209,4	132,65
35	199,56	129,71
40	196,8	122,1
45	190,02	116,42
50	187,9	107,80
55	181,91	104,93
60	178,1	101,4



Gambar 4.9 Grafik nilai kekerasan Suhu 850°C

Hasil pengujian kemampukerasan spesimen baja AISI 1045 pada suhu 850°C dengan holding time 60 menit dan hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.8 dan Gambar 4.9. Nilai tertinggi yaitu pada ujung bawah spesimen nilai tertingginya 330,45 HB dan yang terendah 178,1 HB sedangkan hasil baja St 60 pada suhu 850°C dengan holding time 60 menit dan hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.8 dan Gambar 4.9. Nilai tertinggi yaitu pada ujung bawah spesimen nilai tertingginya 218,74 HB dan yang terendah 101,4 HB.

## 4.4 Biaya Manufaktur

### 4.4.1 Biaya Bahan Langsung

Tabel 4.9 Biaya langsung

No.	Nama Barang	Banyak	Harga (Rp)	Jumlah (Rp)
1	Besi Hollow 30x 30	2	112.000	224.000
2	Pipa PVC ½	1	18.000	18.000
3	Plat Stainless Steel	1	415.000	415.000
4	Besi Hollow 20x 30	1	50.000	50000
5	Westafel	1	350000	350000
6	Dandang Penampungan Air	1	228000	228000
7	Klep PVC ½	1	7000	7000
8	Sambungan L ½	6	2000	12000
9	Sambungan Pipa Pembuangan	1	7000	7000
10	Watermur	1	3000	3000
11	Stop kran	1	25000	25000
12	Kabel Lisrik 2 meter	1	16000	16000
13	Pompa Air	1	394000	394000
14	Saklar On/Off	1	12500	12500
15	Kuas	1	3000	3000
16	PakuKeling	1	9500	9500
17	Cat	1	18500	18500
18	Tinner	1	11500	11500
19	Sambungan drag luar	2	2000	4000

20	Grandel Pintu	1	6000	6000
21	Engsel pintu	1	2000	2000
22	Roda	4	50000	200000
23	Engsel pintu	1	9000	9000
JUMLAH				Rp.2.025.000

---

#### 4.4.2 Biaya Tenaga Kerja

Biaya tenaga kerja dihitung berdasarkan Upah Minimum Provinsi (UMP) Sulawesi Selatan tahun 2020. UMP Sul-Sel tahun 2020 yaitu sebesar Rp3.100.000 dengan estimasi jam kerja perminggu selama 40 jam sehingga upah tenaga kerja diketahui dengan persamaan berikut:

$$\frac{3.100.000}{4 \times 40} = 19.948.$$

Berdasarkan hasil perhitungan diketahui upah tenaga adalah Rp15.816 per jam. Sedangkan waktu pengerjaan pemotongan, pembentukan, dan pengelasan permesinan ditentukan berdasarkan estimasi pengerjaan waktu tersebut meliputi waktu persiapan, waktu setting, waktu proses dan waktu penyelesaian.

Adapun biaya tenaga kerja untuk setiap pengerjaan dapat dilihat pada tabel rincian berikut :

Tabel 4.10 Biaya Tenaga Kerja

No.	Jenis Pengerjaan	Waktu Pengerjaan	Upah/Bulan (Rp)	Upah/Jam (Rp)	UpahPengerjaan (Rp)
1	Pemotongan	4 jam	3.100.000	19.948	79.792
2	Bor	4 jam			79.792
3	Las	6 jam			119.688
4	Bending	1 jam			19.948
5	Pengecatan	5 jam			99.740
6	Gerinda	8 jam			159.584
7	Perakitan	12 jam			239.376
		Jumlah			Rp.797.920

#### 4.4.3 Biaya Tenaga Kerja

Biaya tidak langsung merupakan elemen biaya yang tidak dihubungkan secara langsung kepada unit yang diproduksi, tetapi mempunyai kontribusi terhadap penyelesaian produksi. Yang termasuk dalam kategori biaya tidak langsung antara lain adalah: biaya bahan tidak langsung, biaya listrik, dan biaya penyusutan mesin. Berikut biaya bahan tidak langsung dalam proses produksi.

A. Biaya bahan tidak langsung

Tabel 4.11 Biaya Bahan Tidak Langsung

No	NamaMesin	NamaBahan	Jumlah	Harga (Rp)
1	Las	Elektroda	1 Dus	65.000
		Topeng Las	1 Buah	28.000
		SarungTangan	1 Pasang	65.000
		Palu	1 buah	40.000
2	Bor	Mata Bor 5 mm	1Buah	14.000
		Mata Bor 8 mm	1 Buah	53.000
		Mata Bor 10 mm	1 Buah	85.000
3	Gerinda	Mata GerindaAsah	2 Buah	24.000
		Mata GerindaPotong	9 Buah	30.000
		Mata GerindaAmplas	4 Buah	32.000
<b>Jumlah (Rp)</b>				436.000

4.4.4 Biaya listrik

Perhitungan biaya pemakaian listrik merupakan salah satu kategori dalam data biaya tidak langsung dalam proses produksi. Adapun perhitungan estimasi pemakaian biaya listrik pada mesin bubut adalah sebagai berikut :

- **Tarif listrik Mesinlas**

Diketahui:

$$\text{Daya mesin} = 0,90 \text{ kW}$$

TDL/jam = Rp.900

Lama pengerjaan = 6 jam

Biaya listrik = (daya x TDL) x lama pengerjaan  
= (0,90 x 900) x 6  
= Rp43.605

Tabel 4.12 Biaya Listrik

No.	Mesin	Daya (kW)	TDL (Rp)	Lama Pengerjaan	TarifListrik (Rp)
1	Las	0,90	997	6 jam	5.383.8
2	bor	0,90	997	4 jam	3.589.2
3	Gerinda	0.67	997	8 jam	7.178.4
<b>Jumlah (Rp)</b>					16.151

Dari perhitungan diatas dapat diketahui biaya listrik yang dihasilkan selama pemakaian mesin dalam proses produksi adalah Rp16.151.

Tabel 4.13 Biaya Tidak Langsung

No.	Biaya Tidak Langsung	Harga (Rp)
1	Biaya bahan tidak langsung	436.000
2	Biaya listrik	16.151
<b>Jumlah (Rp)</b>		452.151

Alat *Jominy Test* dapat diketahui dengan menjumlahkan biaya tidak langsung, biaya tarif listrik, yaitu Rp 452.000,-. Adapun biaya untuk memproduksi Alat *Jominy Test* dapat diketahui dari jumlah biaya bahan langsung,

biaya tenaga kerja, dan biaya tidak langsung dapat dilihat pada tabel 4.10 berikut ini.

Tabel 4.14 Biaya Produksi

No.	Biaya Manufaktur	Harga (Rp)
1	Biaya bahan langsung	2.025.000
2	Biaya tenaga kerja	797.920
3	Biaya tidak langsung	452.151
Jumlah (Rp)		3.275.071

Dilihat dari hasil perhitungan diatas telah diketahui biaya untuk memproduksi 1 unit mesin Alat *Jominy Test* yaitu Rp3.275.071,-.



## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pengamatan yang telah dilakukan terhadap spesimen Baja Karbon Sedang AISI 1045 dan St 60 dengan menggunakan alat Jominy Test yang telah dibuat,

1. Dalam pembuatan alat quench yaitu *Jominy Test* dengan standar ASTM dengan metode A255 telah berhasil dan layak digunakan untuk penelitian di Lab. Mekanik Politeknik Negeri ujung Pandang untuk mengetahui kemampukerasan baja karbon.
2. Dari hasil pengujian pada baja karbon sedang AISI 1045 dan St 60 dengan menggunakan alat uji *Jominy Test* bahwa nilai kekerasan yang paling tinggi di dapatkan pada bagian ujung yang langsung terkena semprotan air dari nozel.

#### 5.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan pada proses Jominy Test yaitu :

1. Pada saat mengeluarkan specimen atau benda uji dari tungku harus berhati-hati agar benda uji tidak terjatuh yang menyebabkan benda uji terkena udara lebih lama yang dapat mempengaruhi sifat specimen ketika dilakukan proses *Jominy Test*.
2. Perlu di lakukan pengembangan pada alat ini agar lebih efisien dalam menggunakan alat *Jominy Test*.

## DAFTAR PUSTAKA

- 255-02, A. A., & A370-02, A. *Standart Test Method for and Quench Test for Hardenability of Steel.*
- Basongan, Y. (2007). *Teknologi Bahan II.* Makassar: Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- Kenyong, W., & Ginting, D. (1985). *Dasar-dasar Pengelasan .* Jakarta: Erlangga.
- Lawrence, H. V., & Sriati, D. (1992). *Ilmu dan Teknologi Bahan.* Jakarta: Erlangga.
- Mersilia, A. (2016). *Pengaruh Heat Treatment dengan Variasi Media: Quenching Air Garam dan Oli Terhadap Struktur Mikro dan Nilai Kekerasan Baja Pegas Daun AISI 6135.*
- Rokhman, T. (2015). Perancangan Alat Uji Kemampukekerasan Jominy Test untuk Laboratorium Teknik Mesin. *Jurnal Teknik Mesin* , 3(1), 68-80.
- Sabekti, A. (2009). *Rancang bangun alat uji Jominy menurut ASTM A255.*
- Suryanto, D. (1995). *Elemen mesin I.* Bandung: Pusat Pengembangan Politeknik.
- Susanto, H., Supardi, J., Sayuthi, T., & Marliadi, H. (2018). Rancang Bangun Alat Uji Jominy (Jominy Hardenability Test). *Jurnal Mekanova* , 2(1).
- Syarief, A. (2016). Uji Kekerasan Baja Kontruksi St-42 pada Proses Heat Treatment. *Info Teknik* , 7(1), 48-5.
- Yekinni, A. A., Agunsoye, J. O., Bello, S. A., Awe, I. O., & Talabi, S. I. (2014). Fabrication of End Quenched Machine: Hardenability Evaluation. *Journal of Minerals and Materials Characterization and Engineering* .

## LAMPIRAN

### Lampiran 1 Pembuatan dan Perakitan Alat

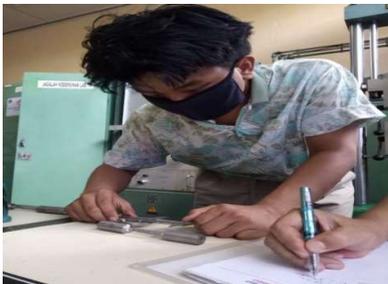




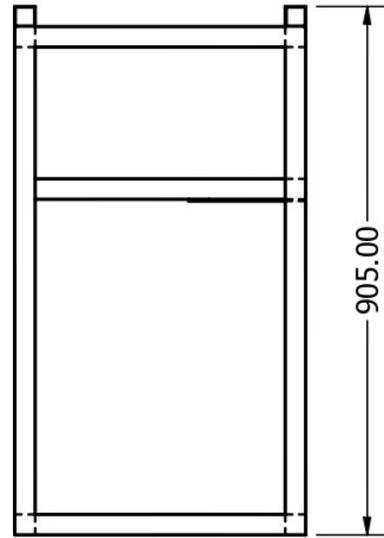
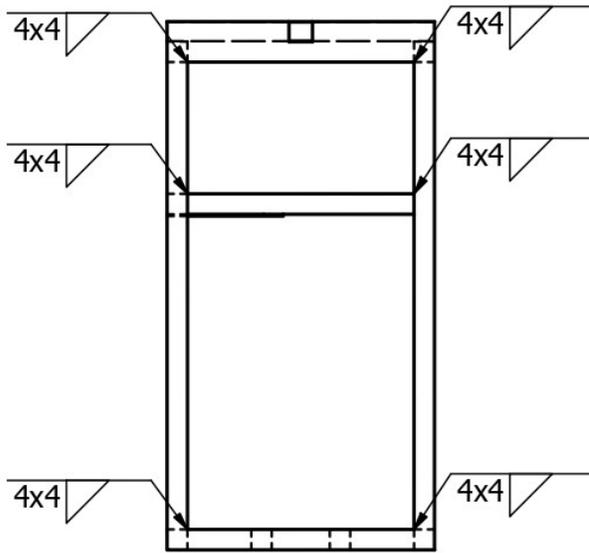
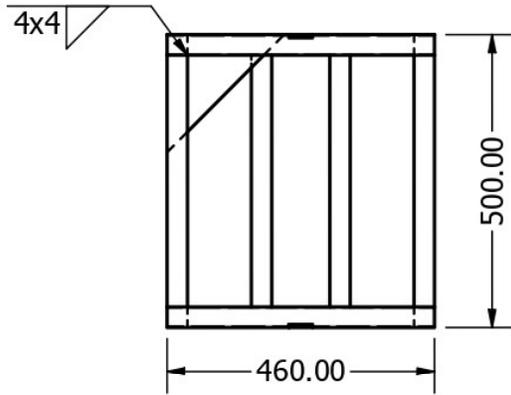
Lampiran 2 Pengambilan data pengujian kekerasan



Lampiran 3 Pengujian tarik

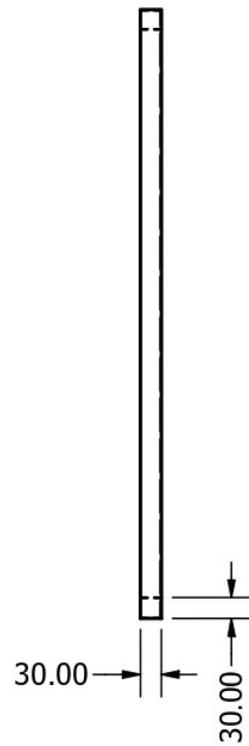
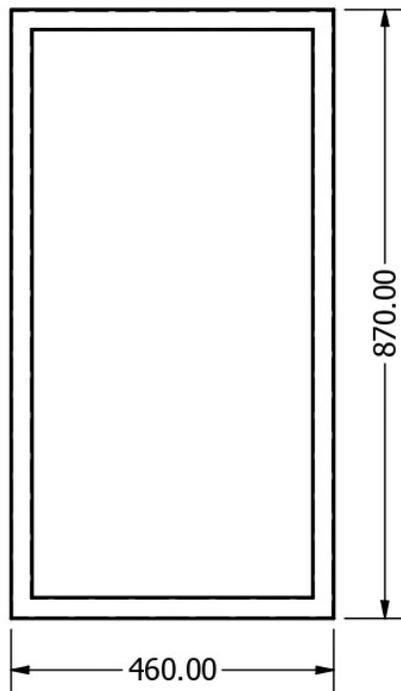
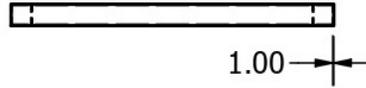


1. Rangka Utama



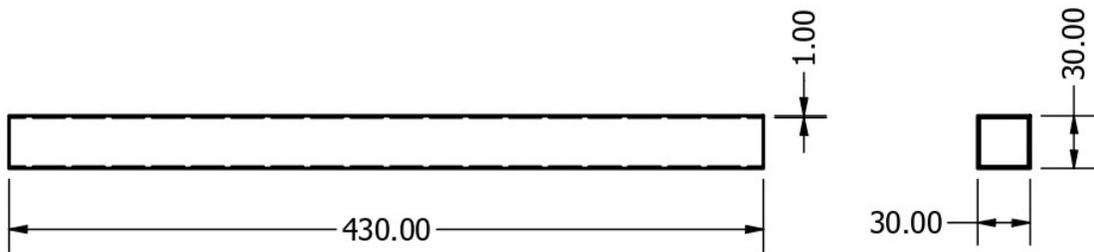
8		Rangka Penguat	1.b	Hollow Besi	430 x 30 x 30	Dipotong, Dilas	
	2	Rangka Samping	1.a	Hollow Besi	460 X 30 X 870	Dipotong, Dilas	
Jumlah		Nama Bagian	No.bag	Bahan	Ukuran	Keterangan	
III	II	I	Perubahan :				
RANCANG BANGUN ALAT JOMINY TEST UNTUK MENINGKATKAN SIFAT KERAS MATERIAL BAJA KARBON				Skala 1:10	Digambar	Herianto	
					Diperiksa	MAH	
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG				ME- 44318 026-029-039 / 1-10			

TOL. ± 0.5 mm



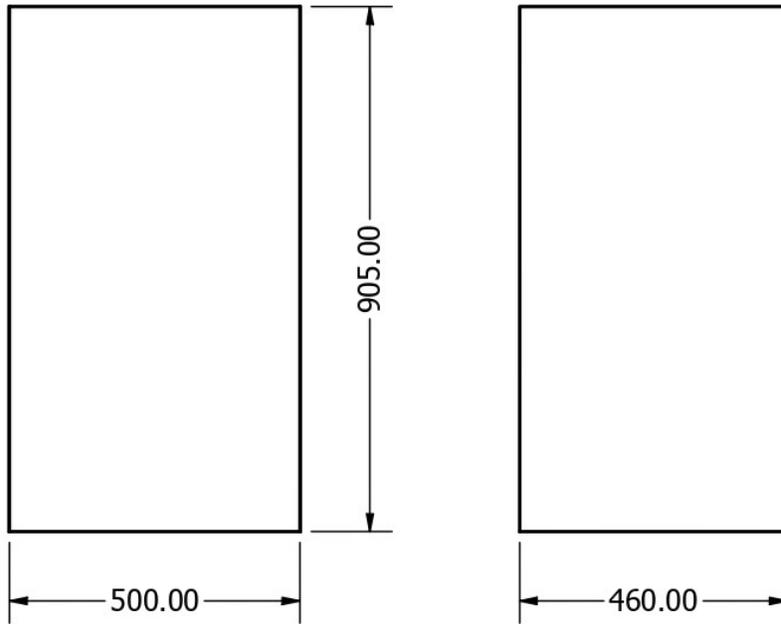
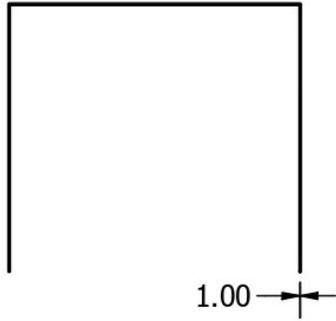
	2	Rangka Samping	1.a	Hollow Besi	460 X 30 X 870	Dipotong, Dilas	
	Jumlah	Nama Bagian	No.bag	Bahan	Ukuran	Keterangan	
III	II	I	Perubahan :				
			RANCANG BANGUN ALAT JOMINY TEST UNTUK MENINGKATKAN SIFAT KERAS MATERIAL BAJA KARBON		Skala 1:10	Digambar Herianto Diperiksa MAH	
			POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG		ME- 44318 026-029-039 / 2-10		

TOL.  $\pm 0.5$  mm



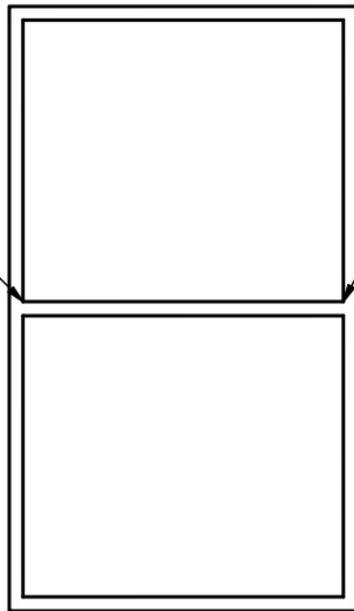
8			Rangka Penguat	1.b	Hollow Besi	430 x 30 x 30	Dipotong	
Jumlah			Nama Bagian	No.bag	Bahan	Ukuran	Keterangan	
III	II	I	Perubahan :					
			RANCANG BANGUN ALAT JOMINY TEST UNTUK MENINGKATKAN SIFAT KERAS MATERIAL BAJA KARBON			Skala 1:4	Digambar Herianto	
						Diperiksa	MAH	
			POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG			ME- 44318 026-029-039 / 3-10		

TOL. ± 0.5 mm

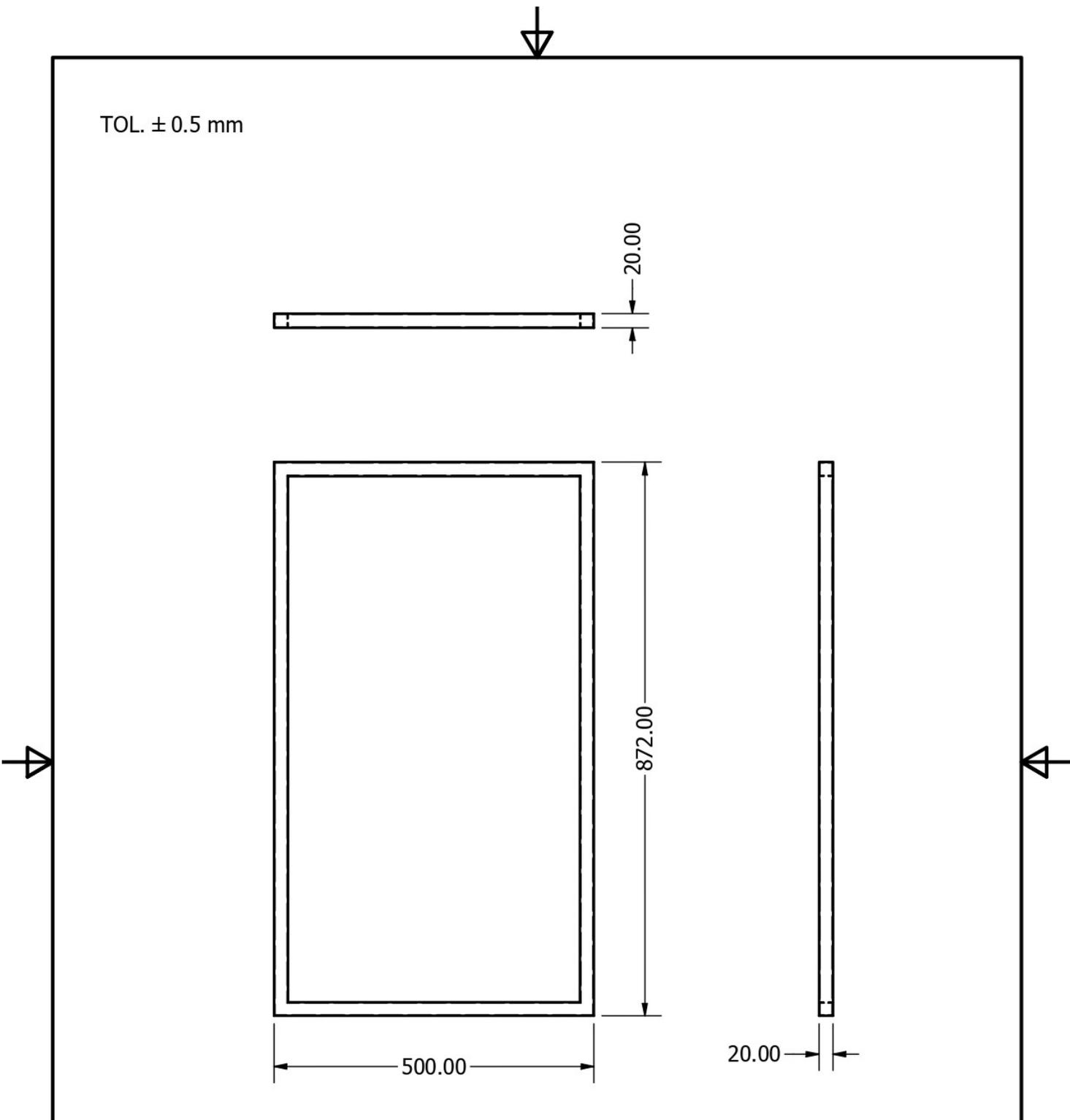


		1	Pelat Rangka Utama	2	Pelat Stainless	500 x 460 x 905	Dipotong, Dibending	
Jumlah			Nama Bagian	No.bag	Bahan	Ukuran	Keterangan	
III	II	I	Perubahan :					
RANCANG BANGUN ALAT JOMINY TEST UNTUK MENINGKATKAN SIFAT KERAS MATERIAL BAJA KARBON					Skala 1:10	Digambar	Herianto	
						Diperiksa	MAH	
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG					ME- 44318 026-036-039/ 4-10			

TOL.  $\pm 0.5$  mm



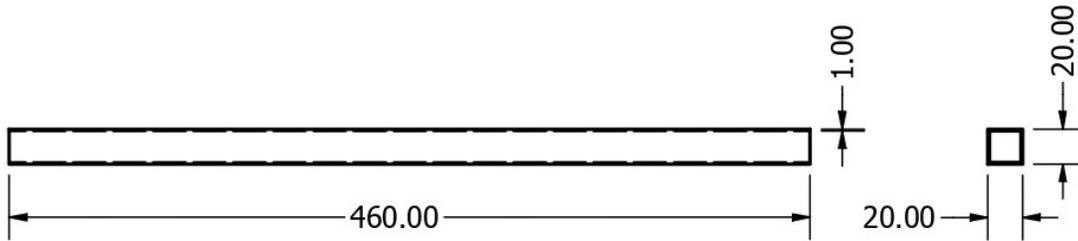
		1	Rangka Penguat	3.b	Hollow Besi	460 x 20 x 20	Dibuat	
		1	Rangka Utama	3.a	Hollow Besi	500 x 20 x 870	Dibuat	
Jumlah			Nama Bagian	No.bag	Bahan	Ukuran	Keterangan	
III	II	I	Perubahan :					
RANCANG BANGUN ALAT JOMINY TEST UNTUK MENINGKATKAN SIFAT KERAS MATERIAL BAJA KARBON						Skala	Digambar	Herianto
						1:10	Diperiksa	MAH
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG						ME- 44318 026-036-039/ 5-10		



		1	Rangka Utama	3.a	Hollow Besi	500 x 20 x 870	Dipotong, Dilas		
Jumlah			Nama Bagian	No.bag	Bahan	Ukuran	Keterangan		
III	II	I	Perubahan :						
			RANCANG BANGUN ALAT JOMINY TEST UNTUK MENINGKATKAN SIFAT KERAS MATERIAL BAJA KARBON			Skala 1:10	Digambar	Herianto	
							Diperiksa	MAH	
			POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG			ME- 44318 026-029-039/ 6-10			

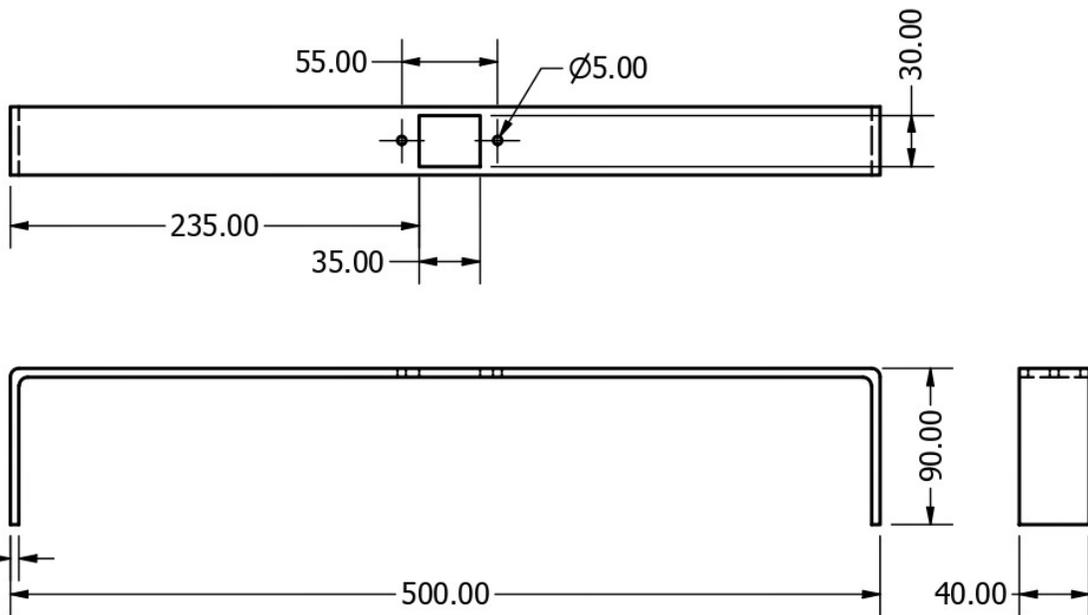


TOL. ± 0.5 mm



		1	Rangka Pintu	3.b	Hollow Besi	460 x 20 x 20	Dipotong	
Jumlah			Nama Bagian	No.bag	Bahan	Ukuran	Keterangan	
III	II	I	Perubahan :					
RANCANG BANGUN ALAT JOMINY TEST UNTUK MENINGKATKAN SIFAT KERAS MATERIAL BAJA KARBON						Skala 1:4	Digambar	Herianto
							Diperiksa	MAH
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG						ME- 44318 026-036-039/ 7-10		

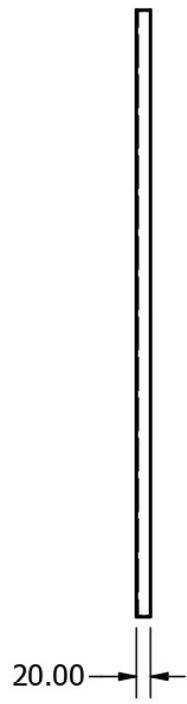
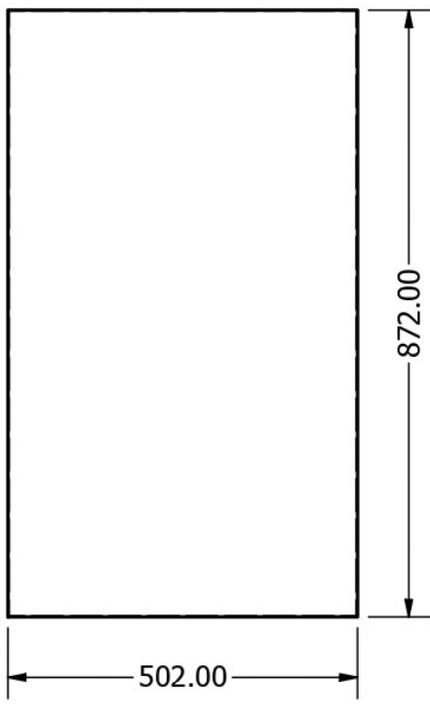
TOL. ± 0.5 mm



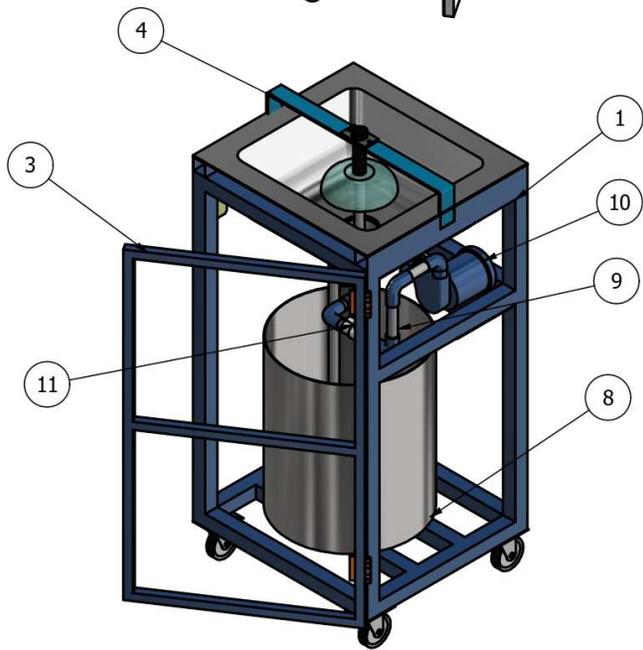
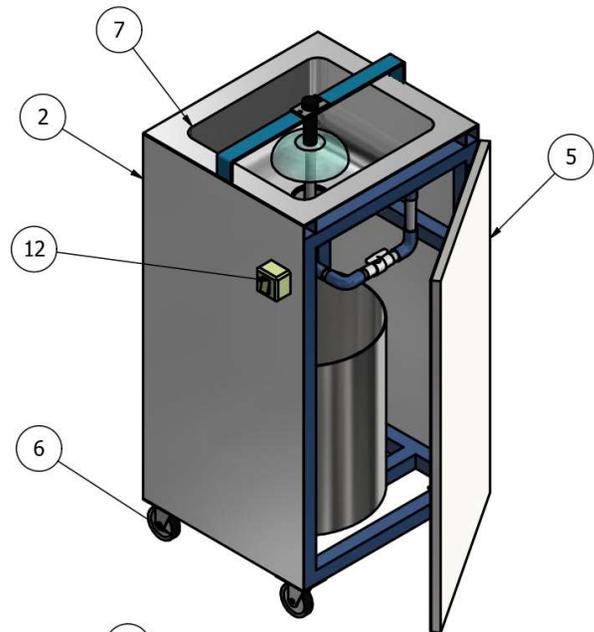
		1	Dudukan Spesiment	4	Pelat Besi	500 x 40 x 90	Dipotong, Dilas	
Jumlah			Nama Bagian	No.bag	Bahan	Ukuran	Keterangan	
III	II	I	Perubahan :					
RANCANG BANGUN ALAT JOMINY TEST UNTUK MENINGKATKAN SIFAT KERAS MATERIAL BAJA KARBON						Skala 1:4	Digambar Herianto	
						Diperiksa	MAH	
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG						ME- 44318 026-036-039/ 8-10		



√ TOL. ± 0,5 mm



		1	Pelat Pintu	5	Pelat Stainless	500 x 460 x 905	Dibuat	
Jumlah			Nama Bagian	No.bag	Bahan	Ukuran	Keterangan	
III	II	I	Perubahan :					
RANCANG BANGUN ALAT JOMINY TEST UNTUK MENINGKATKAN SIFAT KERAS MATERIAL BAJA KARBON					Skala 1:10	Digambar		
						Diperiksa		
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG					ME- 44318 026-036-039/ 9-10			



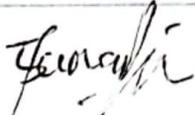
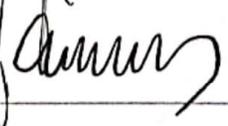
	1	Saklar On/Off	12	Plastik		On/Off	
	1	Kran Air	11	Pelat Besi		1/2 "	
	1	Motor Pump	10			1/2 "	
	1	Sistem Pemipaan	9			1/2 "	
	1	Bak Penampungan Akhir	8	Stainless		Dibeli	
	1	Bak Penampungan Sementara	7	Stainless		Dibeli	
4		Roda Trolley	6	Nilon		4"	
	1	Pelat Penutup Rangka Pintu	5	Stainless	500 x 460 x 905	Dipotong, Dibending	
	1	Pelat Dudukan Spesiment	4	Pelat Besi	500 x 40 x 90	Dipotong, Dilas	
	1	Rangka Pintu	3	Hollow Besi	500 x 20 x 870	Dipotong, Dilas	
	1	Pelat Penutup Rangka Utama	2	Stainless	500 x 460 x 905	Dipotong, Dibending	
	1	Rangka Utama	1	Hollow Besi	500 x 460 x 905	Dipotong, Dilas	
	Jumlah	Nama Bagian	No. bag	Bahan	Ukuran	Keterangan	
III	II	I	Perubahan :				
RANCANG BANGUN ALAT JOMINY TEST UNTUK MENINGKATKAN SIFAT KERAS MATERIAL BAJA KARBON				Skala	Digambar	Herianto	
				1:7	Diperiksa	MAH	
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG				ME- 44318 026-036-039/ 10-10			

**DAFTAR HADIR PENGUJI  
UJIAN SIDANG  
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG**

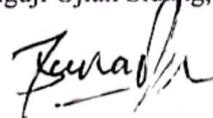
---

---

Nama : Herianto Pratama / Alif Faturrahman / Romansyah Putra  
Stambuk : 443 10 026 / 443 10 029 / 443 10 039  
Tanggal Ujian Sidang : Senin, 14 September 2020

No	Nama Penguji	Jabatan	Tanda Tangan
1	Dr. Ir. Syaharuddin Rasjid, M.T.	Ketua	
2	A. Gholam Tangkemananda, S.T., M.T.	Sekretaris	
3	Drs. Mastung, M. Hum.	Anggota	
4	Ahmad Zubair Sultan, S.T., M.T., P.h.d.	Anggota	
5	Muhammad Aisyah Sugati, S.T., M.T.	Pembimbing I	
6	Arthur Halik Razak, S. S.T., M.T.	Pembimbing II	
7		Pembimbing III	

Ketua / Sekretaris  
Penguji Ujian Sidang,



Dr. Ir. Syaharuddin Rasjid, M.T.

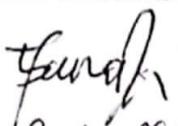
# LEMBAR REVISI JUDUL PROYEK / TUGAS AKHIR

NAMA MAHASISWA : Hevianto Pratama / Alif Faturahman / Romansyah Putra  
STAMBUK : 44318026 / 44318029 / 44318039

Catatan Penguji :

No	Nama	Uraian	Tanda Tangan
1.	MMG	<ul style="list-style-type: none"><li>- Tujuan di sekaitem</li><li>Dengan sifat material.</li><li>- Ruang lingkup penelitian</li><li>linggati</li><li>- daftar pustaka diperbaiki</li></ul>	
2.	MAT	<ul style="list-style-type: none"><li>- Skala gambar diperbaiki</li><li>- Tampilan Grafik Tes -</li><li>ngan &amp; Regangan.</li></ul>	
3.	M.25	<ul style="list-style-type: none"><li>- Benda diuji dilatentem</li><li>penentuan ulang.</li></ul>	

Makassar,  
Ketua / Sekretaris Penguji,

  
Dr. Ir. Syahadati Pasjio, M.T.