

# **TUGAS AKHIR**

## **PENGARUH ANNEALING BAJA ST37 TERHADAP KEKERASAN DAN KEKUATAN TARIK**

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh  
Gelara Sarjana Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

**Disusun Oleh:**

**RISKY NULHAKIM MATONDANG**  
**1507230289**



**UMSU**

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
MEDAN  
2021**

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:


Nama : Risky Nulhakim Matondang  
NPM : 1507230289  
Program Studi : Teknik Mesin  
Judul Skripsi : Pengaruh Annealing Baja ST 37 Terhadap Kekerasan Dan  
Kekuatan Tarik  
Bidang ilmu : Kontruksi Manufaktur

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 19 April 2021

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji I



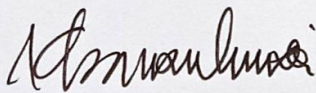
Riadini Wanty Lupis.S.T.M.T

Dosen Peguji II



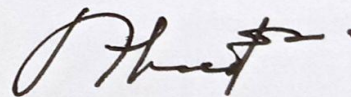
H.Muharnif.S.T.M.Sc

Dosen Penguji III



Khairul Umurani, S.T., M.T

Dosen Peguji IV



Ahmad Marabdi Siregar, S.T., M.T



## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Risky Nulhakim Matondang  
Tempat /Tanggal Lahir: Sungai Rampah/ 14 Agustus 1997  
NPM : 1507230289  
Fakultas : Teknik  
Program Studi : Teknik Mesin

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

**“Pengaruh Annealing Baja ST 37 Terhadap Kekerasan Dan Kekuatan Tarik”,**

Bukan merupakan plagiatisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

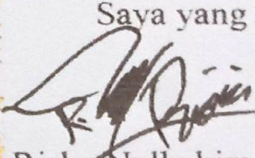
Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 19 April 2021

Saya yang menyatakan



  
Risky Nulhakim Matondang

## ABSTRAK

Logam besi dan baja paling banyak dipakai sebagai bahan industri yang merupakan sumber sangat banyak, dimana sebagian ditentukan oleh nilai ekonomisnya, tetapi yang paling penting karena sifat-sifatnya yang bervariasi, yaitu bahan tersebut mempunyai berbagai sifat dari paling lunak dan mudah dibuat dan sampai yang paling keras dan dapat dibuat apa saja dengan bentuk apapun dengan cara pengecoran. Dalam perkembangan kebutuhan logam besi dan baja semakin meningkat sejalan dengan perkembangan dunia industri khususnya untuk baja yang mempunyai kelebihan-kelebihan sifat yang lebih baik dari pada besi. Jenis baja yang jumlah kemungkinannya banyak itu dapat dibagi menurut penggunaannya menjadi baja konstruksi dan baja perkakas dingin dan panas. Proses annealing atau melunakkan baja adalah proses pemanasan baja dengan temperature (500 °C) selanjutnya dibiarkan beberapa lama sampai temperature merata disusul dengan pendinginan secara perlahan-lahan sambil dijaga agar temperature bagian luar dan dalam kira-kira sama hingga diperoleh struktur yang diinginkan dengan menggunakan media pendingin udara. Untuk mengetahui perlakuan annealing baja ST-37 terhadap kekerasan dan kekuatan tarik, maka penulis menganalisa pengujian Tarik dan hardness sebelum proses annealing dan sesudah proses annealing dan mengevaluasi variasi yang terjadi pada hasil pengujian. Pengujian dilaksanakan di laboratorium mekanika kekuatan material program studi teknik mesin fakultas teknik universitas muhammadiyah sumatera utara. Dengan hasil pengujian dari 4 spesimen pengujian Tarik dengan standar ASTM E8/E8M dan 5 spesimen pengujian hardness dengan standar ASTM E18 pengambilan sampel 2 titik pada setiap spesimen. Dengan rata-rata hasil pengujian tarik sebelum proses annealing adalah 50,65kgf/mm<sup>2</sup> dan hasil rata-rata pengujian sesudah proses annealing adalah 31,45kgf/mm<sup>2</sup>. Sedangkan hasil rata-rata pengujian hardness sebelum proses annealing adalah 75,22 HRA dan hasil rata-rata pengujian hardness sesudah proses annealing adalah 67,63HRA.

Kata kunci: Uji Kekerasan, Uji Tarik, Baja ST37, Perlakuan Panas, Annealing.

## ABSTRACT

Iron and steel metals are most widely used as industrial materials which are the source of a lot, which is partly determined by their economic value, but most importantly because of their varying properties, namely these materials have various properties from the softest and easiest to manufacture and up to the most important. hard and can be made in any shape by means of casting. In the development, the demand for iron and steel metals is increasing in line with the development of the industrial world, especially for steel which has better properties than iron. The types of steel that are likely to be large can be divided according to their use into construction steels and cold and hot tool steels. The annealing process or softening of steel is a process of heating the steel with a temperature (500 ° C) then allowed to stand for a while until the temperature is evenly distributed, followed by cooling slowly while maintaining the same outer and inner temperatures so that the desired structure is obtained using media. air conditioner. To determine the annealing treatment of ST-37 steel against hardness and tensile strength, the authors analyzed the tensile and hardness tests before the annealing process and after the annealing process and evaluated the variations that occurred in the test results. The test was carried out in the material strength mechanics laboratory of the mechanical engineering study program, Faculty of Engineering, Muhammadiyah University of North Sumatra. With the test results of 4 Tensile test specimens with ASTM E8 / E8M standards and 5 hardness test specimens with ASTM E18 standards 2 point sampling on each specimen. With the average tensile test results before the annealing process is 50.65 kgf / mm<sup>2</sup> and the average test results after the annealing process is 31.45 kgf / mm<sup>2</sup>. While the average result of hardness testing before the annealing process was 75.22 HRA and the average result of hardness testing after the annealing process was 67.63HRA.

Keywords: Hardness Test, Tensile Test, ST37 Steel, Heat Treatment, Annealing.

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN</b>	<b>ii</b>
<b>SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRAK</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>v</b>
<b>KATA PENGHANTAR</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR NOTASI</b>	<b>xii</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1 Latar belakang	1
1.2 Rumusan masalah	2
1.3 Ruang lingkup	2
1.4 Tujuan penelitian	2
1.5 Manfaat penelitian	3
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA</b>	<b>4</b>
2.1 Heat Treatment (Perlakuan Panas)	4
2.2 Jenis-jenis Heat Treatment	5
2.3 Tungku perlakuan panas ( <i>Heat Treatment Furnace</i> )	8
2.4 Pengelompokan dan Standarisasi Baja	15
2.4.1. Pengelompokan Baja	15
2.4.2. Standarisasi Baja	17
2.5 Mesin-mesin pengujian	19
2,5.1. Mesin Pengujian Tarik	19
2.5.2. Mesin uji hardness	22
<b>BAB 3 METODE PENELITIAN</b>	<b>25</b>
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian	25
3.1.1. Tempat	25
3.1.2. Waktu Penelitian	25
3.2. Bahan Dan Alat	26
3.2.1. Bahan	26
3.2.2. Alat	28
3.3. Langkah –langkah pengujian besi baja ST 37	31
3.4. Diagram alir Pengujian	33
<b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	<b>34</b>
4.1. Hasil data uji Tarik dan uji Hardness	34
4.2. Analisa data pengujian tarik	34
4.2.1. Analisa data pengujian tarik spesimen baja st 37 sebelum proses unil	34

4.2.2. Analisa data uji tarik spesimen baja st 37 sesudah proses unil	38
4.3. Pembahasan hasil pengujian tarik spesimen baja st 37	42
4.3.1. Speimen pengujian tari sebelum proses anil	42
4.3.2. Spesimen pengujian tarik sesudah proses unil	48
4.4. Analisa data pengujian hardness	54
4.4.1. Hasil pengujian dari spesimen sebelum proses unil	54
4.4.2. Hasil pengujian dari spesimen sesudah proses unil	56
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN</b>	<b>59</b>
5.1. Kesimpulan	59
5.2. Saran	59
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	
<b>LEMBAR ASISTENSI</b>	
<b>DAFTAR RIWAYAT HIDUP</b>	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Tungku Perlakuan Panas ( <i>Heat Treatment Furnace</i> )	8
Gambar 2.2	Kawat kanthal	8
Gambar 2.3	Termokopel ( <i>Thermocouple</i> )	11
Gambar 2.4	Kontruksi Prinsip Kerja Termokopel	11
Gambar 2.5	Jenis – Jenis Termokopel ( <i>Thermocouple</i> ).	12
Gambar 2.6	Termokopel ( <i>Thermocouple</i> ) Type K.	13
Gambar 2.7	Keramik Fiber	14
Gambar 2.8	Mesin Pengujian Tarik	18
Gambar 2.9	Spesimen Uji Tarik (ASTM E8/E8M – 13a)	19
Gambar 2.10	Baja ST 37	20
Gambar 3.1	Spesimen baja st 37 sebelum di bubut	20
Gambar 3.2	Spesimen baja st 37 setelah di bubut dan di ulir	24
Gambar 3.3	Spesimen baja st 37 sebelum di potong	25
Gambar 3.4	Spesimen baja st 37 bahan pengujian hardness	25
Gambar 3.5	Mesin uji tarik	26
Gambar 3.6	Mesin Uji Hardness	27
Gambar 3.7	Tungku heat treatment	28
Gambar 3.8	Diagram Alir Pengujian Tungku <i>Heat Treatment</i>	31
Gambar 4.1	Spesimen pengujian tarik sebelum proses unil	41
Gambar 4.2	Grafik uji tarik spesimen 1 baja st 37	42
Gambar 4.3	Grafik uji tarik spesimen 2 baja st 37	43
Gambar 4.4	Grafik uji tarik spesimen 3 baja st 37	44
Gambar 4.5	Grafik uji tarik spesimen 4 baja st 37	45
Gambar 4.6	Spesimen uji tarik sesudah proses unil	46
Gambar 4.7	Grafik uji tarik spesimen 1 baja st 37	47
Gambar 4.8	Grafik uji tarik spesimen 2 baja st 37	48
Gambar 4.9	Grafik uji tarik spesimen 3 baja st 37	49
Gambar 4.10	Grafik uji tarik spesimen 4 baja st 37	50
Gambar 4.11	Grafik hasil pengujian tarik sebelum dan sesudah proses anil	51
Gambar 4.12	Spesimen pengujian hardnes sebelum proses anil	52
Gambar 4.13	Grafik hasil pengujian hardness Rockwell sebelum proses anil	55
Gambar 4.14	Spesimen pengujian hardnes sesudah proses anil	56
Gambar 4.15	Grafik hasil pengujian hardness Rockwell sesudah proses anil	57
Gambar 4.16	Grafik rata-rata pengujian hardness sebelum dan sesudah proses anil	58



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Perbedaan Temperatur Kawat Kanthal ( Hallstahammar, 2013) Timeline Kegiatan	9
Tabel 3.1	Hasil pengujian hardness sebelum proses anil	23
Tabel 4.1	Pengujian haedness test sesudah proses unil	51

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Logam besi dan baja paling banyak dipakai sebagai bahan industri, dimana sebagian ditentukan oleh nilai ekonomisnya, tetapi yang paling penting karena sifat-sifatnya yang bervariasi, maka bahan tersebut mempunyai berbagai sifat dari yang paling lunak dan mudah dibuat sampai yang paling keras dan dapat dibuat apa saja dengan bentuk apapun dengan cara pengecoran.

Dalam perkembangannya kebutuhan logam besi dan baja semakin meningkat sejalan dengan berkembangnya dunia industri khususnya untuk baja yang mempunyai kelebihan-kelebihan sifat yang lebih baik dari pada besi. Jenis baja yang jumlah kemungkinannya banyak itu dapat dibagi menurut penggunaannya menjadi baja konstruksi dan baja perkakas yang menurut tujuan penggunaannya dibagi lagi menjadi baja perkakas dingin dan panas.

Meskipun sejumlah besar bahan tersedia, baja telah digunakan dalam berbagai aplikasi, untuk mendapatkan sifat yang berbeda sehingga umur pakainya dapat ditingkatkan maka dilakukan proses perlakuan panas. Baja ST37 yang setara dengan AISI (*The American Iron & Steel Institut*) dengan komposisi kimia 0,5% Carbon, 0,8% Mangan, dan 0,3% Silikon dengan kekerasan  $\pm 170$  HB dan kekuatan tarik 650-800 N/mm<sup>2</sup>. Adalah salah satu baja yang dihasilkan untuk pembuatan berbagai komponen permesinan. Untuk memperbaiki sifat-sifat mekanis pada baja ST37 maka diberlakukan proses perlakuan panas (*annealing*). Melalui perlakuan panas sifat-sifat yang kurang menguntungkan pada logam dapat di perbaiki. Tujuan pengerjaan panas (*annealing*) adalah untuk memberi sifat yang di inginkan dan untuk mengetahui struktur bahan akibat perlakuan panas (*annealing*) pada baja ST37 tersebut.

Dalam proses *annealing* baja ST37 terhadap kekerasan dan kekuatan tarik baja ST37 menerima perpindahan panas pada proses pemanasan dalam tungku *heat treatmen*. Hal yang perlu diperhatikan pada hasil pemanasan pada baja ST37 adalah perbedaan suhu logam induk dan daerah tungku *heat treatmen*. Perlakuan *annealing* pada tungku *heat treatmen* terjadi karena pemanasan pada suhu yang sesuai diikuti

dengan pendinginan pada kecepatan yang sesuai. Hal ini bertujuan untuk menginduksi kelunakan, memperbaiki sifat-sifat pengerjaan dingin dan membebaskan tegangan-tegangan pada baja sehingga diperoleh struktur yang dikehendaki. Oleh karena itu hal ini sangat menarik untuk diteliti dan dipelajari sehingga kita akan mengetahui pengaruh *temperature annealing* pada baja ST37 dengan waktu yang telah ditentukan oleh penulis dan dengan laju pendinginan secara perlahan. Dalam penelitian ini penulis mengambil bahan baja ST37 sebagai bahan uji pada tungku *heat treatment*.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas dapat dirumuskan permasalahan yang akan diselesaikan dalam penelitian ini adalah **“Bagaimana pengaruh *annealing* baja ST37 terhadap kekerasan dan kekuatan tarik”**.

## 1.3 Ruang Lingkup

Adapun ruang lingkup dari penelitian ini adalah sebagai berikut;

1. Jenis baja yang digunakan pada penelitian ini adalah jenis baja ST 37 yang telah melalui proses *annealing* dengan tungku *heat treatment*
2. Pengujian dilakukan dengan menggunakan pengujian Hardness dan uji Tarik
3. Standart pengujian yang di gunakan pada pengujian Hardness (ASTM E18) dan pengujian Tarik (ASTM E8/E8M).

## 1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah

1. Untuk mengetahui perlakuan *annealing* baja ST37 terhadap kekerasan dan kekuatan tarik.
2. Untuk menganalisa pengujian tarik pada baja ST37 sebelum dan sesudah perlakuan *annealing*.
3. Untuk menganalisa pengujian hardness (kekerasan) Baja ST37 sebelum dan sesudah perlakuan *annealing*.

4. Untuk mengevaluasi variasi yang terjadi pada hasil pengujian *annealing* baja ST37 terhadap kekerasan dan kekuatan tarik.

#### 1.5 Manfaat Penulisan

1. Mengetahui proses yang terjadi pada perlakuan annealing baja ST 37
2. Dapat mengetahui proses yang terjadi pada perlakuan annealing terhadap kekerasan dan kekuatan tarik pada spesimen sebelum dan sesudah proses annealing
3. Dapat mengetahui hasil perbedaan dari spesimen sebelum proses annealing dan sesudah proses annealing.

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

Dalam penulisan skripsi ini penulis menggali informasi dari penelitian – penelitian sebelumnya sebagai bahan perbandingan, baik mengenai kekurangan atau kelebihan yang sudah ada. Selain itu, peneliti juga menggali informasi dari jurnal – jurnal maupun skripsi yang sudah ada sebelumnya tentang teori yang berkaitan dengan judul sebagai landasan teori ilmiah.

#### 2.1. Heat Treatment

Heat Treatment (perlakuan panas) adalah salah satu proses untuk mengubah struktur logam dengan cara memanaskan spesimen pada elektrik terance (tungku) pada temperature rekristalisasi selama periode waktu tertentu kemudian didinginkan pada media pendingin seperti udara, air, air garam, oli dan solar yang masing-masing mempunyai kerapatan pendinginan yang berbeda-beda.

Sifat-sifat logam yang terutama sifat mekanik yang sangat dipengaruhi oleh struktur mikrologam disamping posisi kimianya, contohnya suatu logam atau paduan akan mempunyai sifat mekanis yang berbeda-beda struktur mikronya diubah. Dengan adanya pemanasan atau pendinginan degnan kecepatan tertentu maka bahan-bahan logam dan paduan memperlihatkan perubahan strukturnya.

Perlakuan panas adalah proses kombinasi antara proses pemanasan aatu pendinginan dari suatu logam atau paduannya dalam keadaan padat untuk mendapatkan sifat-sifat tertentu. Untuk mendapatkan hal ini maka kecepatan pendinginan dan batas temperature sangat menentukan. Pada pengujian perlakuan panas ini penguji menggunakan tungku perlakuan panas (*Heat Treatment*).

## 2.2. Jenis-jenis Heat Treatment

### a. Quenching (pengerasan)

Proses quenching atau pengerasan baja adalah suatu proses pemanasan logam sehingga mencapai batas austenit yang homogen. Untuk mendapatkan kehomogenan ini maka austenit perlu waktu pemanasan yang cukup. Selanjutnya secara cepat baja tersebut dicelupkan ke dalam media pendingin, tergantung pada kecepatan pendingin yang kita inginkan untuk mencapai kekerasan baja.

Pada waktu pendinginan yang cepat pada fase austenit tidak sempat berubah menjadi ferit atau perlit karena tidak ada kesempatan bagi atom-atom karbon yang telah larut dalam austenit untuk mengadakan pergerakan difusi dan bentuk sementit oleh karena itu terjadi fase yang mertsinit, imi berupa fase yang sangat keras dan bergantung pada keadaan karbon.

### b. Annealing

Yang dimaksud dengan Annealing adalah sebuah proses perlakuan panas yang digunakan untuk meniadakan pengaruh dari *cold work* (Hesti Istiqlaliyah 2016), dan juga berfungsi untuk membuat material menjadi lebih lunak dan meningkatkan ductility. Secara umum, proses annealing dibagi menjadi 3 tahap, antara lain.

1. Pemanasan (peningkatan temperatur) hingga temperatur yang diinginkan
2. Penahanan pada temperatur tersebut (Holding Process)
3. Pendinginan (Penurunan temperatur) biasanya menuju temperatur ruang.

Perlu diketahui bahwa selama pemanasan dibawah temperature kritis garis A1 maka belum terjadi perubahan struktur mikro. Perubahan baru mulai terjadi bila temperature pemanasan mencapai garis atau temperature A1 (butir-butir Kristal pearlite bertransformasi menjadi austenite yang halus). Pada baja hypoeutectoid bila pemanasan dilanjutkan ke temperature yang lebih tinggi maka butir kristalnya mulai bertransformasi menjadi sejumlah Kristal austenite yang halus, sedang butir Kristal austenite yang sudah ada (yang berasal dari pearlite) hampir tidak tumbuh. Perubahan ini selesai setelah menyentuh garis A3 (temperature kritis A3). Pada

temperature ini butir kristal austenite masih halus sekali dan tidak homogen. Dengan menaikkan temperature sedikit diatas temperature kritis A3 (garis A3) dan memberI waktu penahanan (*holding time*) seperlunya maka akan diperoleh austenite yang lebih homogen dengan butiran kristal yang juga masih halus sehingga bila nantinya didinginkan dengan lambat akan menghasilkan butir-butir Kristal ferrite dan pearlite yang halus.

Baja yang dalam proses pengerjaannya mengalami pemanasan sampai temperature yang terlalu tinggi ataupun waktu tahan (*holding time*) terlalu lama biasanya butiran kristal austenitenya akan terlalu kasar dan bila didinginkan dengan lambat akan menghasilkan ferrit atau pearlite yang kasar sehingga sifat mekaniknya juga kurang baik (akan lebih getas). Untuk baja *hypereutectoid*, *annealing* merupakan persiapan untuk proses selanjutnya dan tidak merupakan proses akhir.

- Spheroidizing: Merupakan process perlakuan panas untuk menghasilkan struktur *carbida* berbentuk bulat (*spheroid*) pada matriks *ferrite*.

Pada proses *Spheroidizing* ini akan memperbaiki *machinibility* pada baja paduan kadar Carbon tinggi. Secara sederhana dapat dijelaskan sebagai berikut : bahwa baja *hypereutectoid* yang dianneal itu mempunyai struktur yang terdiri dari pearlite yang terbungkus oleh jaringan *cemented*.

Adanya jaringan *cemented*(*cemented network*) ini meyebabkan baja (*hypereutectoid*) ini mempunyai *machinibility* rendah. Untuk memperbaikinya maka *cemented network* tersebut harus dihancurkan dengan proses *spheroidizing*. *Spheroidizing* ini dilaksanakan dengan melakukan pemanasan sampai disekitar temperature kritis A1 ( $\sim 723^{\circ}\text{C}$ ) bawah atau sedikit dibawahnya dan dibiarkan pada temperature tersebut dalam waktu yang lama (sekitar 24 jam) baru kemudian didinginkan. Karena berada pada temperature yang tinggi dalam waktu yang lama maka *cemented* yang tadinya berbentuk plat atau lempengan itu akan hancur menjadi bola-bola kecil (*sphere*) yang disebut dengan *spheroidite* yang tersebar dalam matriks ferrite.

- Stress-relief annealing: Merupakan proses perlakuan panas s/d dibawah temperatur kritis  $550\text{-}650^{\circ}\text{C}$  baja karbon dan paduan rendah,  $600\text{-}750^{\circ}\text{C}$  baja

perkakas. Bertujuan untuk menghilangkan tegangan sisa akibat proses sebelumnya. Perlu diingat bahwa baja dengan kandungan karbon dibawah 0,3% C itu tidak bisa dikeraskan dengan membuat struktur mikronya berupa martensite.

cara agar kekerasannya meningkat tetapi struktur mikronya tidak martensite dapat dilakukan dengan pengerjaan dingin (cold working) tetapi perlu diingat bahwa efek dari cold working ini akan timbul yang namanya tegangan dalam atau tegangan sisa dan untuk menghilangkan tegangan sisa ini perlu dilakukan proses Stress relief Annealing.

- Recrystallisation annealing: Pemanasan s/d temperatur 600 °C dibawah temperatur kritis. Bertujuan untuk membentuk butir poligon yang bebas tegangan dan mempunyai keuletan serta sifat konduktivitas baik. Dilakukan pada baja setelah deformasi pengerjaan dingin.
- Quench annealing: Dilakukan pada baja jenis austenitk yang di homogenising atau recrystallisation annealing dimana diikuti oleh pendinginan cepat untuk menghindari terbentuknya endapan karbida terutama pada batas butir.

Dalam pengerjaan dingin maka akan terjadi perubahan sifat fisik maupun mekanik. Perubahan sifat mekanik misalnya peningkatan kekerasan, tegangan sisa dan kekuatan tarik/luluh dan penurunan elastisitas akibat pengerjaan dingin. Untuk itu logam perlu dipulihkan ke kondisi awal guna mendapatkan sifat mekanik yang diinginkan dengan cara annealing.

Tujuan proses *annealing*:

- ❖ Meningkatkan kekerasan dan kerapuhan
- ❖ Merekristalisasi kembali logam yang dikerjakan secara dingin
- ❖ Menghilangkan tegangan dalam / sisa yang disebabkan oleh proses sebelumnya.
- ❖ Meningkatkan keuletan dan ketangguhan
- ❖ Memperbaiki butir-butir logam.



c. Normalizing

Normalizing adalah suatu proses pemanasan logam hingga mencapai fase austenit yang kemudian didinginkan secara perlahan-lahan dalam media pendingin udara. Hasil pendingin ini berupa perlit dan ferit namun hasilnya jauh lebih mulus dari annealing. Prinsip dari proses normalizing adalah untuk melunakkan logam. Namun pada baja karbon tinggi atau baja paduan tertentu dengan proses ini belum tentu memperoleh baja yang lunak. Mungkin berupa pengerasan dan ini tergantung dari kadar karbon.

d. Tempering

Proses tempering adalah pemanasan baja sampai temperature sedikit di bawah temperature kritis, kemudian didiamkan dalam tungku dan suhunya dipertahankan sampai merata selama 15 menit. Selanjutnya didinginkan dalam media pendingin. Jika kekerasan turun, maka kekuatan tarik turun pula. Dalam hal ini keuletan dan ketangguhan baja akan meningkat. Meskipun proses ini akan menghasilkan baja yang lebih lemah. Proses ini berbeda dengan annealing karena dengan proses ini belum tentu memperoleh baja yang lunak, mungkin berupa pengerasan dan ini tergantung oleh kadar karbon.

### 2.3. Tungku perlakuan panas (*Heat Treatment Furnace*)

Tungku *heat treatment* adalah tungku perlakuan panas yang digunakan untuk memanaskan logam dimana logam jadi dapat dipanaskan ulang untuk memperbaiki kemampuan mekanisnya. Tungku *heat treatment* ini hanya mampu memanaskan logam saja dengan menggunakan sistem kerja arus listrik dialirkan pada kawat kanthal dan menghasilkan panas kemudian dari panas yang dihasilkan kawat kanthal melakukan proses perpindahan panas pada logam yang dimasukkan kedalam tungku *heat treatment* tersebut. Suhu yang dihasilkan tungku ini rata - rata mencapai 300° – 1200°C.

Prinsip kerja tungku *heat treatment* adalah *transformator* yang menggunakan kumparan primer dialiri arus AC dari sumber tenaga dan kumparan sekunder. Kumparan sekunder yang diletakkan didalam medan magnet kumparan primer akan

menghasilkan arus induksi. Arus induksi tersebut berubah menjadi panas dengan media kawat kanthal untuk memanaskan logam.



Gambar 2.1 Tungku Perlakuan Panas (*Heat Treatment Furnace*)

### 2.3.1 Kawat Kanthal

Kawat kanthal adalah salah satu jenis kawat resistansi tinggi yang terbuat dari bahan besi, kromium, dan aluminium feritik yang memungkinkan untuk digunakan sebagai penghantar panas pada suhu temperatur yang sangat tinggi tanpa mengalami korosi resistansi. Kawat kanthal ini biasanya digunakan pada industri – industri skala besar khususnya pada komponen pemanas tungku peleburan atau tungku perlakuan panas. Kawat kanthal mampu menahan panas sampai  $1400^{\circ}\text{C}$  sebelum akhirnya meleleh ditemperatur  $1500^{\circ}\text{C}$ .



Gambar 2.2 Kawat kanthal

Ada beberapa tipe kawat kanthal yaitu:

1. Kanthal AF
2. Kanthal A
3. Khantal AE
4. Kanthal D

Berikut tabel perbedaan temperatur suhu berdasarkan diameter dan tipe kawat kanthal:

Tabel 2.1 Perbedaan Temperatur Kawat Kanthal (Hallstahammar, 2013).

Tipe kawat kanthal	Diameter kawat ,mm( <i>in</i> ) :			
	0,15-0,4 (0,0059-0,0157) <sup>0</sup> C <sup>0</sup> F	0,41-0,95 (0,0061- 0,0374) <sup>0</sup> C <sup>0</sup> F	1,0-3,0 (0,039- 0,118) <sup>0</sup> C <sup>0</sup> F	>3,0 (0,11 8) <sup>0</sup> C <sup>0</sup> F
KANTHAL AF	900-1100 1650-2010	1100-1225 2010-2240	1225-1275 2240-2330	1300 2370
KANTHAL A	925-1050 1700-1920	1050-1175 1920-2150	1175-1250 2150-2300	1350 2460
KANTHAL AE	950-1150 1740-2100	1150-1225 2100-2240	1225-1250 2240-2300	1300 2370
KANTHAL D	925-1025 1700-1830	1025-1100 1880-2010	1100-1200 2010-2190	1300 2370

Untuk menentukan resistansi, area penampang konduktor, tahanan kawat, panjang kawat, daya, dan kuat arus elemen pemanas harus menggunakan persamaan (Hallstahammar, 2013) sebagai berikut:

- Resistansi kawat kanthal

$$R = \frac{U^2}{P} \quad (2.1)$$

- Area penampang konduktor kawat kanthal

$$q = \frac{\pi}{4}(d)^2 \quad (2.2)$$

- Tahanan pada kawat kanthal

$$R_{20} = \rho \frac{L}{q} \quad (2.3)$$

$$R_{20} = \frac{R_T}{C_T} \quad (2.4)$$

$$R_T = C_T \times R_{20} \quad (2.5)$$

- Panjang kawat kanthal yang dibutuhkan

$$L = \frac{R_{20} \times q}{\rho} \quad (2.6)$$

- Menghitung daya

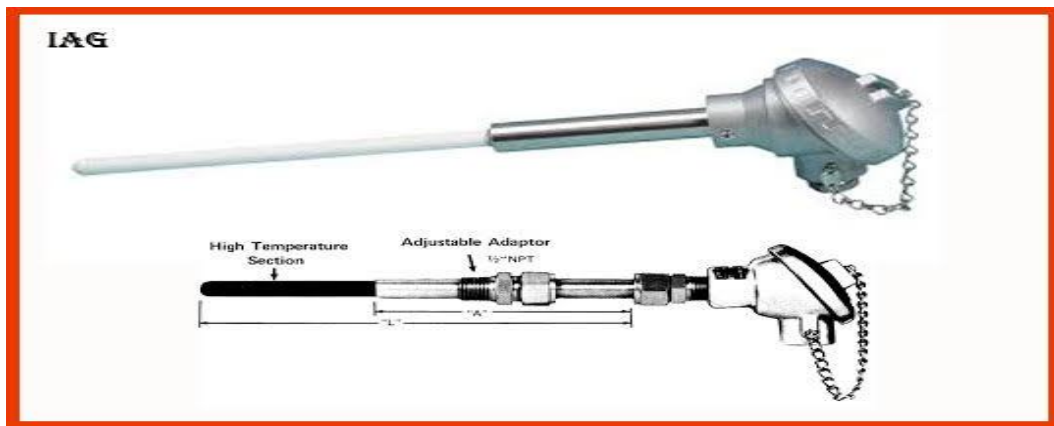
$$P = \frac{U^2}{R} \quad (2.7)$$

- Kuat arus

$$I = \frac{P}{U} \quad (2.8)$$

### 2.3.2. Termokopel (*Thermocouple*)

Termokopel (*thermocouple*) adalah jenis sensor suhu yang digunakan untuk mendeteksi atau mengukur suhu melalui dua jenis logam konduktor berbeda yang digabung pada ujungnya sehingga menimbulkan efek “*thermo-electric*”. Efek *thermo-electric* pada termokopel ini ditemukan oleh seorang fisikawan Estonia bernama *thomasjohann seebeck* pada tahun 1822, dimana sebuah logam konduktor yang diberi perbedaan panas secara gradient akan menghasilkan tegangan listrik.



Gambar 2.3 Termokopel (*Thermocouple*)

Prinsip kerja termokopel (*thermocouple*) adalah menggabungkan dua kawat logam konduktor yang berbeda jenis dan digabungkan ujungnya. Satu jenis logam konduktor yang terdapat pada termokopel akan berfungsi sebagai referensi dengan suhu konstan sedangkan yang satunya lagi sebagai logam konduktor yang mendeteksi suhu panas (Ardhi Kamal Haq, 2017).

#### Termokopel (Thermocouple)



Gambar 2.4 Kontruksi Prinsip Kerja Termokopel

(<http://teknikelektronika.com/pengertian-termocouple-dan-prinsip-kerjanya/>)

### 2.3.3. Jenis-jenis Termokopel (*Thermocouple*)

Termokopel tersedia dalam berbagai ragam rentang suhu dan jenis bahan. Pada dasarnya, gabungan jenis-jenis logam konduktor yang berbeda akan menghasilkan rentang suhu operasional yang berbeda pula. Berikut ini adalah Jenis-jenis atau tipe Termokopel yang umum digunakan berdasarkan Standar Internasional. Jenis-jenis Termokopel (*Thermocouple*).



Gambar 2.5 Jenis – Jenis Termokopel (*Thermocouple*).

#### 1. Termokopel Tipe E

Bahan Logam Konduktor Positif: Nickel-Chromium

Bahan Logam Konduktor Negatif: Constantan

Rentang Suhu:  $-200^{\circ}\text{C} - 900^{\circ}\text{C}$ .

#### 2. Termokopel Tipe J

Bahan Logam Konduktor Positif: Iron (Besi)

Bahan Logam Konduktor Negatif: Constantan

Rentang Suhu:  $0^{\circ}\text{C} - 750^{\circ}\text{C}$ .

#### 3. Termokopel Tipe K

Bahan Logam Konduktor Positif: Nickel-Chromium

Bahan Logam Konduktor Negatif: Nickel-Aluminium

Rentang Suhu:  $-200^{\circ}\text{C} - 1250^{\circ}\text{C}$ .

#### 4. Termokopel Tipe N

Bahan Logam Konduktor Positif: Nicrosil

Bahan Logam Konduktor Negatif: Nisil

Rentang Suhu:  $0^{\circ}\text{C} - 1250^{\circ}\text{C}$ .

#### 5. Termokopel Tipe T

Bahan Logam Konduktor Positif: Copper (Tembaga)

Bahan Logam Konduktor Negatif: Constantan

Rentang Suhu:  $-200^{\circ}\text{C} - 350^{\circ}\text{C}$ .

#### 6. Termokopel Tipe U (kompensasi Tipe S dan Tipe R)

Bahan Logam Konduktor Positif: Copper (Tembaga)

Bahan Logam Konduktor Negatif: Copper-Nickel

Rentang Suhu:  $0^{\circ}\text{C} - 1450^{\circ}\text{C}$ .

Pada perancangan tungku *heat treatment* ini menggunakan *thermocouple* tipe K yang berbahan *Nickel-Chromium* sebagai konduktor positif dan *Nickel-Aluminium* sebagai konduktor negatif serta targetan suhu yang ingin dicapai adalah  $800^{\circ}\text{C}$ .



Gambar 2.6 Termokopel (*Thermocouple*) Tipe K.

#### 2.3.4. Keramik Fiber

Keramik fiber adalah bahan komposit berbentuk serat yang terbuat dari aluminosilikat. Material ini juga ringan, mudah dibentuk/ *flexible*, dan nilai konduktivitas termal yang sangat kecil. Material ini juga mempunyai daya tahan tinggi terhadap sengatan panas, penyimpanan panas yang rendah dan penyerap suara yang sangat baik. Keramik fiber ini memiliki sifat yang tidak mudah terbakar dan tahanan suhunya mencapai 1300°C.



Gambar 2.7 Keramik Fiber

#### 2.4. Pengelompokan dan Standarisasi Baja

##### 2.4.1. Pengelompokan Baja

##### 1. Baja Karbon

Baja Karbon adalah paduan besi karbon di mana unsure karbon sangat menentukan sifat-sifatnya, sedang unsur-unsur paduan lainnya yang biasa terkandung di dalamnya terjadi karena proses pembuatannya. Sifat baja karbon biasa ditentukan oleh persentase karbon dan mikrostruktur.

a. Baja karbon rendah Baja karbon rendah (low carbon steel) mengandung karbon dalam campuran baja karbon kurang dari 0,3 %. Baja karbon rendah tidak dapat dikeraskan karena kandungan karbonnya tidak cukup untuk membentuk struktur martensit.

b. Baja karbon menengah Baja karbon sedang mengandung karbon 0,3%C–0,6%C (medium carbon steel) dan dengan kandungan karbonnya memungkinkan



baja untuk dikeraskan sebagian dengan perlakuan panas (heat treatment) yang sesuai. Baja karbon sedang lebih keras serta lebih kuat dibandingkan dengan baja karbon rendah (Amanto, 1999).

c. Baja karbon tinggi Baja karbon tinggi mengandung 0,6% C– 1,5% C dan memiliki kekerasan tinggi namun keuletannya lebih rendah, hampir tidak dapat diketahui jarak tegangan lumernya terhadap tegangan proporsional pada grafik tegangan regangan. Berkebalikan dengan baja karbon rendah, pengerasan dengan perlakuan panas pada baja karbon tinggi tidak memberikan hasil yang optimal dikarenakan terlalu banyaknya martensit sehingga membuat baja menjadi getas.

## 2. Baja Paduan

Baja paduan adalah baja yang mengandung sebuah unsur lain atau lebih dengan kadar yang berlebih daripada karbon biasanya dalam baja karbon.

Menurut kadar unsur paduan, baja paduan dapat dibagi ke dalam dua golongan yaitu baja paduan rendah dan baja paduan tinggi. Baja rendah unsur paduannya di bawah 10% sedangkan baja paduan tinggi di atas 10%.

## 3. Baja Khusus

Baja khusus mempunyai unsur-unsur paduan yang tinggi karena pemakaian-pemakaian yang khusus. Baja khusus yaitu baja tahan karat, baja tahan panas, baja perkakas, baja listrik.

Unsur utama dari baja tahan karat adalah Khrom sebagai unsure terpenting untuk memperoleh sifat tahan terhadap korosi. Baja tahan karat ada tiga macam menurut strukturnya yaitu baja tahan karat feritis, baja tahan karat martensitas dan austenitis.

Baja tahan panas, tahan terhadap korosi. Baja ini harus tahan korosi pada suhu lingkungan lebih tinggi atau oksidasi.

Baja perkakas adalah baja yang dibuat tidak berukuran besar tetapi memegang peranan dalam industri-industri. Unsure-unsur paduan dalam karbitnya diperlukan untuk memperoleh sifat-sifat tersebut dan kuat pada temperature tinggi.

#### 4. Baja ST 37

Deutsche Industrie Normen (DIN) 17-100 mengatur jenis baja karbon untuk keperluan pembuatan komponen mesin yang distandarkan menurut kekuatan ias. Baja ST 37 mempunyai kekuatan ias 37-45 Kg/mm<sup>2</sup> dan kadar karbonnya 0,16 %. Baja ST37 yang juga setara dengan AISI 1045 dengan komposisi kimia 0,5% Karbon, 0,8% Mangan, 0,3% Silikon dan unsur lainnya.

Makna Baja ST37 Makna dari St37 :

- ST memiliki makna baja (dalam bahasa Jerman: *stahl*; dalam bahasa Inggris: *steel*).
- 37 memiliki makna kekuatan tarik sebesar 37 kg/mm<sup>2</sup> atau sekitar 360-370 N/mm<sup>2</sup>.

Sehingga St menunjukkan baja struktural, sedangkan dua digit di belakang menunjukkan kekuatan tarik dalam kg/mm<sup>2</sup>. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa ST37 merupakan baja struktural dengan kekuatan tarik sebesar 37 kg/mm<sup>2</sup> (Dioalsius 2015).

Pada pengujian ini penulis menggunakan spesimen uji baja ST 37 karena baja ST-37 merupakan jenis baja karbon rendah yang banyak digunakan untuk berbagai peralatan, mulai peralatan rumah tangga sampai pada kebutuhan pabrik dan industri. Oleh karena itu penulis menggunakan baja ST-37 sebagai spesimen yang akan di uji pada pengujian annealing.

#### 2.4.2. Standarisasi Baja

##### 1. Amerika Serikat

###### a. ASTM ( American Society for Testing Materials )

- Strogen Steel (H<sub>3</sub> 9M-94)
- High Strength Low alloy Structure Steel (H<sub>2</sub> 42M-93a)
- Low and Intermediate tensile Strength carbon silicon, steel plate for machine pane and general construction (A 284M-38)
- High Steel Strength. Quenhead and Temporal alloy steel plate euatable for andirum (A 514-94m)
- Structural Steel mide 290 Mpa minimum Yield point (BMM) maximum

- High Strength Low alloy aluminium vanadium steel of structural quality (43,72m-94a)
- Structural carbon steel plate of improved longers (AS 37M-93a)
- High Strength Low alloy Structural Steel 345 Mpa minimum yield point 100 mm thickness (AS 88M-94a)
- Normalized high Strength Low alloy Structural Steel (A633-94a)
- Low carbonate hardening, nikel copper vanadium mangan, corombium and nikel copper columbion allow steel (A710M-94)
- Hot road stuktural steel high Strength Low alloy plate with improved in ability (A 610 M-93a)
- Quenhead and tempered carbon steel plates for structural aniration (A 678-94a)

b. AISI (Americal Iron and Steel Institute) and SAE (Society of Automotive Engineers)

Baja menurut standarisasi AISI dan SAE merupakan spesifikasi dengan loxx digunakan untuk paduan yang sangat minimal. Contoh baja AISI, SAE 1445, ini berarti kandungan karbonnya adalah 0,4% dengan paduan uranium (0,4%-1,4%)

c. Menurut UNS (United Numbering System)

Baja menurut standar UNS hampir sama dengan standar AISI dan SAE, hanya saja menggunakan huruf di depan ditambah lima digit untuk jenis tambahan lainnya misalnya baja AISI,SAE A 0,70% UNS menjadi G41070 di mana awalnya G untuk baja karbon paduan rendah.

2. Jepang (JIS= Japan Industrial Standar)

- Rolled Steel for general structural (G 3101-87)
- Rolled Steel for walled structural (G 3106-92)
- Hot Rolled Atmosphetle corrosion resisting steel (G 3128-87)
- Hot Yield Strength Steel plate for walled structural (G 3128-87)
- Superior atmosphere corrosion resistant steel (G 3215-87)

3. Standarisasi Jerman (DIN = Deutsche Industrie Norm.)
  - Steel for general structural purposes (17100-80)
  - Weldable fine grain steel (17102-83)
  
4. Standarisasi Perancis (NF)
  - Structural Steel (A 35-501-87)
  - Structural Steel Improved atmosphere protection distance (H 35-502-DA)

## 2.5. Mesin-mesin pengujian

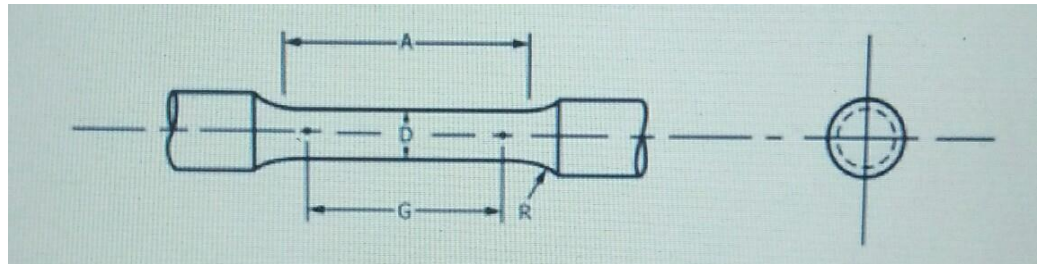
### 2.5.1. Mesin Pengujian Tarik

Salah satu hal yang bisa menyebabkan kegagalan pada elemen sebuah konstruksi mesin adalah beban yang bekerja pada elemen mesin besarnya melebihi kekuatan material. Kekuatan merupakan sifat yang dimiliki oleh setiap material. Kekuatan pada material dibagi menjadi dua bagian yaitu kekuatan tarik dan kekuatan mulur. Kekuatan material biasa diperoleh dari sebuah pengujian yang dikenal dengan nama uji tarik. Dari pengujian itu selain diperoleh *specimen* kerja yang putus karena proses penarikan, juga dihasilkan sebuah *kurva* uji tarik. *Kurva* ini merupakan gambaran dari proses pembebanan pada *specimen* kerja mulai dari awal penarikan hingga *specimen* kerja itu putus.



Gambar, 2.8 Mesin Uji Tarik (WEW 600B)

Salah satu sifat mekanik yang sangat penting dan dominan dalam suatu perancangan konstruksi dan proses manufaktur adalah kekuatan tarik. Kekuatan tarik suatu bahan di dapat dari hasil uji tarik *tensile test* yang dilaksanakan berdasarkan standart pengujian yang telah baku seperti ASTM E8/E8M-13a dapat dilihat pada gambar 2.9.



Gambar 2.9. Spesimen Uji Tarik (ASTM E8/E8M – 13a)

Gaya atau beban yang digunakan untuk menarik suatu spesimen hingga putus disebut gaya maksimum. Jika beban maksimum ini dibagi dengan penampang asal. Maka akan diperoleh kekuatan Tarik material persatuan luas.

#### 1. Tegangan dan regangan

Agar hasil berbagai percobaan dapat dibandingkan, kita harus menentukan bukan gaya tetapi tegangan dan bukan perpanjangan tetapi tegangan. Dengan tegangan kita artikan gaya tiap satuan luas. Untuk menghitung regangan kita harus membagi gaya dengan luas penampang.

$$\text{Tegangan} = \frac{\text{gaya}}{\text{Luas penampang semula}} \quad \text{atau} \quad \sigma = \frac{F}{A_0}$$

Dengan regangan dapat di artikan perpanjangan tiap satuan panjang. Yang di ucapkann atau tidak dalam persen. Untuk menghitung regangan, perpanjangan harus dibagi dengan ukuran panjang batang yang semula dan angka ini dikalikan atau tidak dengan 100%.

$$\text{Regangan} = \frac{\text{perpanjangan}}{\text{panjang semula}} \times 100\% \quad \text{atau} \quad \varepsilon = \frac{L - L_0}{L_0} \times 100\%$$

## 2. Modulus kenyal

Besarnya sudut  $\alpha$  adalah ukuran untuk kekenyalan. Kekenyalan ini dinyatakan dalam modulus kenyal  $\epsilon$ , yang sama dengan  $\tan \alpha$  dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$E = \tan \alpha = \frac{\sigma}{\epsilon} \quad (2.9)$$

Dalam hal ini  $\epsilon$  adalah perpanjangan tiap satuan panjang tidak dinyatakan dalam persen.

## 3. Kekuatan tarik dan kekuatan putus

Tegangan tertinggi pada percobaan disebut kekuatan tarik  $\sigma_B$  (R m)<sup>1</sup> dapat dihitung dari gaya terbesar pada percobaan dibagi dengan luas penampang batang semula, dengan rumus sebagai berikut:

$$\sigma_B = \frac{F_B}{A_0} \quad (2.10)$$

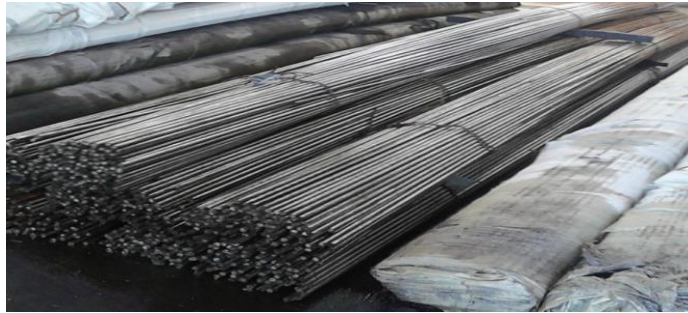
Menghitung kekuatan putus dengan membagi gaya pada saat putus dengan luas penampang batang terkecil setelah putus dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\sigma_F = \frac{F_F}{A_U} \quad (2.11)$$

Indeks F dari kata Fin = Akhir.

### a. Spesimen Uji Tarik

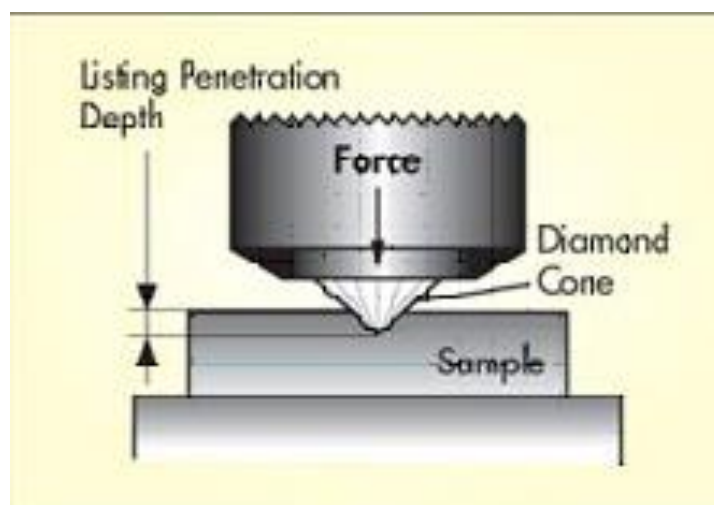
Spesimen uji tarik bentuk dan ukurannya sudah terstandar, dalam kasus-kasus tertentu diijinkan memakai bentuk dan ukuran *specimen* uji tidak *standar*. Bentuk dan ukuran *specimen* uji terstandar disebut juga *specimen* uji *proporsional*, dan yang tidak terstandar disebut juga *specimen* uji *non proporsional*. Bentuk penampang *specimen* uji dapat berbentuk lingkaran atau bentuk segi empat.



Gambar 2.10. Baja ST 37

### 2.5.2. Mesin uji hardness

Mesin uji hardness adalah salah satu sifat mekanik (*Mechanical properties*) dari suatu material. Kekerasan suatu material harus diketahui khususnya untuk material yang dalam penggunaannya akan mengalami gesekan (*frictional force*) dan deformasi plastis. Deformasi plastis sendiri suatu keadaan dari suatu material ketika material tersebut diberikan gaya maka struktur mikro dari material tersebut sudah tidak bisa kembali ke bentuk asal artinya material tersebut tidak dapat kembali ke bentuknya semula. Lebih ringkasnya kekerasan didefinisikan sebagai kemampuan suatu material untuk menahan beban indentasi atau penetrasi (penekanan).



Gambar 2.11 Mesin Uji Hardness

Uji kekerasan adalah pengujian yang paling efektif untuk menguji kekerasan dari suatu material, karena dengan pengujian ini kita dapat dengan mudah mengetahui gambaran sifat mekanis suatu material. Meskipun pengukuran hanya dilakukan pada suatu titik, atau daerah tertentu saja, nilai kekerasan cukup valid untuk menyatakan kekuatan suatu material. Dengan melakukan uji keras, material dapat dengan mudah di golongkan sebagai material ulet atau getas.

Didunia teknik, umumnya pengujian kekerasan menggunakan 4 macam metode pengujian kekerasan, yakni:

1. Brinell ( HB / BHN )

Pengujian kekerasan dengan metode *brinell* bertujuan untuk menentukan kekerasan suatu material dalam bentuk daya tahan material terhadap bola baja (*identor*) yang ditekankan pada permukaan material uji tersebut (spesimen). Idealnya, pengujian *brinell* diperuntukan untuk material yang memiliki permukaan yang kasar dengan uji kekuatan berkisar 500-3000 kgf. *Identor* (Bola baja) biasanya telah dikeraskan dan diplating ataupun terbuat dari bahan karbida *tungsten*.

$$\text{Rumus: } HB = \frac{F}{A}$$

Tetapi dalam praktek kekerasan brinell langsung di baca dari tabel.

2. Rockwell ( HR / RHN )

Pengujian kekerasan dengan metode *rockwell* bertujuan menentukan kekerasan suatu material dalam bentuk daya tahan material terhadap indentor berupa bola baja ataupun kerucut intan yang ditekankan pada permukaan material uji tersebut.

Pada pengujian Rockwell menurut standart ASTM E18, identer yang digunakan merupakan baja yang di keraskan dan kerucut intan (brale). Baja indenter memiliki diameter 1/16, 1/8, 1/4, dan 1/2 inch (1,588; 3,175; 6,350; dan 12,70 mm). indenter kerucut intan digunakan pada bahan-bahan yang paling keras. (Teknikmesinmanufactur.blogspot)



Dibawah ini merupakan rumus yang digunakan untuk mencari besarnya kekerasan dengan metode *rockwell*.

$$\text{Rumus: } HR = E - e$$

### 3. Vickers ( HV/VHN )

Pengujian kekerasan dengan metode *vickers* bertujuan menentukan kekerasan suatu material dalam yaitu daya tahan material terhadap *indentor* intan yang cukup kecil dan mempunyai bentuk *geometri* berbentuk *pyramid*. Beban yang dikenakan juga jauh lebih kecil dibanding dengan pengujian *rockwell* dan *brinel* yaitu antara 1 sampai 1000 gram.

$$\text{Rumus: } HV = \frac{F}{A}$$

### 4. Micro Hardness ( Knoop Hardness )

Mikrohardness test tahu sering disebut dengan *knoop hardness testing* merupakan pengujian yang cocok untuk pengujian material yang nilai kekerasannya rendah. *Knoop* biasanya digunakan untuk mengukur material yang getas seperti keramik.

Disini penulis menggunakan metode *rockwell* (HR/RHN) untuk melakukan pengujian kekerasan pada baja ST 37 karena pada praktikum uji tarik juga digunakan metode ini, hanya saja pada prktikum uji tarik tidak melalui tahap pemanasan.

## BAB 3 METODE PENELITIAN

### 3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

#### 3.1.1. Tempat

Tempat pengujian dilaksanakan di Laboratorium Mekanika Kekuatan Material Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Jl. Kapten Muchtar Basri, No.3 Medan

#### 3.1.2. Waktu

Adapun waktu pelaksanaan pengujian dan penyusunan tugas sarjana ini dilaksanakan mulai 20 Maret 2019 sampai dinyatakan selesai. Bisa dilihat pada tabel 3.1 dan langkah – langkah pengujian yang dilakukan dibawah ini.

Tabel 3.1 Timeline Kegiatan

No	Kegiatan	Bulan/(Tahun 2019)							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	Pengajuan Judul	■							
2	Studi Literatur	■	■						
4	Pengujian		■	■	■				
5	Penulisan Laporan			■	■	■	■	■	■
6	Seminar/Sidang							■	■

### 3.2. Bahan dan Alat

#### 3.2.1. Bahan

##### 1. Bahan Uji Tarik

Adapun bahan/spesimen yang dipakai dalam pengujian ini adalah spesimen baja st 37 adapun bentuk spesimen uji atau spesimen baja st 37 sebelum di bubut terdapat pada gambar 3.1 sebagai berikut;



Gambar 3.1 spesimen baja st 37 sebelum di bubut

Adapun bentuk benda uji atau spesimen baja st 37 sesudah dibubut dan sesudah di buat ulir terdapat pada gambar 3.2 sebagai berikut;



Gambar 3.2 spesimen baja st 37 setelah di bubut dan di ulir

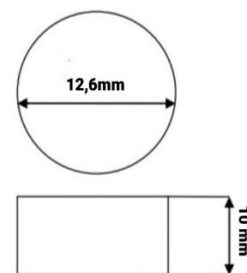
## 2. Bahan Uji Hardness

Adapun bentuk benda uji atau spesimen baja st 37 sebelum di potong menjadi ukuran bahan pengujian hardness



Gambar 3.3 spesimen baja st 37 sebelum di potong

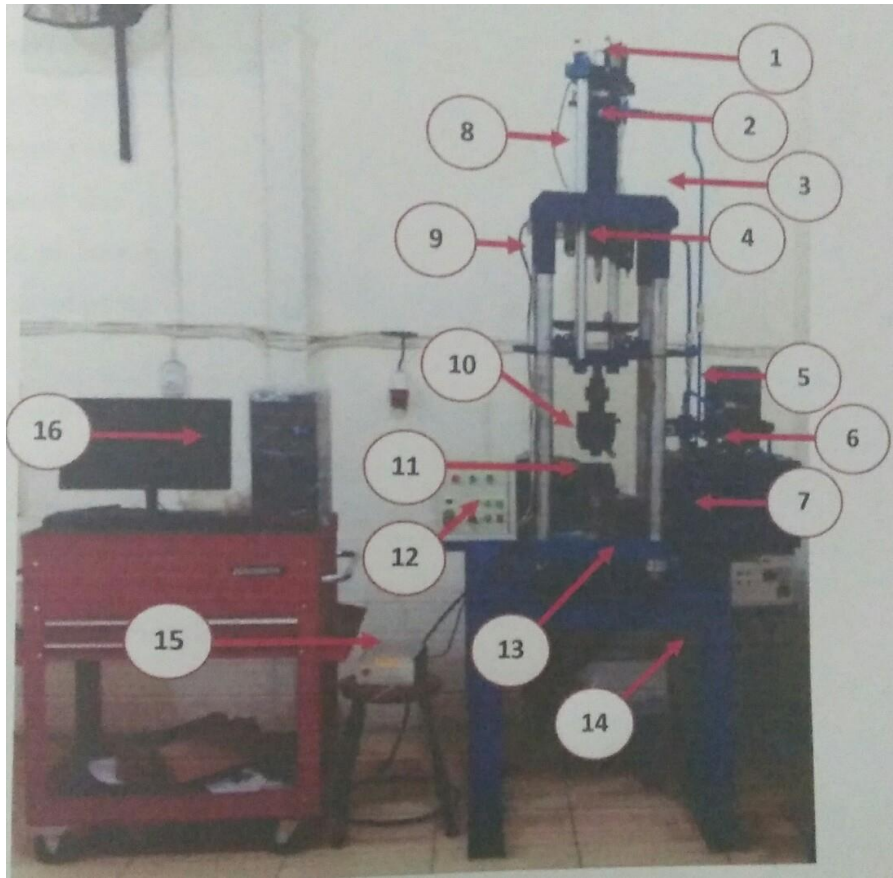
Adapun bentuk benda uji atau spesimen baja st 37 sesudah di potong dengan ukuran tebal 1 cm dan diameter 12,6 mm bahan pengujian hardness terdapat pada gambar 3.3 sebagai berikut;



Gambar, 3.4 spesimen baja st 37 bahan pengujian hardness

### 3.2.2. Alat penguji

#### 1. Mesin uji Tarik



Gambar 3.5 Mesin uji Tarik

Mesin uji tarik disini berfungsi untuk pengujian spesimen hingga putus sehingga tegangan tarik dapat diketahui dengan persamaan yang ada. Dalam pengujian ini penulis menggunakan mesin uji tarik sebagai alat pengujian dengan bahan pengujian baja st 37.

Adapun keterangan dari gambar mesin uji tarik di atas adalah sebagai berikut;

- 1) Pemberi beban tarik
- 2) Sensor atas
- 3) Selang *hydraulic*

- 4) Sensor bawah
- 5) Motor
- 6) Alat ukur tekanan
- 7) Tangki oli *hydraulic*
- 8) Tabung *hydraulic*
- 9) Rangka atas
- 10) Cekam atas
- 11) Cekam bawah
- 12) *Control* panel
- 13) Meja
- 14) Rangka bawah
- 15) Data akuisisi
- 16) PC (personal computer)

## 2. Mesin uji Hardness

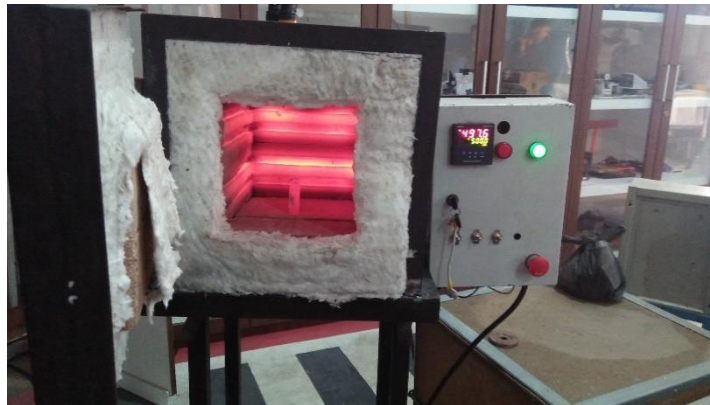


Gambar 3.6 Mesin Uji Hardness

Adapun mesin uji hardnes disini untuk mengetahui kekerasan suatu besi atau baja dengan cara menekan benda uji dengan mata intan sampai keluar nilai hasil kekerasan pada monitor alat uji hardness. Bagian bagian yang terdapat pada mesin hardness adalah sebagai berikut;

- 1) Monitor
- 2) Cekam mata intan
- 3) Tuas pengatur
- 4) Tempat peletakan spesimen yang akan di uji

### 3. Tungku heat treatment



Gambar 3.7 Tungku heat treatment

Adapun tungku heat treatment disini adalah alat yang digunakan untuk memanaskan (proses annealing) spesimen dengan masing masing suhu  $500^{\circ}\text{C}$  dan di tahan selama 60 menit kemudian spesimen di biarkan di dalam tungku selama 3 hari ( $\pm 72$  jam) hingga dingin lalu kemudian di uji Tarik dan hardnes sesuai bentuk spesimen. Bagian bagian yang terdapat pada tungku heat treatment adalah sebagai berikut;

- 1) Thermokopel
- 2) Jalur heater

- 3) Sensor suhu
- 4) Tombol on/of
- 5) Tombol darurat

### 3.3. Langkah –langkah pengujian

#### 1. Proses annealing

- Menyiapkan bahan uji
- Masukkan bahan uji kedalam tungku dan tutup rapat pintu tungku heat treatment,
- Atur suhu yang akan digunakan pada pengujian (500 °C)
- Hidupkan tungku heatreatment
- Setelah suhu (500 °C) tahan selama 60 menit, kemudian matikan tungku dan tunggu sampai dingin (sambil di cek suhu dalam tungku)
- Keluarkan bahan uji ( siap untuk di uji tarik dan hardness)

#### 2. Pengujian tarik (ASTM E8/E8M – 13a)

- Melakukan pengujian tarik, memasang spesimen pada cekam mesin uji tarik dan pastikan spesimen terjepit rapat agar tidak lepas dan terjadi kesalahan pada saat pengujian.
- Menghidupkan mesin uji tarik.
- Mematikan mesin uji tarik pada saat spesimen patah.
- Lepas specimen dari cekam mesin uji tarik
- Membersihkan mesin uji tarik

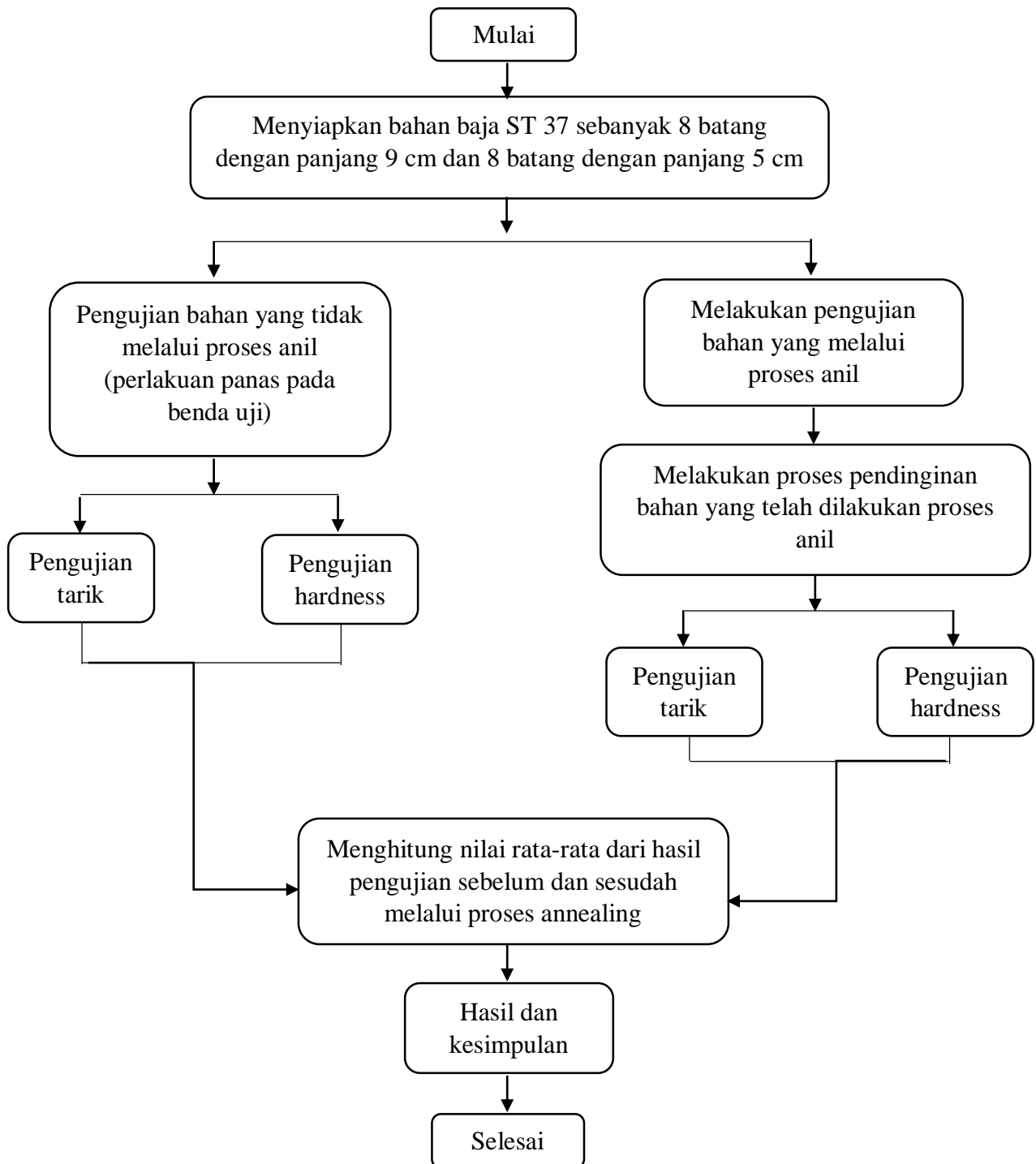
#### 3. Pengujian hardness (ASTM E8)

- Menyiapkan bahan uji baja ST-37
- Menentukan titik yang akan di uji pada spesimen.



- Hidupkan mesin Hardness dan atur nilai HRA menjadi 0 dengan cara mereset mesin hardness.
- Letakkan benda kerja pada titik tengah atau tegak lurus terhadap titik yang akan di uji pada spesimen.
- Tekan tuas pada alat uji selama lima detik.
- Catat nilai yang tertera pada monitor mesin hardness.
- Matikan alat uji hardness.
- Bersihkan alat uji

### 3.4. Diagram alir pengujian



Gambar 3.8 Diagram alir pengujian

## **BAB 4**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### 4.1. Hasil Data Uji Tarik Dan Uji Hardnes

Pada bab ini menjelaskan tentang hasil data kekuatan tekan hardness dan analisa data uji tarik. Dimana data didapat dari hasil pengujian tarik yang dilakukan terhadap 8 spesimen menggunakan spesimen baja st 37 dengan fariasi spesimen sebelum anealing sebanyak 4 spesimen dan sesudah annealing sebanyak 4 spesimen dan di uji tarik hingga semua spesimen uji tarik patah.

Adapun material dari pengujian hardness ini adalah baja st 37 dengan ukuran tebal 1 cm dan diameter 12,6 mm dengan fariasi spesimen sebelum annealing sebanyak 5 spesimen dan sesudah unil sebanyak 5 spesimen.

#### 4.2. Analisa data pengujian tarik

Pengujian tarik meliputi 4 spesimen sesudah mengalami proses unnealing dan 4 spesimen belum mengalami proses unnealing dan di uji hingga spesimen patah. Adapun analisa data dari spesimen sebelum proses annealing adalah sebagai berikut;

##### 4.2.1. Analisa data pengujian tarik spesimen baja st 37 sebelum proses annealing

###### 1. Spesimen pengujian 1 sebelum proses annealing

$$F_{maks} = 1534,14 \text{ kgf}$$

$$A = 28,27 \text{ mm}^2$$

$$L_0 = 30 \text{ mm}$$

$$\Delta l = 6,6 \text{ mm}$$

$$1 \text{ KN} = 1000 \text{ N}$$

$$1 \text{ kgf} = 9,807 \text{ N}$$

Tegangan ( $\sigma$ )

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

$$\sigma = \frac{1534,14 \text{ kgf} \cdot 9,807 \text{ N}}{28,27 \text{ mm}^2} = 532,200 \text{ N/mm}^2$$

Regangan ( $\varepsilon$ )

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$$

$$\varepsilon = \frac{6,6 \text{ mm}}{30 \text{ mm}} = 0,22$$

Modulus Elastisitas (E)

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} =$$

$$E = \frac{532,200}{0,22} = 2.419,09 \text{ N/mm}^2$$

2. Spesimen pengujian 2 sebelum proses annealing

$$F_{\text{maks}} = 1575,26 \text{ kgf}$$

$$A = 28,27 \text{ mm}^2$$

$$L_0 = 30 \text{ mm}$$

$$\Delta l = 6,3 \text{ mm}$$

$$1 \text{ KN} = 1000 \text{ N}$$

$$1 \text{ kgf} = 9,807 \text{ N}$$

Tegangan ( $\sigma$ )

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

$$\sigma = \frac{1575,26 \text{ kgf} \cdot 9,807 \text{ N}}{28,27 \text{ mm}^2} = 546,4653 \text{ N/mm}^2$$

Regangan ( $\epsilon$ )

$$\epsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$$

$$\epsilon = \frac{6,3 \text{ mm}}{30 \text{ mm}} = 0,21$$

Modulus Elastisitas (E)

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon}$$

$$E = \frac{546,4653 \text{ N/mm}^2}{0,21} = 2.602,215 \text{ N/mm}^2$$

3. Spesimen pengujian 3 sebelum proses annealing

$$F_{\text{maks}} = 1337,80 \text{ kgf}$$

$$A = 28,27 \text{ mm}^2$$

$$L_0 = 30 \text{ mm}$$

$$\Delta l = 6,2 \text{ mm}$$

$$1 \text{ KN} = 1000 \text{ N}$$

$$1 \text{ kgf} = 9,807 \text{ N}$$

Tegangan ( $\sigma$ )

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

$$\sigma = \frac{1337,80 \text{ kgf} \cdot 9,807 \text{ N}}{28,27 \text{ mm}^2} = 464,0893 \text{ N/mm}^2$$

Regangan ( $\varepsilon$ )

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$$

$$\varepsilon = \frac{6,2 \text{ mm}}{30 \text{ mm}} = 0,2066$$

Modulus Elastisitas (E)

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

$$E = \frac{464,0893 \text{ N/mm}^2}{0,2066} = 2.246,318 \text{ N/mm}^2$$

4. Spesimen pengujian 4 sebelum proses annealing

$$F_{\text{maks}} = 1282,08 \text{ kgf}$$

$$A = 28,27 \text{ mm}^2$$

$$L_0 = 30 \text{ mm}$$

$$\Delta l = 6,5 \text{ mm}$$

$$1 \text{ KN} = 1000 \text{ N}$$

$$1 \text{ kgf} = 9,807 \text{ N}$$

Tegangan ( $\sigma$ )

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

$$\sigma = \frac{1282,08 \text{ kgf} \cdot 9,807}{28,27 \text{ mm}^2} = 444,759 \text{ N/mm}^2$$

Regangan ( $\epsilon$ )

$$\epsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$$

$$\epsilon = \frac{6,5 \text{ mm}}{30 \text{ mm}} = 0,2166$$

Modulus Elastisitas (E)

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon}$$

$$E = \frac{444,759 \text{ N/mm}^2}{0,2166} = 2.053,365 \text{ N/mm}^2$$

4.2.2. Analisa data uji tarik spesimen baja st 37 sesudah proses annealing

1. Spesimen pengujian 1 sesudah proses annealing

$$F_{\text{maks}} = 935,83 \text{ kgf}$$

$$A = 28,27 \text{ mm}^2$$

$$L_0 = 30 \text{ mm}$$

$$\Delta l = 7,3 \text{ mm}$$

$$1 \text{ KN} = 1000 \text{ N}$$

$$1 \text{ kgf} = 9,807 \text{ N}$$

Tegangan ( $\sigma$ )

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

$$\sigma = \frac{935,83 \text{ kgf} \cdot 9,807 \text{ N}}{28,27 \text{ mm}^2} = 324,643 \text{ N/mm}^2$$

Regangan ( $\epsilon$ )

$$\epsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$$

$$\epsilon = \frac{7,3 \text{ mm}}{30 \text{ mm}} = 0,2433$$

Modulus Elastisitas (E)

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon}$$

$$E = \frac{324,643 \text{ N/mm}^2}{0,2433} = 1.334,332 \text{ N/mm}^2$$

2. Spesimen pengujian 2 sesudah proses annealing

$$F_{\text{maks}} = 724,90 \text{ kgf}$$

$$A = 28,27 \text{ mm}^2$$

$$L_0 = 30 \text{ mm}$$

$$\Delta l = 8,0 \text{ mm}$$

$$1 \text{ KN} = 1000 \text{ N}$$

$$1 \text{ kgf} = 9,807 \text{ N}$$



Tegangan ( $\sigma$ )

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

$$\sigma = \frac{724,90 \text{ kgf} \cdot 9,807 \text{ N}}{28,27 \text{ mm}^2} = 251,471 \text{ N/mm}^2$$

Regangan ( $\epsilon$ )

$$\epsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$$

$$\epsilon = \frac{8,0 \text{ mm}}{30 \text{ mm}} = 0,266$$

Modulus Elastisitas (E)

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon}$$

$$E = \frac{251,471 \text{ N/mm}^2}{0,266} = 945,379 \text{ N/mm}^2$$

3. Spesimen pengujian 3 sesudah proses annealing

$$F_{\text{maks}} = 893,38 \text{ kgf}$$

$$A = 28,27 \text{ mm}^2$$

$$L_0 = 30 \text{ mm}$$

$$\Delta l = 7,9 \text{ mm}$$

$$1 \text{ KN} = 1000 \text{ N}$$

$$1 \text{ kgf} = 9,807 \text{ N}$$

Tegangan ( $\sigma$ )

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

$$\sigma = \frac{893,38 \text{ kgf} \cdot 9,807 \text{ N}}{28,27 \text{ mm}^2} = 309,917 \text{ N/mm}^2$$

Regangan ( $\epsilon$ )

$$\epsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$$

$$\epsilon = \frac{7,9 \text{ mm}}{30 \text{ mm}} = 0,2633$$

Modulus Elastisitas (E)

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon}$$

$$E = \frac{309,917 \text{ N/mm}^2}{0,2633} = 1.177,052 \text{ N/mm}^2$$

4. Spesimen pengujian 4 sesudah proses annealing

$$F_{\text{maks}} = 1003,49 \text{ kgf}$$

$$A = 28,27 \text{ mm}^2$$

$$L_0 = 30 \text{ mm}$$

$$\Delta l = 7,7 \text{ mm}$$

$$1 \text{ KN} = 1000 \text{ N}$$

$$1 \text{ kgf} = 9,807 \text{ N}$$

Tegangan (  $\sigma$  )

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

$$\sigma = \frac{1003,49kgf \cdot 9,807N}{28,27 mm^2} = 348,115 N/mm^2$$

Regangan (  $\epsilon$  )

$$\epsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$$

$$\epsilon = \frac{7,7mm}{30mm} = 0,2566$$

Modulus Elastisitas (E)

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon}$$

$$E = \frac{348,115 N/mm^2}{0,2566} = 1.356,644 N/mm^2$$

#### 4.3. Pembahasan hasil pengujian tarik spesimen baja st 37

##### 4.3.1. Speimen pengujian tari sebelum proses annealing

Dari hasil uji Tarik bahan baja st 37, Diambil 4 buah sampel spesimen ( Baja st 37 ) dan didapat nilai tegangan dan regangannya sehingga dapat membuat sebuah grafik dari setiap spesimen dan grafik perbandingan antara spesmen 1 – 4.

Adapun spesimen yang sudah di uji tarik sebelum melalui proses annealing adalah sebagai berikut;



Gambar 4.1 spesimen pengujian tarik sebelum proses annealing

Dari data hasil pengujian tarik spesimen baja st 37 dengan spesimen sebanyak 4 buah, Dengan standart spesimen pengujian (ASTM E8/E8M – 13a). maka didapat grafik antara tegangan tarik dan regangan tarik dari masing masing spesimen sebagai berikut;

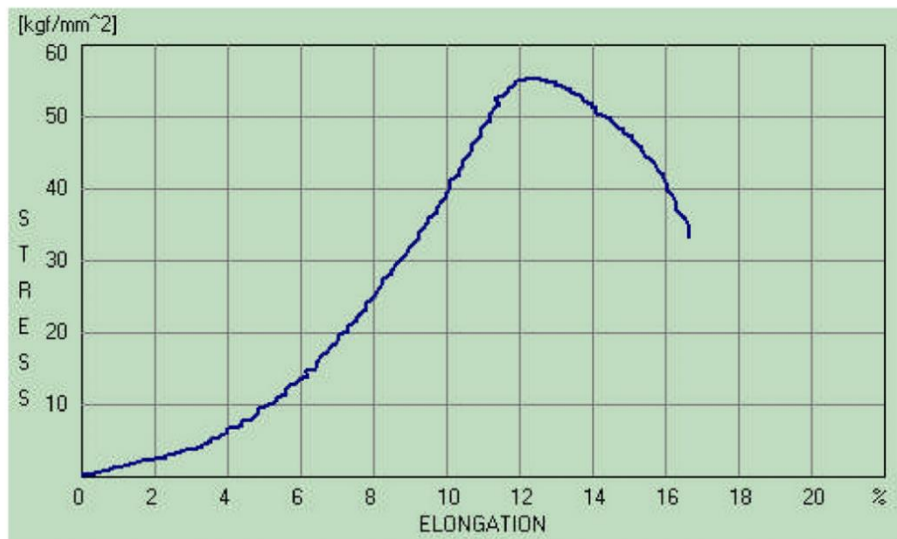


UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Kampus: Jl. Kapten Mochtar Basri, BA. No. 3, Email: prodimmesin\_fatek@umsu.ac.id

**TEST REPORT**

Test No. :	1	Max. Force :	1534.14 (kgf)
Test Type :	Tensile	Break Force :	942.47 (kgf)
Date Test :	5-3-2020 ; 20:10:18	Yield Strength :	0.18 (kgf/mm <sup>2</sup> )
Specimens :	Others	Tensile Strength :	54.26 (kgf/mm <sup>2</sup> )
Area :	28.27 (mm <sup>2</sup> )	Elongation :	16.67 (%)



Kaprodi Teknik Mesin

Kalab. Pengujian Material

Gambar 4.2 grafik uji tarik spesimen 1 baja st 37

Pada pengujian Tarik spesimen 1 sebelum proses annealing di dapat Max Force/F max 1.534,14 kgf dan Tensile Strength 54,26 kgf/mm<sup>2</sup>, Dengan Area 28,27 mm<sup>2</sup> dan elongation 16,67 %. Dari grafik di atas dapat di simpulkan bahwa stress yang terjadi pada titik 54,26 kgf/mm<sup>2</sup>.

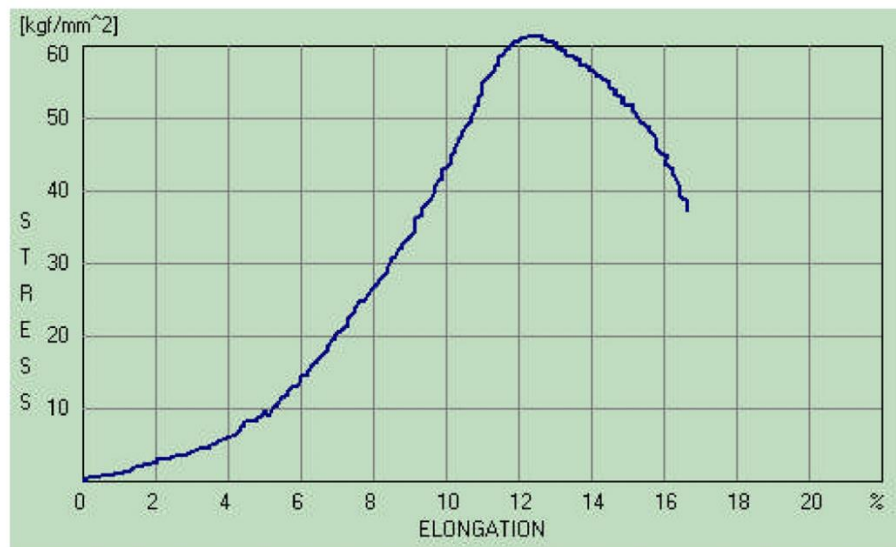


UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Kampus: Jl. Kapten Mochtar Basri, BA. No. 3, Email: proditmesin\_fatek@umsu.ac.id

**TEST REPORT**

Test No. :	2	Max. Force :	1575.26 (kgf)
Test Type :	Tensile	Break Force :	1049.92 (kgf)
Date Test :	5-3-2020 ; 20:15:15	Yield Strength :	0.18 (kgf/mm <sup>2</sup> )
Specimens :	Others	Tensile Strength :	55.71 (kgf/mm <sup>2</sup> )
Area :	28.27 (mm <sup>2</sup> )	Elongation :	16.67 (%)



Kaprodi Teknik Mesin

Kalab. Pengujian Material

Gambar 4.3 grafik uji tarik spesimen 2 baja st 37

Pada pengujian Tarik spesimen 2 sebelum proses annealing di dapat Max Force/F max 1.575,26 kgf dan Tensile Strength 55,71 kgf/mm<sup>2</sup>, Dengan Area 28,27 mm<sup>2</sup> dan elongation 16,67 %. Dari grafik di atas dapat di simpulkan bahwa stress yang terjadi pada titik 55,71 kgf/mm<sup>2</sup>.

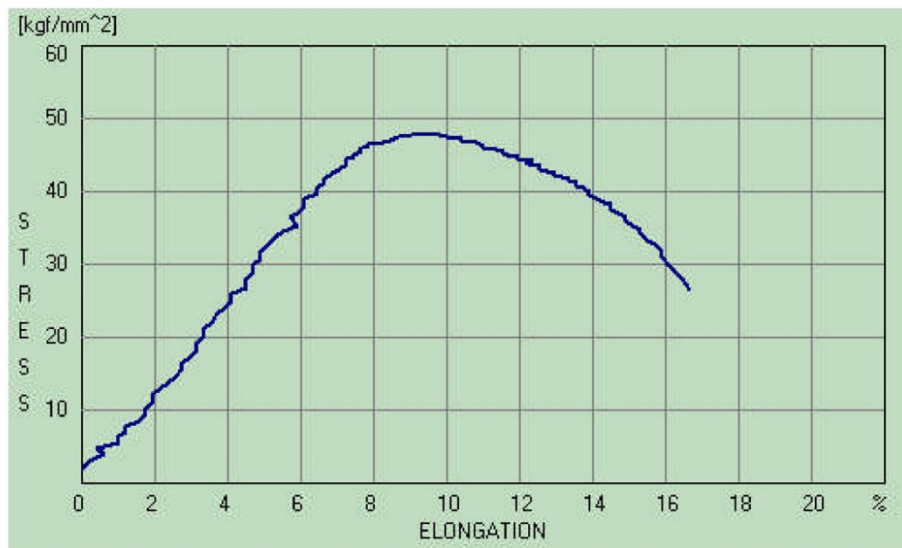


UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Kampus: Jl. Kapten Mochtar Basri, BA. No. 3, Email: proditmesin\_fatek@umsu.ac.id

**TEST REPORT**

Test No. :	3	Max. Force :	1337.80 (kgf)
Test Type :	Tensile	Break Force :	747.46 (kgf)
Date Test :	5-3-2020 ; 20:18:37	Yield Strength :	0.18 (kgf/mm <sup>2</sup> )
Specimens :	Others	Tensile Strength :	47.32 (kgf/mm <sup>2</sup> )
Area :	28.27 (mm <sup>2</sup> )	Elongation :	16.67 (%)



Kaprodi Teknik Mesin

Kalab. Pengujian Material

Gambar 4.4 grafik uji tarik spesimen 3 baja st 37

Pada pengujian Tarik spesimen 3 sebelum proses annealing di dapat Max Force/F max 1.337,80 kgf dan Tensile Strength 47,32 kgf/mm<sup>2</sup>, Dengan Area 28,27 mm<sup>2</sup> dan elongation 16,67 %. Dari grafik di atas dapat di simpulkan bahwa stress yang terjadi pada titik 47,32 kgf/mm<sup>2</sup>.

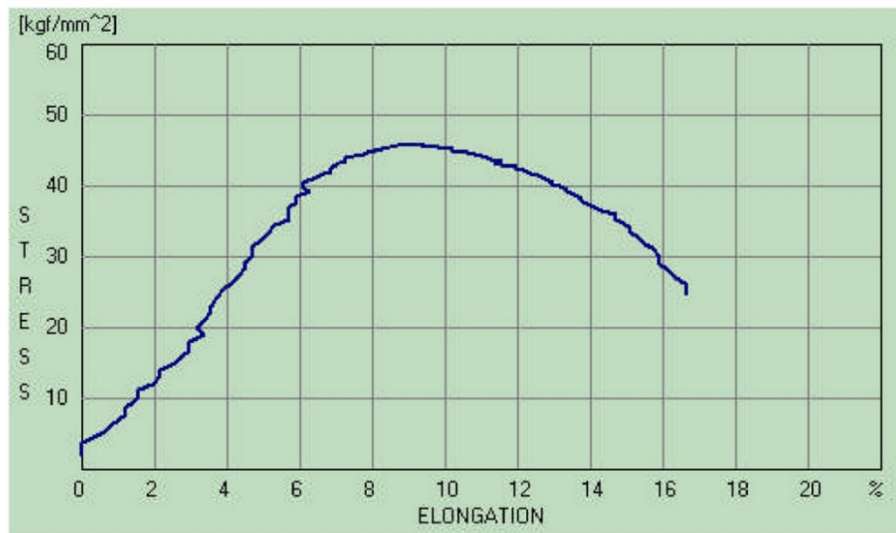


UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Kampus: Jl. Kapten Mochtar Basri, BA. No. 3, Email: prodimmesin\_fatek@umsu.ac.id

**TEST REPORT**

Test No. :	4	Max. Force :	1282.08 (kgf)
Test Type :	Tensile	Break Force :	698.37 (kgf)
Date Test :	5-3-2020 ; 20:21:20	Yield Strength :	0.18 (kgf/mm <sup>2</sup> )
Specimens :	Others	Tensile Strength :	45.34 (kgf/mm <sup>2</sup> )
Area :	28.27 (mm <sup>2</sup> )	Elongation :	16.67 (%)



Kaprodi Teknik Mesin

Kalab. Penguujian Material

Gambar 4.5 grafik uji tarik spesimen 4 baja st 37

Pada pengujian Tarik spesimen 4 sebelum proses annealing di dapat Max Force/F max 1.282,08 kgf dan Tensile Strength 45,34 kgf/mm<sup>2</sup>, Dengan Area 28,27 mm<sup>2</sup> dan elongation 16,67 %. Dari grafik di atas dapat di simpulkan bahwa stress yang terjadi pada titik 43,34 kgf/mm<sup>2</sup>.



Dari hasil pengujian tarik sebelum proses annealing diambil nilai rata-rata dari grafik tensile strength pengujian 1 dengan nilai 54,26kgf/mm<sup>2</sup>, pengujian 2 dengan nilai 55,71kgf/mm<sup>2</sup>, pengujian 3 dengan nilai 47,32kgf/mm<sup>2</sup>, pengujian 4 dengan nilai 45,34kgf/mm<sup>2</sup>, perhitungan nilai rata-rata dari hasil pengujian masing-masing spesimen adalah sebagai berikut;

$$\frac{54,26kgf/mm^2 + 55,71kgf/mm^2 + 47,32kgf/mm^2 + 45,34kgf/mm^2}{4} = 50,65kgf/mm^2$$

#### 4.3.2. Spesimen pengujian tarik sesudah proses annealing

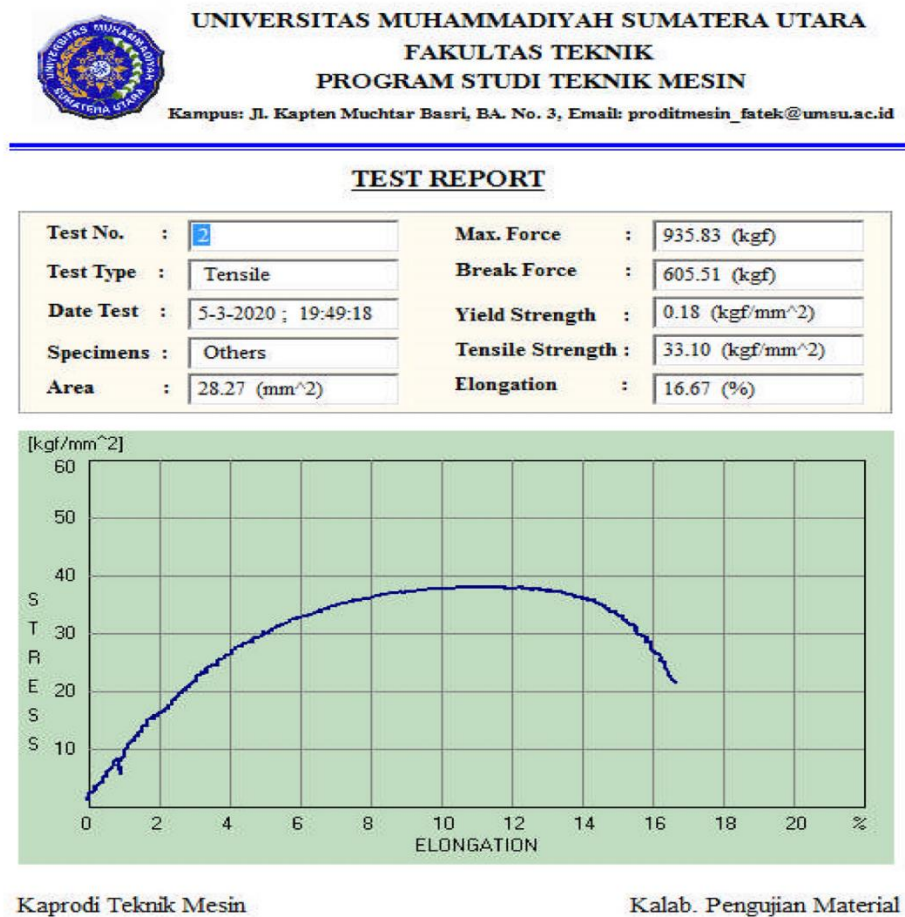
Dari hasil uji tarik bahan baja st 37, Diambil 4 buah sampel spesimen ( Baja st 37 ) dan didapat nilai tegangan dan regangannya sehingga dapat membuat sebuah grafik dari setiap spesimen dan grafik perbandingan antara spesmen 1 – 4. Standart yang digunakan pada pengujian tarik adalah ASTM E8/E8M – 13a

Adapun specimen yang sudah di uji tarik sesudah melalui proses annealing adalah sebagai berikut;



Gambar 4.6 spesimen uji tarik sesudah proses *annealing*

Dari data hasil pengujian tarik spesimen baja st 37 dengan spesimen sebanyak 4 buah, maka didapat grafik antara tegangan tarik dan regangan tarik dari masing masing spesimen sebagai berikut;



Gambar 4.7 grafik uji tarik spesimen 1 baja st 37

Pada pengujian Tarik spesimen 1 sesudah proses *annealing* di dapat *Max Force/F max* 935,83 kgf dan *Tensile Strength* 33,10 kgf/mm<sup>2</sup>, Dengan Area 28,27 mm<sup>2</sup> dan elongation 16,67 %. Dari grafik di atas dapat di simpulkan bahwa *stress* yang terjadi pada titik 33,10 kgf/mm<sup>2</sup>.

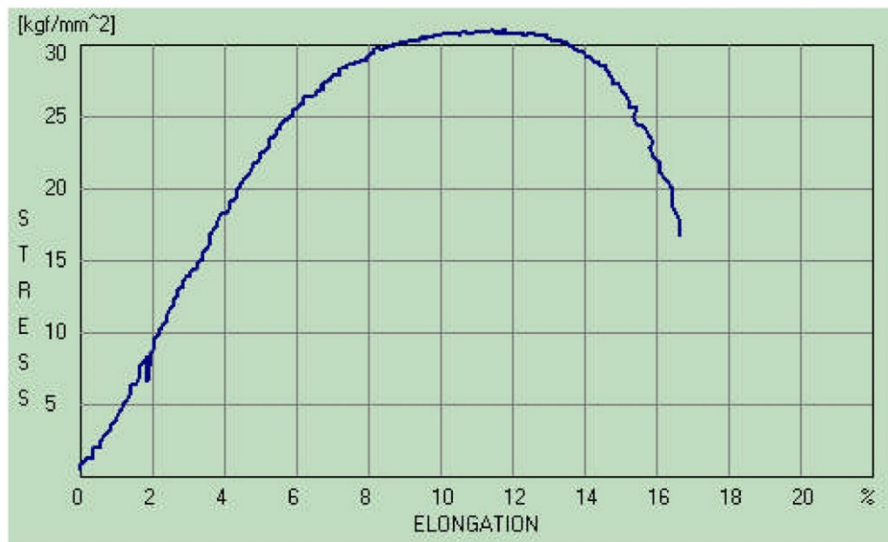


UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Kampus: Jl. Kapten Mochtar Basri, BA. No. 3, Email: prodimmesin\_fatek@umsu.ac.id

TEST REPORT

Test No. :	2	Max. Force :	724.90 (kgf)
Test Type :	Tensile	Break Force :	474.17 (kgf)
Date Test :	5-3-2020 ; 19:58:25	Yield Strength :	0.18 (kgf/mm <sup>2</sup> )
Specimens :	Others	Tensile Strength :	25.64 (kgf/mm <sup>2</sup> )
Area :	28.27 (mm <sup>2</sup> )	Elongation :	16.67 (%)



Kaprodi Teknik Mesin

Kalab. Pengujian Material

Gambar 4.8 grafik uji tarik spesimen 2 baja st 37

Pada pengujian Tarik spesimen 2 sesudah proses *annealing* di dapat *Max Force/F max* 724,90 kgf dan *Tensile Strength* 25,64 kgf/mm<sup>2</sup>, Dengan Area 28,27 mm<sup>2</sup> dan elongation 16,67 %. Dari grafik di atas dapat di simpulkan bahwa *stress* yang terjadi pada titik 25,64 kgf/mm<sup>2</sup>.

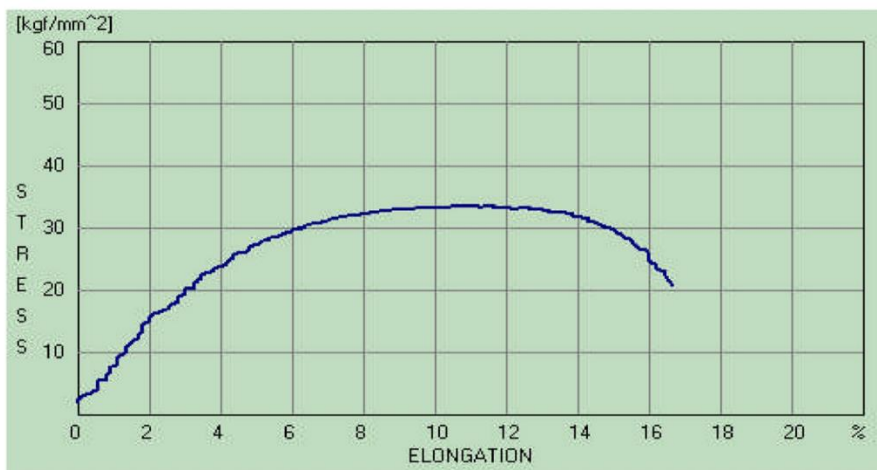


UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Kampus: Jl. Kapten Mochtar Basri, BA. No. 3, Email: proditmesin\_fatek@umsu.ac.id

**TEST REPORT**

Test No. :	5	Max. Force :	893.38 (kgf)
Test Type :	Tensile	Break Force :	588.26 (kgf)
Date Test :	5-3-2020 ; 20:2:23	Yield Strength :	0.18 (kgf/mm <sup>2</sup> )
Specimens :	Others	Tensile Strength :	31.60 (kgf/mm <sup>2</sup> )
Area :	28.27 (mm <sup>2</sup> )	Elongation :	16.67 (%)



Kaprodi Teknik Mesin

Kalab. Pengujian Material

Gambar 4.9 grafik uji tarik spesimen 3 baja st 37

Pada pengujian Tarik spesimen 3 sesudah proses annealing di dapat *Max Force/F max* 893,38 kgf dan *Tensile Strength* 31,60 kgf/mm<sup>2</sup>, Dengan Area 28,27 mm<sup>2</sup> dan *elongation* 16,67 %. Dari grafik di atas dapat di simpulkan bahwa *stress* yang terjadi pada titik 31,60 kgf/mm<sup>2</sup>.

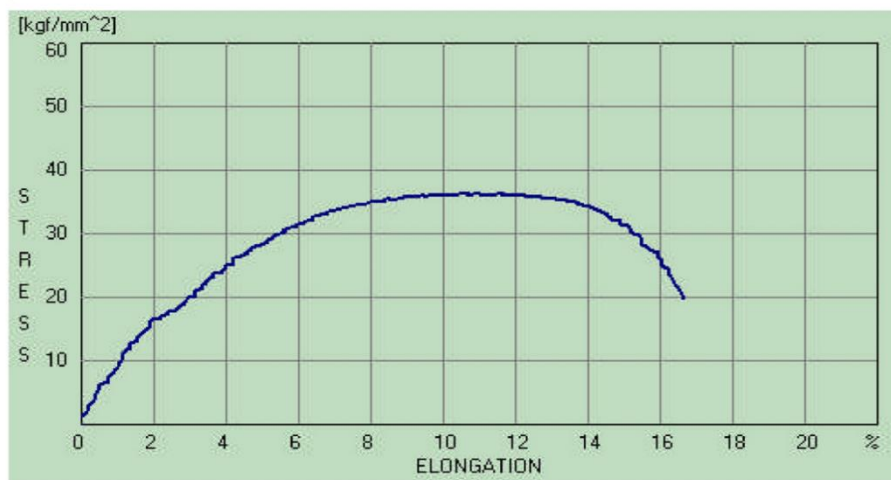


UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Kampus: Jl. Kapten Mochtar Basri, BA. No. 3, Email: prodimmesin\_fatek@umsu.ac.id

**TEST REPORT**

Test No. :	4	Max. Force :	1003.49 (kgf)
Test Type :	Tensile	Break Force :	555.10 (kgf)
Date Test :	5-3-2020 ; 20:5:59	Yield Strength :	0.18 (kgf/mm <sup>2</sup> )
Specimens :	Others	Tensile Strength :	35.49 (kgf/mm <sup>2</sup> )
Area :	28.27 (mm <sup>2</sup> )	Elongation :	16.67 (%)



Kaprodi Teknik Mesin

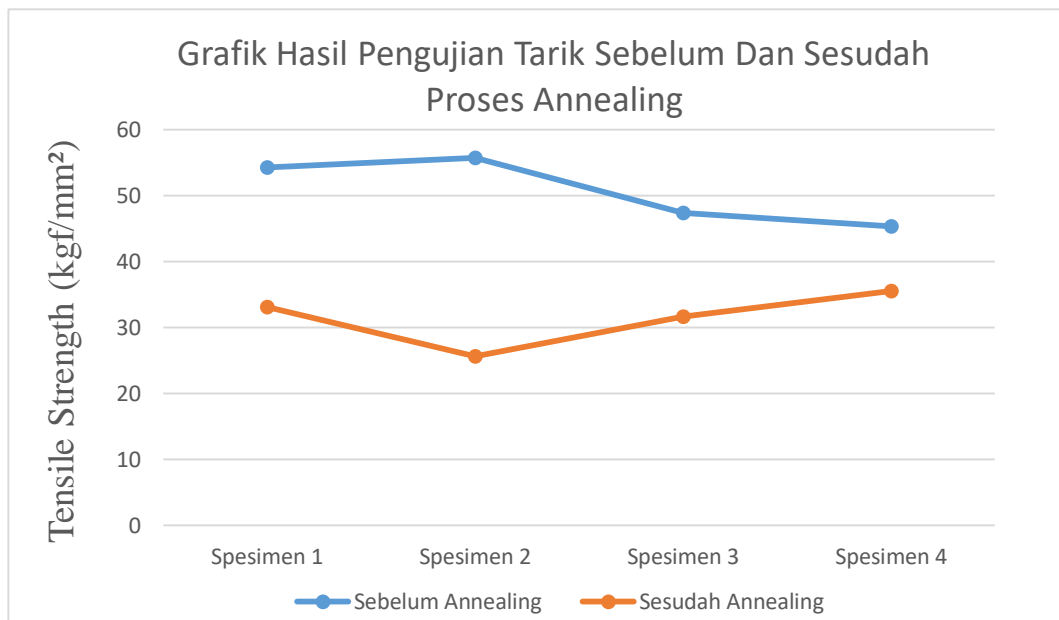
Kalab. Pengujian Material

Gambar 4.10 grafik uji tarik spesimen 4 baja st 37

Pada pengujian Tarik spesimen 4 sesudah proses *annealing* di dapat *Max Force/F max* 1.003,49 kgf dan *Tensile Strength* 35,49 kgf/mm<sup>2</sup>, Dengan Area 28,27 mm<sup>2</sup> dan *elongation* 16,67 %. Dari grafik di atas dapat di simpulkan bahwa stress yang terjadi pada titik 35,49 kgf/mm<sup>2</sup>.

Dari hasil pengujian tarik sesudah proses *annealing* diambil nilai rata-rata dari grafik tensile strength pengujian 1 dengan nilai 33,10kgf/mm<sup>2</sup>, pengujian 2 dengan nilai 25,64kgf/mm<sup>2</sup>, pengujian 3 dengan nilai 31,60kgf/mm<sup>2</sup>, pengujian 4 dengan nilai 35,49kgf/mm<sup>2</sup>, perhitungan nilai rata-rata dari hasil pengujian masing-masing spesimen adalah sebagai berikut;

$$\frac{33,10kgf/mm^2 + 25,64kgf/mm^2 + 31,60kgf/mm^2 + 35,49kgf/mm^2}{4} = 31,45kgf/mm^2$$



Gambar 4.11 Grafik Hasil Pengujian Tarik Sebelum Dan Sesudah Proses Annealing

Jadi dari grafik pengujian tarik di atas dapat disimpulkan bahwa sebuah proses perlakuan panas yang digunakan untuk meniadakan pengaruh dari *cold work* dan juga berfungsi untuk membuat material menjadi lebih lunak dan meningkatkan ductility. (Hesti Istiqlaliyah 2016),

#### 4.4. Analisa data pengujian hardness

Pada pengujian ini dilakukan 2 titik pengambilan data dengan 5 spesimen sesudah mengalami proses *annealing* dan 5 spesimen belum mengalami proses unil dengan beban 60 kgf kemudian di uji hingga keluar nilai atau angka hasil pengujian pada monitor mesin uji *hardness rockwell*.

##### 4.1.1. Hasil pengujian dari spesimen sebelum proses *annealing*

Dari hasil pengujian spesimen baja ST-37 dengan 2 titik pengambilan data pada spesimen sebelum *annealing* dengan jarak titik 1 dan 2 adalah 3mm seperti pada gambar di bawah ini dengan tanda x merupakan titik uji.



Gambar 4.12 spesimen pengujian *hardnes rockwell* sebelum proses *annealing*

Adapun data hasilpengujian dari spesimen sebelum proses anil adalah sebagai berikut;

Tabel 4.1 hasil pengujian *hardness rockwell* sebelum proses *annealing*

NO	Spesimen	Percobaan 1	Percobaan 2	Rata-rata
1.	Spesimen 1 sebelum proses unil	76,4 HRA	76,2 HRA	76,3 HRA
2.	Spesimen 2 sebelum proses unil	76,1 HRA	76,2 HRA	76,15 HRA
3.	Spesimen 3 sebelum proses unil	70,6 HRA	76,3 HRA	73,45 HRA
4.	Spesimen 4 sebelum proses unil	73,6 HRA	75,8 HRA	74,7 HRA
5	Spesimen 5 sebelum proses unil	75,2 HRA	75,8 HRA	75,5 HRA
	Jumlah			376,1 HRA

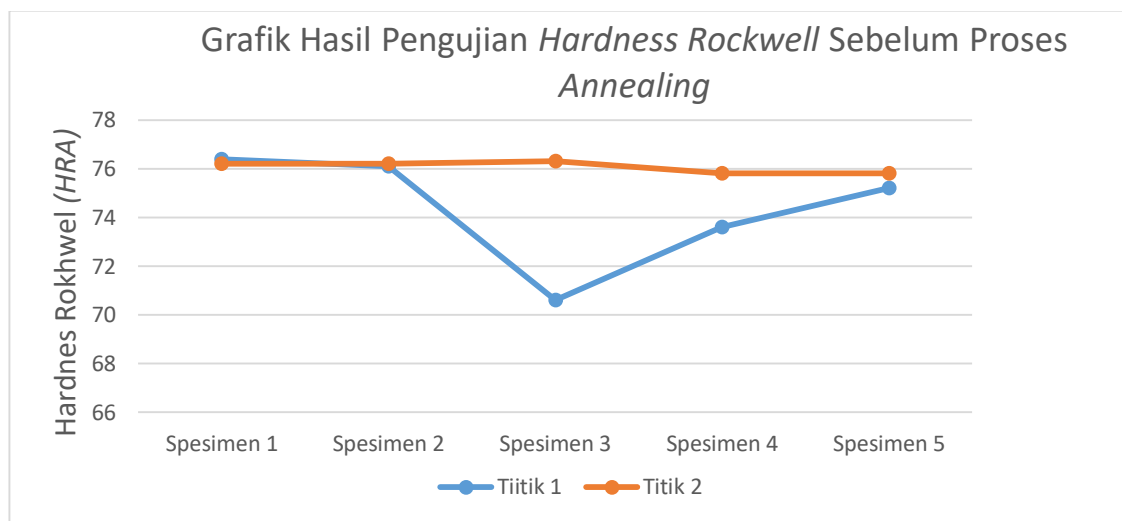
Dari data hasil jumlah pada tabel di atas dapat di peroleh rata-rata dari hasil pengujian *hardness rockwell* baja st 37 sebelum proses *annealing* dengan cara menjumlahkan seluruh nilai pengujian dari pengujian 1-5 kemudian di bagi jumlah banyaknya spesimen yang di uji seperti di bawah ini.

$$\underline{\text{Spesimen 1} + \text{spesimen 2} + \text{spesimen 3} + \text{spesimen 4} + \text{spesimen 5}} = \text{Hasil}$$

Jumlah spesimen keseluruhan

$$\frac{76,3 \text{ HRA} + 76,15 \text{ HRA} + 73,45 \text{ HRA} + 74,7 \text{ HRA} + 75,5 \text{ HRA}}{5} = 75,22 \text{ HRA}$$

Jadi dapat disimpulkan bahwa rata-rata dari hasil pengujian *hardness rockwell* pada baja st 37 sebelum proses anil adalah 75,22HRA.



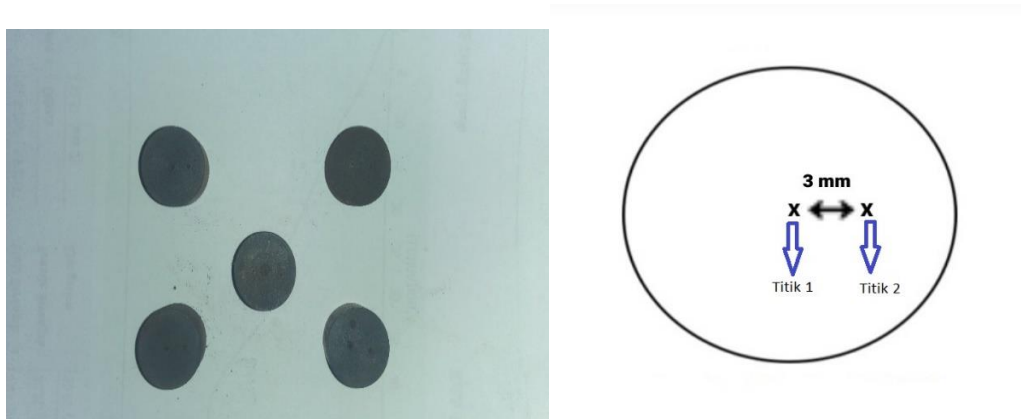
Gambar 4.13 Grafik Hasil Pengujian *Hardness Rockwell* Sebelum Proses *Annealing*

Grafik di atas menunjukkan nilai kekerasan pada setiap spesimen yang telah di uji menggunakan alat uji *hardness rockwell* sebelum proses *annealing*, Standart yang digunakan pada alat uji *hardness rockwell* adalah HRA dengan *indentor* kerucut intan.



#### 4.4.2. Hasil pengujian dari spesimen sesudah proses *annealing*

Pada pengujian spesimen dengan alat uji Hardness memiliki jarak penitikan dari titik 1 dan 2 adalah 3 mm, dapat dilihat pada gambar di bawah ini dengan tanda x merupakan titik uji.



Gambar 4.14 spesimen pengujian *hardnes rockwell* sesudah proses *annealing*

Adapun data hasil pengujian hardness dari spesimen sesudah proses *annealing* dengan beban 60kgf terdapat pada tabel sebagai berikut;

Tabel 4.2 pengujian *haedness rockwell* sesudah proses *annealing*

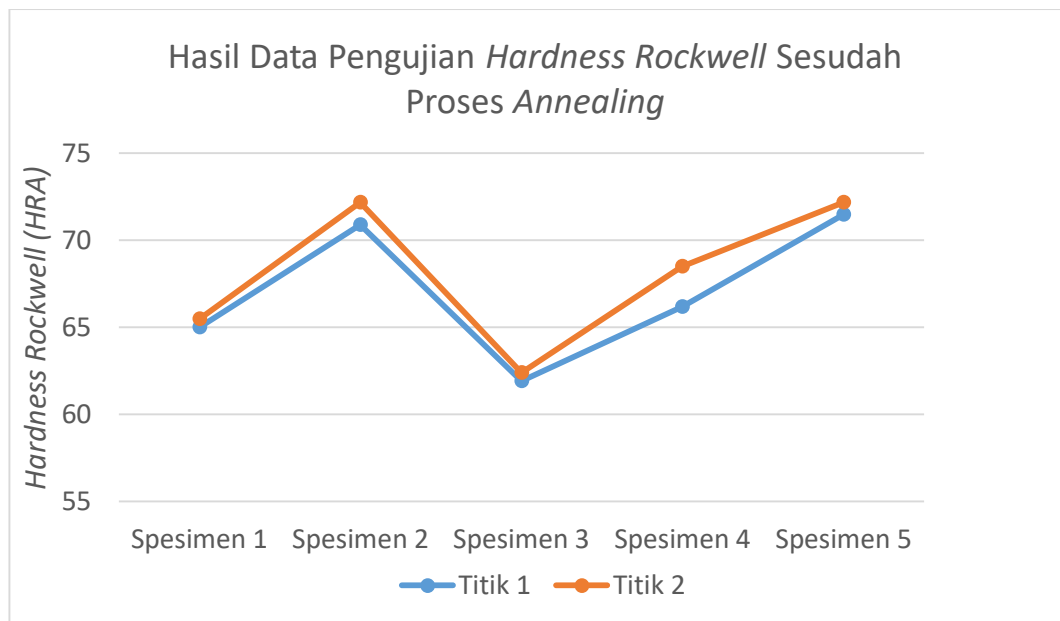
NO	Spesimen	Percobaan 1	Percobaan 2	Jumlah : 2
1.	Spesimen 1 sesudah proses unil	65,0 HRA	65,5 HRA	65,25 HRA
2.	Spesimen 2 sesudah proses unil	70,9 HRA	72,2 HRA	71,55 HRA
3.	Spesimen 3 sesudah proses unil	61,9 HRA	62,4 HRA	62,15 HRA
4.	Spesimen 4 sesudah proses unil	66,2 HRA	68,5 HRA	67,35 HRA
5.	Spesimen 5 sesudah proses unil	71,5 HRA	72,2 HRA	71,85 HRA
Jumlah				338,15 HRA

Dari data hasil jumlah pada tabel di atas dapat di peroleh rata rata dari hasil pengujian *hardness rockwell* baja st 37 sesudah proses *annealing* dengan cara menjumlahkan seluruh nilai pengujian dari pengujian 1-5 kemudian di bagi jumlah banyaknya spesimen yang di uji seperti di bawah ini.

$\frac{\text{Spesimen 1} + \text{spesimen 2} + \text{spesimen 3} + \text{spesimen 4} + \text{spesimen 5}}{\text{Jumlah spesimen keseluruhan}} = \text{Hasil}$

$$\frac{62,25\text{HRA} + 71,55\text{HRA} + 62,15\text{HRA} + 67,85\text{HRA} + 71,85\text{HRA}}{5} = 67,63\text{HRA}$$

Jadi dapat disimpulkan bahwa rata rata dari hasil pengujian *hardness rockwell* pada baja st 37 sesudah proses *annealing* adalah 67,63HRA.

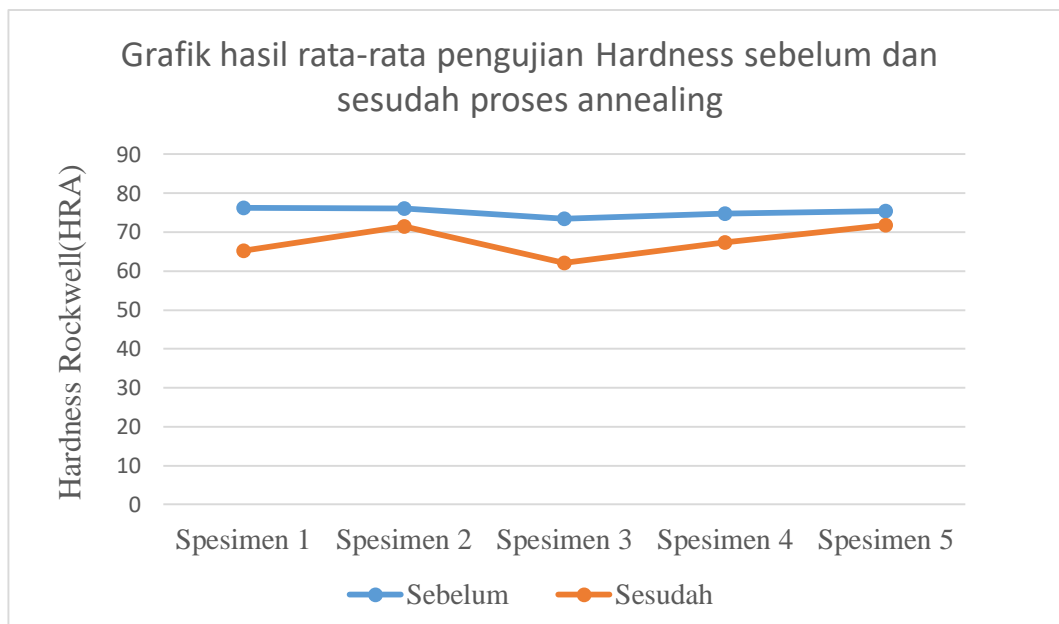


Gambar 4.15 Diagram Hasil Pengujian Hardness *Rockwell* Sesudah Proses *Annealing*

Grafik di atas menunjukkan nilai kekerasan pada setiap spesimen yang telah di uji menggunakan alat uji *hardness Rockwell* setelah melalui proses perlakuan panas (*annealing*) hingga suhu 500°C dan di tahan selama 60 menit kemudian didinginkan secara perlahan di dalam tungku *heat treatment* sampai suhu dalam tungku sama dengan suhu luar tungku. *Standart* yang digunakan pada alat uji *hardness Rockwell* adalah HRA dengan *indenter* kerucut intan.

Dari hasil pengujian hardness spesimen sebelum dan sesudah proses *annealing* dapat diketahui bahwa spesimen baja st 37 lebih kuat sebelum proses *annealing* dibandingkan dengan spesimen baja st 37 sesudah proses *annealing*, dengan hasil sebelum proses *annealing* adalah 75,22HRA dan hasil sesudah proses *annealing* adalah 67,63HRA.

Dari hasil pengujian sebelum dan sesudah proses *annealing* di atas, di dapat grafik rata-rata pengujian adalah sebagai berikut



Gambar 4.16 Grafik hasil rata-rata pengujian Hardness sebelum dan sesudah proses *annealing*

Jadi dari grafik di atas dapat disimpulkan bahwa sebuah proses perlakuan panas yang digunakan untuk meniadakan pengaruh dari *cold work* dan juga berfungsi untuk membuat material menjadi lebih lunak dan meningkatkan ductility. (Hesti Istiqlaliyah 2016),

## BAB 5

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1. Kesimpulan

Adapun kesimpulan dari hasil pengaruh *annealing* baja st 37 terhadap kekerasan dan kekuatan Tarik dengan menggunakan *heat treatment* adalah sebagai berikut ;

1. Dari hasil pengujian Tarik yang telah dilaksanakan dapat membuktikan bahwa baja st 37 sebelum dilakukan proses *anil* lebih tinggi kekuatan tariknya dengan rata-rata 50,56 kgf/mm dibandingkan dengan baja st 37 yang sudah dilakukan proses *anil* lebih rendah kekuatan tariknya dengan rata-rata 31,45 kgf/mm.
2. Dari hasil pengujian kekerasan yang telah dilaksanakan dapat membuktikan bahwa baja st 37 lebih keras sebelum dilakukan proses *anil* dengan rata-rata 75,22 HRA dibandingkan dengan baja st 37 yang sudah dilakukan proses *anil* dengan rata-rata 67,63 HRA

#### 5.2. Saran

Adapun saran dari penelitian pengaruh *annealing* baja st 37 terhadap kekerasan dan kekuatan tarik adalah;

1. Perlu dilakukan pengembangan dan perbaikan terhadap tungku *heat treatment* sehingga dapat digunakan semaksimal mungkin.
2. Diharapkan pada pengujian selanjutnya dapat menggunakan spesimen yang lebih keras dibandingkan dengan spesimen baja st 37.
3. Dalam penggunaan tungku *heat treatment* sebaiknya dalam keadaan *heat safty* ( keselamatan panas ).

# LAMPIRAN

## 1. Grafik pengujian tarik sebelum proses annealing

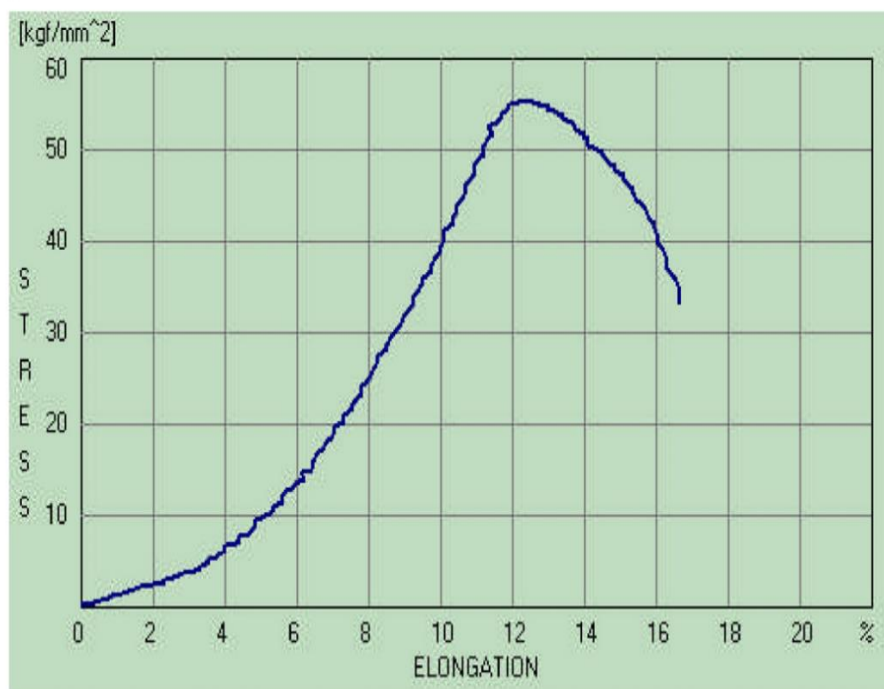


UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Kampus: Jl. Kapten Mochtar Basri, BA. No. 3, Email: prodimmesin\_fatek@umsu.ac.id

### TEST REPORT

Test No. :	1	Max. Force :	1534.14 (kgf)
Test Type :	Tensile	Break Force :	942.47 (kgf)
Date Test :	5-3-2020 ; 20:10:18	Yield Strength :	0.18 (kgf/mm <sup>2</sup> )
Specimens :	Others	Tensile Strength :	54.26 (kgf/mm <sup>2</sup> )
Area :	28.27 (mm <sup>2</sup> )	Elongation :	16.67 (%)



Kaprodik Teknik Mesin

Kalab. Pengujian Material

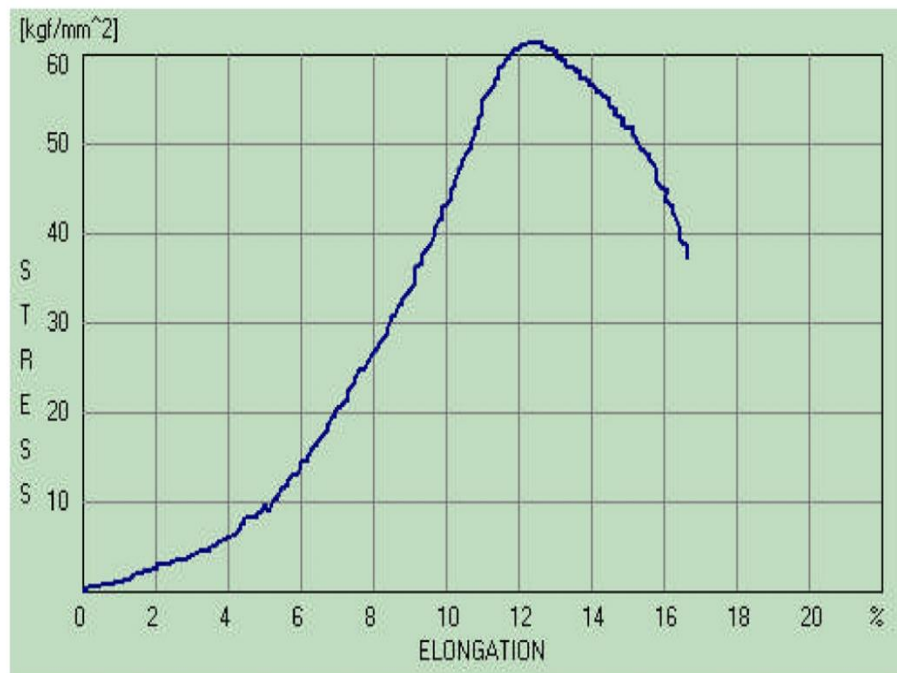


UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Kampus: Jl. Kapten Mochtar Basri, BA. No. 3, Email: prodimmesin\_fatek@umsu.ac.id

TEST REPORT

Test No. :	2	Max. Force :	1575.26 (kgf)
Test Type :	Tensile	Break Force :	1049.92 (kgf)
Date Test :	5-3-2020 ; 20:15:15	Yield Strength :	0.18 (kgf/mm <sup>2</sup> )
Specimens :	Others	Tensile Strength :	55.71 (kgf/mm <sup>2</sup> )
Area :	28.27 (mm <sup>2</sup> )	Elongation :	16.67 (%)



Kaprodi Teknik Mesin

Kalab. Pengujian Material



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

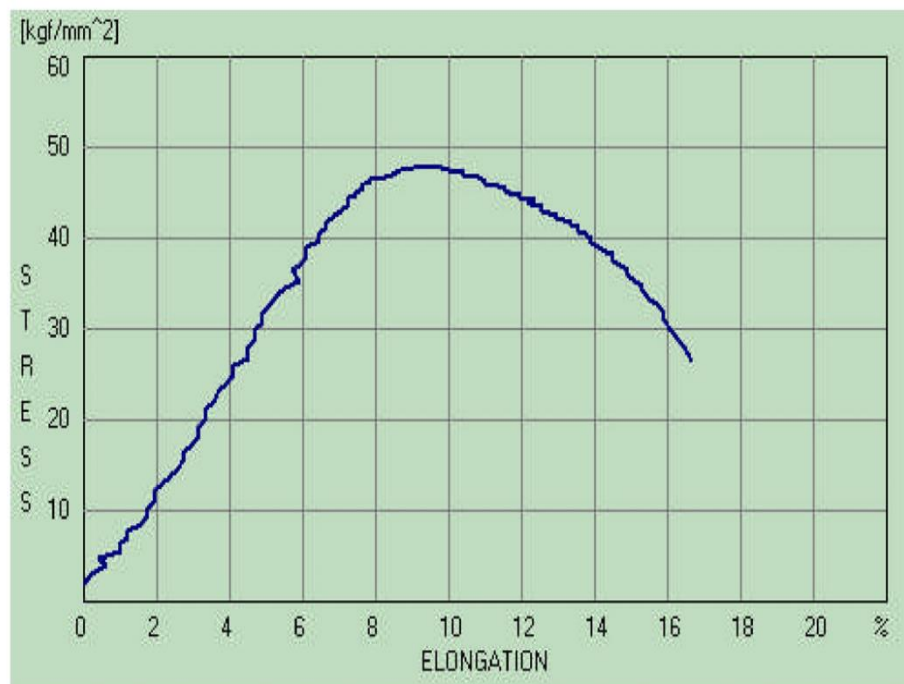
FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Kampus: Jl. Kapten Mochtar Basri, BA. No. 3, Email: proditmesin\_fatek@umsu.ac.id

### TEST REPORT

Test No. :	3	Max. Force :	1337.80 (kgf)
Test Type :	Tensile	Break Force :	747.46 (kgf)
Date Test :	5-3-2020 ; 20:18:37	Yield Strength :	0.18 (kgf/mm <sup>2</sup> )
Specimens :	Others	Tensile Strength :	47.32 (kgf/mm <sup>2</sup> )
Area :	28.27 (mm <sup>2</sup> )	Elongation :	16.67 (%)



Kaprodi Teknik Mesin

Kalab. Pengujian Material



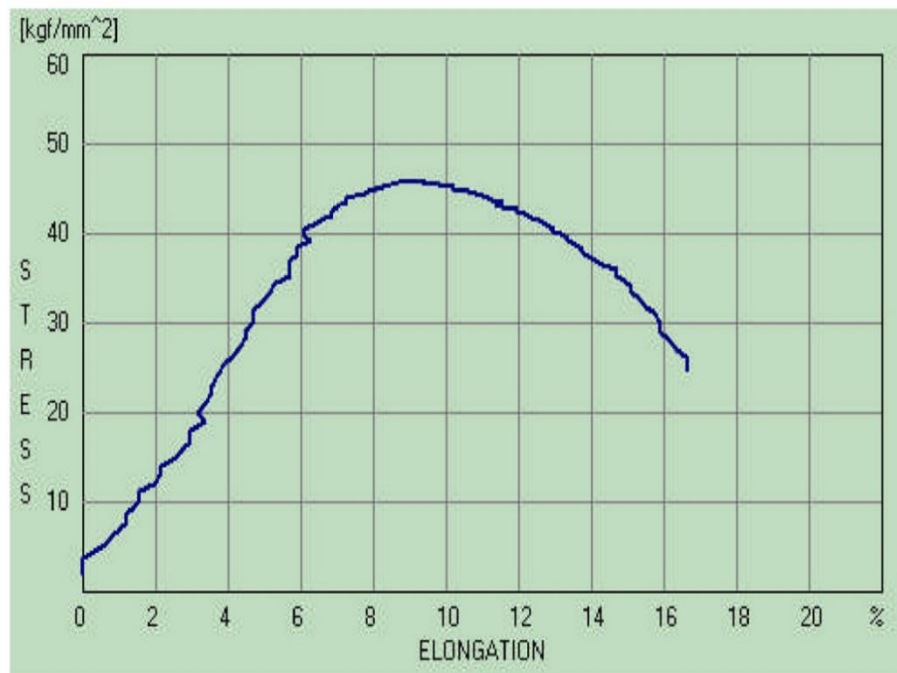


UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Kampus: Jl. Kapten Mochtar Basri, BA. No. 3, Email: prodimmesin\_fatek@umsu.ac.id

TEST REPORT

Test No. :	4	Max. Force :	1282.08 (kgf)
Test Type :	Tensile	Break Force :	698.37 (kgf)
Date Test :	5-3-2020 ; 20:21:20	Yield Strength :	0.18 (kgf/mm <sup>2</sup> )
Specimens :	Others	Tensile Strength :	45.34 (kgf/mm <sup>2</sup> )
Area :	28.27 (mm <sup>2</sup> )	Elongation :	16.67 (%)



Kaprodi Teknik Mesin

Kalab. Pengujian Material

**2. Grafik pengujian tarik sesudah proses annealing**

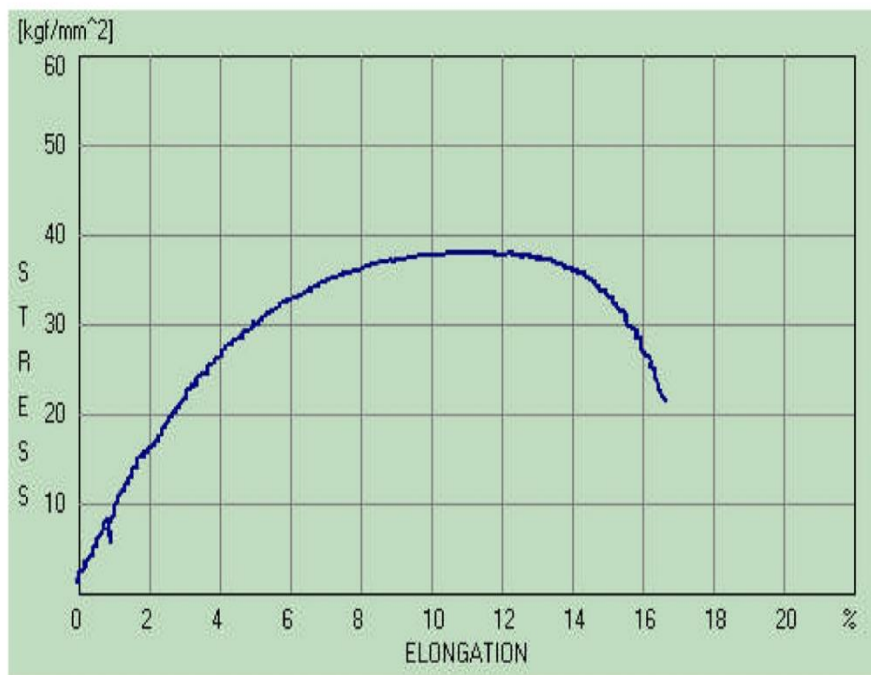


UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Kampus: Jl. Kapten Mochtar Basri, BA. No. 3, Email: prodimmesin\_fatek@umsu.ac.id

TEST REPORT

Test No. :	<input type="text" value="2"/>	Max. Force :	<input type="text" value="935.83 (kgf)"/>
Test Type :	<input type="text" value="Tensile"/>	Break Force :	<input type="text" value="605.51 (kgf)"/>
Date Test :	<input type="text" value="5-3-2020 ; 19:49:18"/>	Yield Strength :	<input type="text" value="0.18 (kgf/mm^2)"/>
Specimens :	<input type="text" value="Others"/>	Tensile Strength :	<input type="text" value="33.10 (kgf/mm^2)"/>
Area :	<input type="text" value="28.27 (mm^2)"/>	Elongation :	<input type="text" value="16.67 (%)"/>



Kaprodi Teknik Mesin

Kalab. Pengujian Material



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

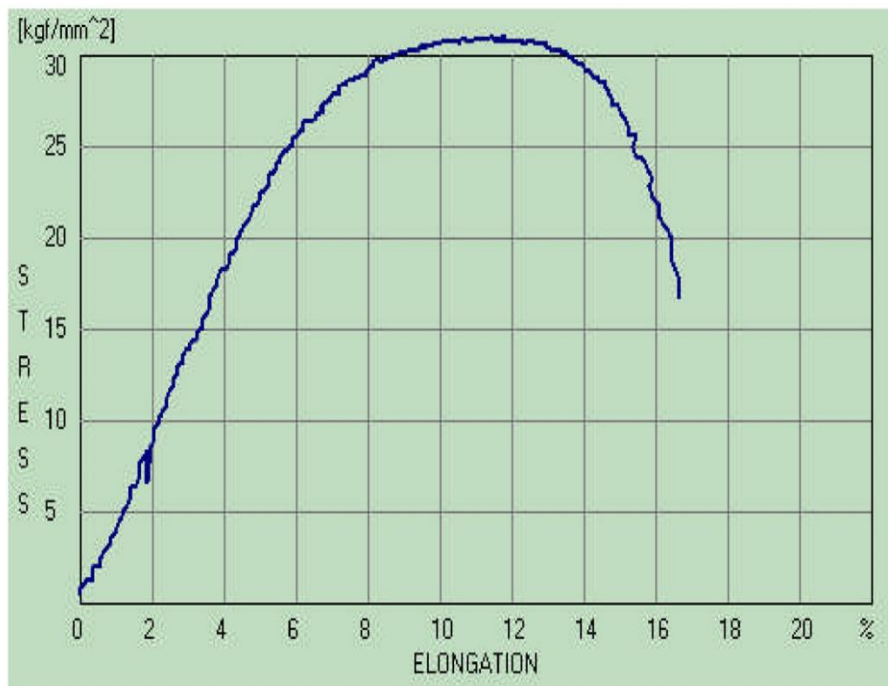
FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Kampus: Jl. Kapten Mochtar Basri, BA. No. 3, Email: prodimmesin\_fatek@umsu.ac.id

### TEST REPORT

Test No. :	2	Max. Force :	724.90 (kgf)
Test Type :	Tensile	Break Force :	474.17 (kgf)
Date Test :	5-3-2020 ; 19:58:25	Yield Strength :	0.18 (kgf/mm <sup>2</sup> )
Specimens :	Others	Tensile Strength :	25.64 (kgf/mm <sup>2</sup> )
Area :	28.27 (mm <sup>2</sup> )	Elongation :	16.67 (%)



Kaprodi Teknik Mesin

Kalab. Pengujian Material



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

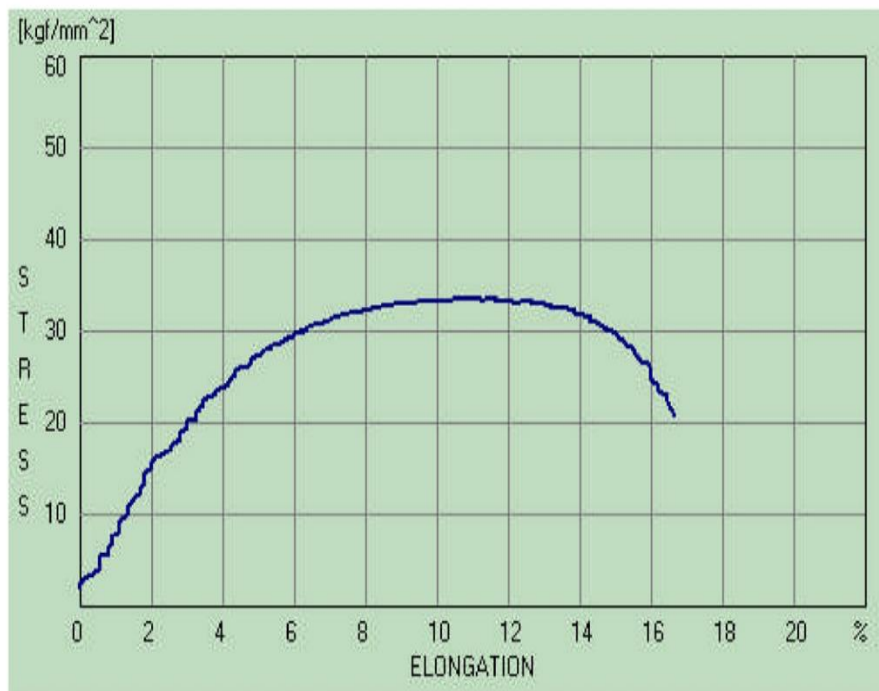
FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Kampus: Jl. Kapten Mochtar Basri, BA. No. 3, Email: prodimmesin\_fatek@umsu.ac.id

### TEST REPORT

Test No. :	3	Max. Force :	893.38 (kgf)
Test Type :	Tensile	Break Force :	588.26 (kgf)
Date Test :	5-3-2020 ; 20:2:23	Yield Strength :	0.18 (kgf/mm <sup>2</sup> )
Specimens :	Others	Tensile Strength :	31.60 (kgf/mm <sup>2</sup> )
Area :	28.27 (mm <sup>2</sup> )	Elongation :	16.67 (%)



Kaprodi Teknik Mesin

Kalab. Pengujian Material

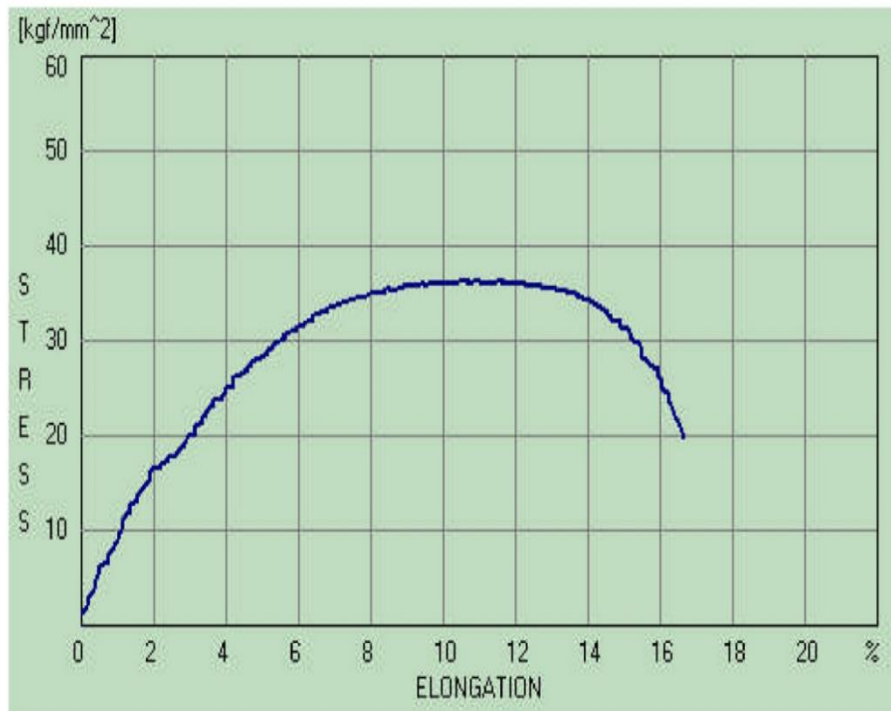


UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Kampus: Jl. Kapten Mochtar Basri, BA. No. 3, Email: prodimmesin\_fatek@umsu.ac.id

TEST REPORT

Test No. :	4	Max. Force :	1003.49 (kgf)
Test Type :	Tensile	Break Force :	555.10 (kgf)
Date Test :	5-3-2020 ; 20:5:59	Yield Strength :	0.18 (kgf/mm <sup>2</sup> )
Specimens :	Others	Tensile Strength :	35.49 (kgf/mm <sup>2</sup> )
Area :	28.27 (mm <sup>2</sup> )	Elongation :	16.67 (%)



Kaprodi Teknik Mesin

Kalab. Pengujian Material

## LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

### Pengaruh Annealing Baja ST 37 Terhadap Kekerasan Dan Kekuatan Tarik

Nama : Risky Nulhakim Matondang  
 NPM : 1507230289

Dosen Pembimbing 1 : Khairul Umurani S.T., M.T  
 Dosen Pembimbing 2 : Ahmad Marabdi S.T., M.T

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
	Selasa $\frac{8}{10}$ 2019	- Perbaiki Spesifikasi	h
	Rabu $\frac{13}{11}$ 2019	- Perbaiki Teguan - Perbaiki Perencanaan	h
	Kamis $\frac{16}{1}$ 2020	- Perbaiki Tugasan	h
	Rabu $\frac{19}{2}$ 2020	- Perbaiki Rustaka - Lanjut ke Pembimbing 2	h
	Senin $\frac{4}{5}$ 2020	- Perbaiki Bab-3.	PH.
	Rabu $\frac{16}{9}$ 2020	- Perbaiki prosedur	PH.
	Rabu $\frac{18}{11}$ 2020	- kembali ke pembimbing 1.	PH.
	Rabu $\frac{16}{12}$ 2020	Acc, seminar	h
		Acc, persiapan seminar	PH.



MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**  
**FAKULTAS TEKNIK**

Jalan Kapten Mochtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 8622400 - EXT. 12  
Website: <http://teknik.umsu.ac.id> E-mail: [teknik@umsu.ac.id](mailto:teknik@umsu.ac.id)

**PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHUJUKAN  
DOSEN PEMBIMBING**

Nomor : 1054/IL3-AU/UMSU-07/F/2020

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas nama Ketua Program Studi Teknik Mesin Pada Tanggal 14 September 2020 dengan ini Menetapkan :

Nama : **RISKI NULHAKIM MATONDANG**  
NPM : 1507230289  
Program Studi : **TEKNIK MESIN**  
Semester : **XIII(TIGA BELAS)**  
Judul Tugas Akhir : **PENGARUH ANGLING BAJA ST 31 TERHADAP KEKERASAN DAN KEKUATAN TARIK**

Pembimbing I : **KHAIRUL UMURANI, ST, MT**  
Pembimbing - II : **AHMAD MARABDI, ST, MT**

Dengan demikian diizinkan untuk menulis Tugas Akhir dengan ketentuan :

1. Bila judul Tugas Akhir kurang sesuai dapat diganti oleh Dosen pembimbing setelah mendapat persetujuan dari Program Studi Teknik Mesin
2. Penulisan Tugas Akhir dinyatakan batal setelah 1 (Satu) Tahun dan tanggal yang telah ditetapkan.

Demikian surat penunjukan dosen Pembimbing dan menetapkan Judul Tugas Akhir ini dibuat untuk dapat dilaksanakan sebagaimana mestinya

Ditetapkan di Medan pada Tanggal,  
Medan, 23 Muharram 1442 H  
11 September 2020 M

Dekan



**Muhammad Mansury Siregar, S.T, M.T**  
NIDN : 0101017202


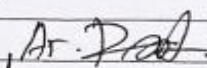

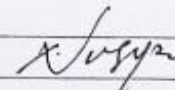
Cc. File

**DAFTAR HADIR SEMINAR  
TUGAS AKHIR TEKNIK MESIR  
FAKULTAS TEKNIK – UMSU  
TAHUN AKADEMIK 2020 – 2021**

Peserta Seminar

Nama : Risky Nulhakim Mtd  
 NPM : 1507230289  
 Judul Tugas Akhir : Pengaruh Annealing Baja ST 37 Terhadap Kekerasan Dan Kekuatan Tarik.

DAFTAR HADIR	TANDA TANGAN
Pembimbing – I : Khairul Umurani.S.T.M.T	: 
Pembimbing – II : Ahmad Marabdi Srg.S.T.M.T	: 
Pemanding – I : Riadini Wanty Lubis.S.T.M.T	: 
Pemanding – II : H.Muharnif.S.T.M.Sc	: 

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1507230289-P	Yudo Bhaskara	
2	1607230041	ARIE PRANITA	
3	1607230092	FAHRI AHMAD THAHIR	
4	1507230269	NUSYIRWAN SANDI SIAGION	
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Medan, 13 Sya'ban 1442 H  
27 Maret 2021 M

Ketua Prodi. T.Mesin





**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

---

NAMA : Risky Nulhakim Mtd  
NPM : 1507230289  
Judul T.Akhir : Pengaruh Annealing baja ST 37 Terhadap Kekerasan Dan Kekuatan Tarik.

Dosen Pembimbing – I : Khairul Umurani.S.T.M.T  
Dosen Pembimbing – II : Ahmad Marabdi Siregar.S.T.M.T  
Dosen Pembanding - I : Riadini Wanty Lubis.S.T.M.T  
Dosen Pembanding - II : H.Muharnif.S.T.M.sc

**KEPUTUSAN**

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana ( collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain

..... *Li-hant* ..... *hulu* ..... *W. Lubis* .....  
.....  
.....

3. Harus mengikuti seminar kembali  
Perbaikan :

.....  
.....  
.....  
.....

Medan 13 Sya'ban 1442 H  
27 Maret 2021 M

Diketahui :  
Ketua Prodi. T.Mesin



Affandi S.T.M.T

Dosen Pembanding- I:

Riadini wanty Lubis.S.T.M.T

**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

---

NAMA : Risky Nulhakim Mtd  
NPM : 1507230289  
Judul T.Akhir : Pengaruh Annealing baja ST 37 Terhadap Kekerasan Dan Kekuatan Tarik.

Dosen Pembimbing – I : Khairul Umurani.S.T.M.T  
Dosen Pembimbing – II : Ahmad Marabdi Siregar.S.T.M.T  
Dosen Pembanding - I : Riadini Wanty Lubis.S.T.M.T  
Dosen Pembanding - II : H.Muharnif.S.T.M.sc

**KEPUTUSAN**

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana ( collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :

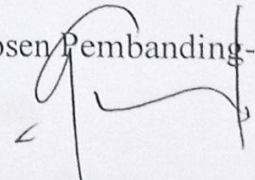
*Waktu kerja tugas akhir*  
.....  
.....  
.....

3. Harus mengikuti seminar kembali  
Perbaikan :

.....  
.....  
.....

Medan 13 Sya'ban 1442 H  
27 Maret 2021 M

Diketahui :  
Ketua Prodi: T.Mesin  
  
Affandi.S.T.M.T

Dosen Pembanding- II  
  
H.Muharnif.S.T.M.Sc

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



### **DATA PRIBADI**

Nama : Risky Nulhakim Matondang  
NPM : 1507230289  
Tempat/TanggalLahir : Sungai rampah, 14-08-1997  
Jenis Kelamin : Laki-Laki  
Agama : Islam  
Status : Belum menikah  
Alamat : Desa Lubuk Jawi  
Kecamatan : Bagan Sinembah  
Kabupaten : Rokan Hilir  
Provinsi : Riau  
Nomor Hp : 082310951875  
E-mail : riskyn.matondang@gmail.com  
Nama Orang Tua  
Ayah : M Sudin Matondang  
Ibu : Nurpida Lubis

### **PENDIDIKAN FORMAL**

2003-2009 : SD Negeri 026 Lubuk Jawi  
2009-2012 : SMP Negeri 3 Bagan Sinembah  
2012-2015 : SMA Negeri 1 Bila Hulu  
2015-2020 : S1 Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara