

TUGAS SARJANA
KONSTRUKSI DAN MANUFAKTUR

RANCANG BANGUN CHASSIS PADA MOBIL
HEMAT ENERGI (MHE)

*Diajukan Sebagai Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik (S.T)
Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun oleh :

AHMAD RIKI APANDI SIREGAR
1307230189



PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2018

LEMBAR PENGESAHAN I
TUGAS SARJANA
RANCANG BANGUN CHASSIS PADA MOBIL
HEMAT ENERGI (MHE)

Disusun Oleh :

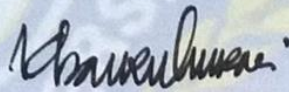
NAMA : AHMAD RIKI APANDI SIREGAR

NPM : 1307230189

Diperiksa : 16 Oktober 2018

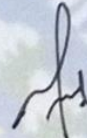
Disetujui Oleh :

Pembimbing – I



(KHAIRUL UMURANI, S.T.,M.T.)

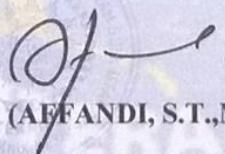
Pembimbing – II



(H. MUHARNIF M, S.T.,M.Sc.)

Diketahui oleh :

Ka. Program Studi Teknik Mesin



(AFFANDI, S.T.,M.T.)

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2018

LEMBAR PENGESAHAN II
TUGAS SARJANA
RANCANG BANGUN CHASSIS PADA MOBIL
HEMAT ENERGI (MHE)

Disusun Oleh :

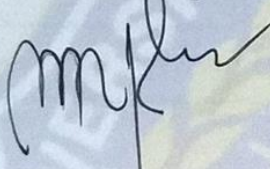
NAMA : AHMAD RIKI APANDI SIREGAR

NPM : 1307230189

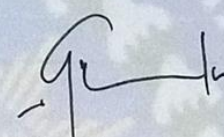
Diperiksa : 16 Oktober 2018

Disetujui Oleh :

Pembanding – I

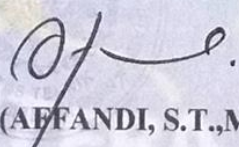

(M YANI, S.T.,M.T.)

Pembanding – II


(CHANDRA A SIREGAR, S.T.,M.T.)

Diketahui oleh :

Ka. Program Studi Teknik Mesin


(AFFANDI, S.T.,M.T.)

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2018



**MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**

Pusat Administrasi: Jalan Kapten Mukhtar Basri No.3 Telp. (061) 6611233 – 6624567 –
6622400 – 6610450 – 6619056 Fax. (061) 6625474 Medan 20238
Website : <http://www.umsu.ac.id>

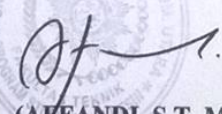
Bila menjawab surat ini agar disebutkan
nomor dan tanggalnya

**DAFTAR SPESIFIKASI
TUGAS SARJANA**

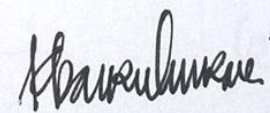
Nama : AHMAD RIKI APANDI SIREGAR
NPM : 1307230189
Semester : XI
SPESIFIKASI :
RANCANG BANGUN CHASSIS PADA MOBIL HEMAT ENERGI (MHE)

Diberikan Tanggal : 03 Oktober 2017
Selesai Tanggal : 28 September 2018
Asistensi : Seminggu Sekali
Tempat Asistensi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dan Panti Asuhan Putra Muhammadiyah Medan

Diketahui oleh :
Ka. Program Studi Teknik Mesin


(AFFANDI, S.T.,M.T.)

Medan, 17 Oktober 2018
Dosen Pembimbing – I


(KHAIRUL UMURANI, S.T.,M.T.)



MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Pusat Administrasi: Jalan Kapten Mukhtar Basri No.3 Telp. (061) 6611233 – 6624567 –
6622400 – 6610450 – 6619056 Fax. (061) 6625474 Medan 20238
Website : <http://www.umsu.ac.id>

Bila menjawab surat ini, agar disebutkan
Nomor dan tanggalnya

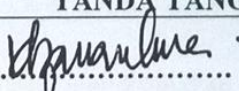
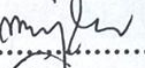
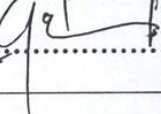
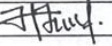
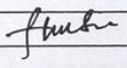
DAFTAR HADIR ASISTENSI
TUGAS SARJANA

NAMA : Ahmad Riki Apandi Siregar
NPM : 1307230189
PEMBIMBING I : Khairul Umurani, S.T.,M.T.
PEMBIMBING II : H. Muharnif, S.T.,M,sc.

NO	Hari / Tanggal	Uraian	Paraf
1	Senin 23/7/2018	Pembekalan openfileas	le
2	Kamis 26/7/2018	Perbincangan bab I	le
3	Rabu 8/8/2018	Perbincangan bab II	le
4	Jumat 10/8/2018	Perbincangan bab III	le
5	Selasa 28/8/2018	Jajant ke pembina	le
6	Selasa 4/9/2018	Perbincangan bab IV	le
7	Jumat 7/9/2018	Perbincangan bab V	le
8	Rabu 19/9/2018	Perbincangan daftar pustaka	le
9	Senin 24/9/2018	Ke, Simunin	le

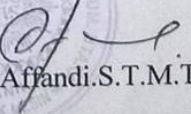
**DAFTAR HADIR SEMINAR
TUGAS AKHIR TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK – UMSU
TAHUN AKADEMIK 2018 – 2019**

Peserta Seminar
 Nama : Ahmad Riki Apandi Siregar
 NPM : 1307230189
 Judul Tugas Akhir : Rancang Bangun Chassis Pada Mobil Hemat Energi (MHE)

DAFTAR HADIR			TANDA TANGAN
Pembimbing – I	: Khairul Umurani.S.T.M.T	:	
Pembimbing – II	: H.Muharnif.S.T.M.Sc	:	
Pembanding – I	: M.Yani.S.T.M.T	:	
Pembanding – II	: Chandra A Siregar.S.T.M.T	:	
No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1307230777	HENDRA GUNAWAN	
2	1307230131	ALPIN LAZUARDI	
3	1307230244	ISMAIL	
4	1307230694	FEBRI ADITIYA	
5	1307230210	Dwi SURYONO	
6	1407230273	MUELIS	
7	1407230166	Rio Sudi Pratama	
8			
9			
10			

Medan, 18 Muharram 1440 H
 28 September 2018 M

Ketua Prodi. T Mesin


 Affandi.S.T.M.T

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

NAMA : Ahmad Riki Apandi Siregar
NPM : 1307230189
Judul T.Akhir : Rancang Bangun Chassis Pada Mobil Hemat Energi (MHE)

Dosen Pembimbing – I : Khairul Umurani.S.T.M.T
Dosen Pembimbing – II : H.Muharnif.S.T.M.Sc
Dosen Pembanding - I : M.Yani.S.T.M.T
Dosen Pembanding - II : Chandra A Siregar.S.T.M.T

KEPUTUSAN

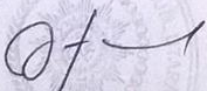
- ☒ Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :

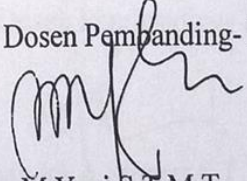
lihat pada draft skripsi & perbaikan.

- ☒ Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :

Medan 18 Muharram1440H
28 September 2018 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T.Mesin


Affandi.S.T.M.T

Dosen Pembanding- I

M.Yani.S.T.M.T

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

NAMA : Ahmad Riki Apandi Siregar
NPM : 1307230189
Judul T.Akhir : Rancang Bangun Chassis Pada Mobil Hemat Energi (MHE)

Dosen Pembimbing – I : Khairul Umurani.S.T.M.T
Dosen Pembimbing – II : H.Muharnif.S.T.M.Sc
Dosen Pembimbing - I : M.Yani.S.T.M.T
Dosen Pembimbing - II : Chandra A Siregar.S.T.M.T

KEPUTUSAN

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

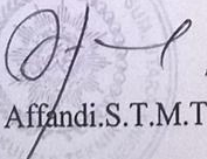
.....*tidak*.....*bukan*.....*tidak*.....*tidak*.....
.....
.....

3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :

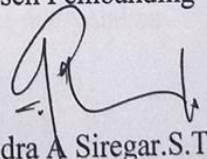
.....
.....
.....
.....

Medan 18 Muharram 1440H
28 September 2018 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T.Mesin


Affandi.S.T.M.T

Dosen Pembimbing- II


Chandra A Siregar.S.T.M.T

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS SARJANA

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Ahmad Riki Apandi Siregar
Tempat/tgl lahir : Aek Nabuntu, 27 Agustus 1993
Npm : 1307230189
Bidang keahlian : Konstruksi Dan Manufaktur
Program studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
(UMSU)

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan tugas sarjana saya ini yang berjudul:

“RANCANG BANGUN CHASSIS PADA MOBIL HEMAT ENERGI (MHE)”

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material maupun non material, ataupun segala kemungkinan yang lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis tugas sarjana saya secara orisinil dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidak sesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia di proses oleh tim fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan atau 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 universitas muhammadiyah sumatera utara.

Medan, 17 Oktober 2018

Saya yang menyatakan



(AHMAD RIKI APANDI SIREGAR)

ABSTRAK

Chassis merupakan bagian yang sangat penting bagi kendaraan. Perancangan chassis yang tepat akan memberikan hasil yang optimal antara tingkat keamanan. Chassis memiliki bentuk dan ukuran yang kompleks, sehingga apabila dilakukan perancangan secara manual akan memiliki banyak kendala dan hasilnya pun tidak akurat. Untuk mendapatkan hasil yang akurat maka rancang bangun chassis mobil hemat energi menggunakan software solidwork. Dalam rancang bangun chassis dilakukan pengujian secara statis dan dinamis dalam material uji tiga titik lentur. Pengujian dilakukan di lab teknik mesin universitas muhammadiyah sumatera utara. Pada rancang bangun chassis pada mobil hemat energi menggunakan material besi hollow 20 x 20 dengan tiga titik lentur adalah 82,78 kg/mm², material besi hollow 20 x 40 tiga titik lentur adalah 151,36 kg/mm², material besi UNP 5 adalah 264,68 kg/mm².

Kata Kunci : Chassis, Mobil hemat energi, Tiga titik lentur, Rancang bangun.

KATA PENGANTAR



Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Puji dan syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT, karena berkat rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Sarjana ini dengan lancar. Tugas sarjana ini merupakan tugas akhir bagi mahasiswa Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dalam menyelesaikan studinya. Untuk memenuhi syarat tersebut penulis dengan bimbingan dari pada dosen pembimbing merencanakan sebuah “RANCANG BANGUN CHASSIS PADA MOBIL HEMAT ENERGI (MHE)”.

Dalam menyelesaikan tugas ini penulis banyak mengalami hambatan dan rintangan yang disebabkan minimnya pengetahuan dan pengalaman penulis, namun berkat petunjuk Allah SWT yang terus-menerus hadir dan atas kerja keras penulis, dan atas banyaknya bimbingan dari pada dosen pembimbing, serta bantuan moril maupun materil dari berbagai pihak akhirnya penulis dapat menyelesaikan tugas sarjana.

Untuk itu penulis pada kesempatan ini menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Kedua orang tua tercinta penulis yaitu Almarhum ayahanda Zulkifli Siregar dan Ibunda Lana sari telah membesarkan, mengasuh, mendidik, serta senantiasa memberikan kasih sayang, do’a yang tulus, dan dukungan moril maupun material sehingga penulis dapat menyelesaikan studi di Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
2. Kakak saya Santi Ria Dewi Siregar, S.pd. yang selalu mendukung dalam pengerjaan skripsi saya.
3. Bapak Khairul Umurani, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing I.
4. Bapak H. Muharnif, S.T., M.Sc., selaku Dosen Pembimbing II.
5. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak Dr. Ade Faisal, S.T., M.Sc, selaku Wakil Dekan I Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Bapak Khairul Umurani, S.T., M.T. selaku Wakil Dekan III Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Bapak Affandi, S.T., M.T., selaku Ketua Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Bapak Chandra A Siregar, S.T., M.T., selaku Sekretaris Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
10. Keluarga besar LAB TEKNIK MESIN UMSU yang telah memberikan dukungan, semangat dan do’a yang tulus baik secara moril maupun materil kepada penulis.
11. Seluruh teman-teman seperjuangan stambuk 2013 yang telah banyak memberikan bantuan, motivasi dan do’a yang tulus kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa tugas ini masih jauh dari sempurna dan tidak luput dari kekurangan, karena itu dengan senang hati dan penuh lapang dada penulis menerima segala bentuk kritik dan saran dari pembaca yang sifatnya membangun demi kesempurnaan penulisan tugas sarjana ini.

Akhir kata penulis mengharapkan semoga tugas sarjana ini dapat bermanfaat bagi kita semua dan semoga Allah SWT selalu merendahkan hati atas segala pengetahuan yang kita miliki. Amin Ya Rabbal Alamin.
Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Medan,Oktober 2018

Penulis

AHMAD RIKI APANDI SIREGAR
1307230189

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN – I	
LEMBAR PENGESAHAN – II	
LEMBAR SPESIFIKASI	
LEMBAR ASISTENSI	
ABSTRAK	
KATA PENGANTAR	
DAFTAR ISI	
DAFTAR GAMBAR	
DAFTAR TABEL	
DAFTAR NOTASI	

BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	3
1.3. Batasan Masalah	3
1.4. Tujuan	3
1.5. Penelitian	4
1.6. Sistematika Penulisan	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Sejarah Mobil	6
2.2. Motor Bakar	6
2.3. Komponen Utama Mesin	7
2.4. Jenis – jenis Chassis	9
2.4.1. Jenis Ladder Frame	9
2.4.2. Jenis Monocoque Chassis	9
2.4.3. Jenis Tubular Space Frame	10
2.4.4. Jenis Backbone Chassis	11
2.5. Teori Perancangan Chassis	11
2.6. Perhitungan Kekuatan Chassis	12
BAB 3 METODE PERANCANGAN	15
3.1. Tempat Dan Waktu	15
3.1.1. Tempat	15
3.1.2. Waktu	15
3.2. Tahapan Penelitian	16
3.2.1. Studi Literatur	17
3.2.2. Pengolahan Hasil dan Data	17
3.2.3. Penyusunan Laporan	17
3.3. Rancangan Alat Penelitian	17

3.4.	Bahan Dan Alat	18
3.4.1.	Bahan	18
3.4.2.	Alat Yang Akan Diuji	18
3.5.	Alat Pengujian	18
3.6.	Proses Pembuatan Alat	19
3.7.	Prosedur Perakitan	23
3.8.	Prosedur Pengujian Alat Chassis	26

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN **33**

4.1.	Hasil Perancangan Chassis Dan Pembuatan Chassis	33
4.2.	Perhitungan Tegangan Pada Rangka Hollow 20 x 20	36
4.3.	Perhitungan Tegangan Pada Rangka Hollow 20 x 40	46
4.4.	Perhitungan Tegangan Pada UNP 5	59

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN **90**

5.1.	Kesimpulan	90
5.2.	Saran	91

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

CURRICULUM VITAE

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Chassis Jenis Ladder	9
Gambar 2.2	Chassis Jenis Monocoque	10
Gambar 2.3	Chassis Jenis Tubular	10
Gambar 2.4	Chassis Jenis Backbone	11
Gambar 2.5	Karakteristik Penampang	13
Gambar 2.6	Karakteristik Tiga Titik Lentur	14
Gambar 3.1	Kerangka Konsep Penelitian	16
Gambar 3.2	Uji Lentur	19
Gambar 3.3	Besi UNP 5	19
Gambar 3.4	Besi Hollow 20 x 20	20
Gambar 3.5	Besi Hollow 20 x 40	20
Gambar 3.6	Spesifikasi Elektroda	21
Gambar 3.7	Gerinda Potong	21
Gambar 3.8	Mesin Las	21
Gambar 3.9	Sigmat	22
Gambar 3.10	Waterpass	22
Gambar 3.11	Gerinda Tangan	22
Gambar 3.12	Bahan Utama Besi UNP 5, Hollow 20 x 40, Dan Hollow 20 x 40	23
Gambar 3.13	Proses Pemotongan	24
Gambar 3.14	Proses Pengelasan	24
Gambar 3.15	Proses Pendempulan	25
Gambar 3.16	Proses Pengecatan	25
Gambar 3.17	Hasil Pengecatan	26
Gambar 3.18	Pengujian Hollow 20 x 20 Spesimen 1	27
Gambar 3.19	Pengujian Hollow 20 x 20 Spesimen 2	27
Gambar 3.20	Pengujian Hollow 20 x 20 Spesimen 3	28
Gambar 3.21	Hasil Dari Pengujian Hollow 20 x 20	28
Gambar 3.22	Pengujian Hollow 20 x 40 Spesimen 1	29
Gambar 3.23	Pengujian Hollow 20 x 40 Spesimen 2	29
Gambar 3.24	Pengujian Hollow 20 x 40 Spesimen 3	30
Gambar 3.25	Hasil Pengujian Hollow 20 x 40	30
Gambar 3.26	Pengujian Besi UNP 5 Spesimen 1	31
Gambar 3.27	Pengujian Besi UNP 5 Spesimen 2	31
Gambar 3.28	Pengujian Besi UNP 5 Spesimen 3	32
Gambar 3.29	Hasil Pengujian Besi UNP 5	32
Gambar 4.1	Desain Chassis Utama	34
Gambar 4.2	Desain Chassis Mobil Hemat Energi	34
Gambar 4.3	Chassis Utama	35
Gambar 4.4	Chassis Mobil Hemat Energi	35
Gambar 4.5	Grafik Spesimen 1 Hollow 20 x 20	39
Gambar 4.6	Grafik Spesimen 2 Hollow 20 x 20	42
Gambar 4.7	Grafik Spesimen 3 Hollow 20 x 20	45
Gambar 4.8	Grafik Spesimen 1 Hollow 20 x 40	50

Gambar 4.9	Grafik Spesimen 2 Hollow 20 x 40	54
Gambar 4.10	Grafik Spesimen 3 Hollow 20 x 40	58
Gambar 4.11	Grafik Spesimen 1 UNP 5	68
Gambar 4.12	Grafik Spesimen 2 UNP 5	78
Gambar 4.13	Grafik Spesimen 3 UNP 5	89

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Tabel ukuran Penampang	14
Tabel 3.1	Jadwal Waktu Kegiatan	15
Tabel 3.2	Dimensi Utama Prototype Mobil Hemat Energi	17
Tabel 4.1	Hasil Perhitungan Spesimen 1 Hollow 20 x 20	37
Tabel 4.2	Hasil Perhitungan Spesimen 2 Hollow 20 x 20	40
Tabel 4.3	Hasil Perhitungan Spesimen 3 Hollow 20 x 20	44
Tabel 4.4	Hasil Perhitungan Spesimen 1 Hollow 20 x 40	57
Tabel 4.5	Hasil Perhitungan Spesimen 2 Hollow 20 x 40	52
Tabel 4.6	Hasil Perhitungan Spesimen 3 Hollow 20 x 40	56
Tabel 4.7	Hasil Perhitungan Spesimen 1 UNP 5	61
Tabel 4.8	Hasil Perhitungan Spesimen 2 UNP 5	70
Tabel 4.9	Hasil Perhitungan Spesimen 3 UNP 5	80

DAFTAR NOTASI

SIMBOL	KETERANGAN	SATUAN
a	Luas Penampang	δ_p
B	Lebar Material	mm
E	Modulus Elastisitas	kg/mm^2
F	Gaya	kg
H	Tinggi Material	mm
I	Inersia	$kg.mm^2$
i	Radius Girasi	mm^2
L	Panjang Awal	mm
r	Radius	$^{\circ}C$
t	Tebal Benda	mm
δ_p	Tiga Titik Lentur	kg/mm^2
ΔL	Elongation	mm
σ	Tegangan	kg/mm^2
ε	Regangan	$\%$

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1.Latar Belakang

Pendidikan merupakan sarana untuk meningkatkan kualitas sumber daya manusia. Dengan pendidikan akan dapat memperbaiki kehidupan masyarakat dan membawa kepada peradaban yang lebih baik. Semakin berkembangnya peradaban manusia, semakin berkembang pula permasalahan yang dihadapi pendidikan, sehingga semakin menuntut kemajuan manusia dalam pemikiran-pemikiran yang sistematis tentang pendidikan.

Konsumsi energi di sektor transportasi dari tahun ke tahun telah meningkat secara signifikan, Proyeksi kebutuhan energi untuk sektor transportasi termasuk di dalamnya subsector transportasi darat, udara, air. Kebutuhan energi yang terbesar didominasi oleh angkutan darat sebesar 80 % dari total kebutuhan. Transportasi darat diperkirakan akan tumbuh sebesar 5.2 % per tahun sedangkan untuk transportasi air dan udara naik masing-masing sebesar 7.1 % dan 6.6 % pertahun. Transportasi air yang tumbuh paling cepat hanya mempunyai pangsa 14 % sedangkan transportasi udara dengan pangsa 9 % pada tahun 2021. Pangsa transportasi dengan menggunakan kereta api diperkirakan masih sangat rendah. Kebutuhan bahan bakar untuk sektor transportasi secara keseluruhan didominasi oleh minyak diesel diikuti oleh bensin. Kedua bahan bakar tersebut dikonsumsi lebih dari 85 % dari total kebutuhan. Sisanya adalah minyak tanah dan FO. Konsumsi BBM akan meningkat dengan pertumbuhan sebesar 6.2 % per tahun.

Sehingga diperlukan upaya untuk mendapatkan sistem transportasi yang hemat energi. Dalam menyanggupi tantangan itu sebuah penelitian dibuat guna merancang, membuat, menganalisa, dan menguji mobil hemat energi yang aman, irit dan ramah lingkungan dimana kami membangun kendaraan yang mampu mengurangi polusi udara dan hemat bahan bakar. Penelitian ini bermanfaat untuk menggali kreativitas dan potensi kami dalam peningkatan efisiensi konsumsi bahan bakar untuk kendaraan bermotor dan mempromosikan kepedulian terhadap pelestarian lingkungan hidup di dunia pendidikan tinggi.

Keunggulan mobil hemat energi dimana efisiensi konsumsi bahan bakar yang tinggi sehingga lebih irit, ramah lingkungan karena emisi gas buang yang rendah, ketenangan yang baik, dan performa yang luar biasa serta kepuasan mengemudi adalah beberapa keuntungan dari mobil hemat energi tersebut. Mobil irit saat ini menjadi kebutuhan dengan semakin sedikitnya sumber tenaga yang tersedia. Kebutuhan energi di dunia hingga detik ini cenderung dipenuhi dengan bahan bakar fosil. Diperkirakan pemakaian energi dunia hingga tahun 2025 akan masih didominasi bahan bakar fosil yakni minyak, gas alam dan batubara. Kecenderungan seperti ini pun juga terjadi di Indonesia (Energi Information Administration, 2010). Alat yang dikemukakan adalah mobil hemat energi yang dirangkai pada suatu unit chassis.

Dalam merancang performa suatu kendaraan bermotor yang perlu diperhatikan adalah *Chassis* yang berfungsi sebagai penopang bodi dan terdiri dari *frame* (rangka), *engine* (mesin), *power train* (pemindah tenaga), *wheels* (roda-roda), *steering system* (sistem kemudi), *suspension system* (sistem suspensi), *brake system* (sistem rem), penumpang dan kelengkapan lainnya. Kekuatan dan

keamanan *chassis* memainkan peranan yang penting untuk menghindari kecelakaan fatal. Dengan perkembangan teknologi komputer yang signifikan, masalah desain dapat dengan relatif mudah dilakukan sebelum prototype akhir dibuat. Dengan demikian suatu komponen dapat dievaluasi sebelum diproduksi dan diaplikasikan.

1.2.Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka perumusan masalah dalam Proyek Akhir ini adalah bagaimana Perancangan dan Pembuatan Mobil Hemat Energi (MHE). Kasus yang harus diselesaikan adalah :

1. Bagaimana melakukan perancangan *chassis* pada Mobil Hemat Energi (MHE)?
2. Bagaimana menganalisa kekuatan *chassis* pada tiga titik lentur ?

1.3.Batasan Masalah

Agar penelitian ini tidak meluas dan tetap berada pada topik penelitian, maka perlu adanya pembatasan masalah. Sebagai batasan masalah dalam penyusunan laporan ini adalah:

1. Perancangan hanya di titik beratkan pada proses pembuatan *chassis*.
2. Pengujian kekuatan *chassis* digunakan dengan uji impak.
3. Bahan yang digunakan baja hollow 20 x 20, baja hollow 20 x 40, dan baja UNP
- 5.

1.4. Tujuan

1. Tujuan Umum

Tujuan umum dari rancang bangun ini adalah untuk melakukan perencanaan pembuatan *Chassis* pada Mobil Hemat Energi (MHE).

2. Tujuan Khusus

Adapun tujuan khusus dari perencanaan pembuatan *chassis* adalah :

1. Untuk merencanakan *chassis* pada mobil hemat energi.
2. Membangun *chassis* pada mobil hemat energi.
3. Menganalisa *chassis* pada mobil hemat energi.

1.5. Penelitian

Adapun penelitian dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan pemahaman langkah langkah perencanaan *Chassis* pada Mobil Hemat Energi (MHE).
2. Memberikan kontribusi dalam memperkaya pembuatan desain *chassis* kepada dunia pendidikan.

1.6. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan mencakup keseluruhan isi penulisan yang diuraikan oleh masing-masing bab. Sistematika penulisan yang dibuat adalah sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

Dalam bab ini membahas tentang latar belakang permasalahan, tujuan penulisan, batasan masalah, metode penulisan, dan sistematika penulisan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Dalam bab ini akan diterangkan mengenai dasar-dasar teori yang berkaitan dengan pembahasan *chassis* pada Mobil Hemat Energi (MHE).

BAB 3 METODE PENELITIAN

Pada bab ini proses perancangan *chassis* pada Mobil Hemat Energi (MHE).

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini penulis akan mengolah data-data yang di peroleh dan membandingkannya serta merancang dari hasil yang telah didapat maka solusi dari permasalahan dapat dihadapi.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Dalam bab ini berisikan tentang kesimpulan-kesimpulan dan saran-saran yang didapat dari hasil pembahasan dan pengamatan penulis.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

CURRICULUM VITAE

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Sejarah Mobil

Sejarah otomotif atau *otomobile* di mulai awal 1769 dengan dibuatnya mesin bertenaga uap yang mampu menjadi alat transportasi manusia. Pada tahun 1806, mobil pertama yang menggunakan mesin pembakaran internal berbahan bakar gas muncul, yang mengarah pada penemuan mesin modern berbahan bakar bensin pada tahun 1885. Hingga mobil listrik yang muncul pada abad ke -20.

Kendaraan pertama yang menggunakan tenaga mesin uap dibuat pada akhir abad 18. Nicolas Joseph Cugnot dengan sukses mendemonstrasikan kendaraan tersebut pada tahun 1769. Hasil rancangan Nicolas Joseph Cugnot tersebut dibangun oleh M.Brezin.

2.2. Motor Bakar

Motor bakar adalah salah satu bagian dari mesin kalor yang berfungsi untuk mengkonversi energi termal hasil pembakaran bahan bakar menjadi energi mekanis. Terjadinya energi panas karena adanya proses pembakaran, bahan bakar, udara, dan sistem pengapian. Dengan adanya suatu konstruksi mesin, memungkinkan terjadinya siklus kerja mesin untuk usaha dan tenaga dorong dari hasil ledakan pembakaran yang diubah oleh konstruksi mesin menjadi energi mekanik atau tenaga penggerak Pada Motor bakar pembakaran dalam (*Internal combustion engine*).

Motor bakar pembakaran dalam (*Internal combustion engine*) adalah suatu proses pembakaran dimana energi gerak atau energi mekanis dibangkitkan didalam ruang bakar.

Proses pembakaran silinder terjadi didalam silinder motor. Sebagai contoh adalah motor bensin. Didalam ruang bakar energi mekanis dibangkitkan oleh gerakan torak yang dihasil dari ledakan bahan bakar dalam ruang bakar (combustion chamber). Secara umum motor pembakaran dalam mempunyai beberapa kelebihan sebagai berikut:

1. Lebih hemat atau irit dalam pemakaian bahan bakar.
2. Kontruksi mesin yang lebih sederhana dan lebih kecil.

Mesin bensin atau mesin Otto dari Nikolaus Otto adalah sebuah tipe mesin pembakaran dalam yang menggunakan nyala busi untuk proses pembakaran (*Spark Ignition*), dirancang untuk menggunakan bahan bakar bensin. Pada mesin bensin, umumnya udara dan bahan bakar dicampur sebelum masuk ke ruang bakar. Pencampuran udara dan bahan bakar dilakukan oleh karburator atau sistem injeksi. Bahan bakar yang bercampur udara mengalir kedalam ruang bakar dan dikompresikan dalam ruang bakar, kemudian dipercikan bunga api listrik yang berasal dari busi. Karena itu motor bensin disebut juga sebagai spark ignition engine. Ledakan yang terjadi dalam ruang bakar mendorong torak, kemudian mengerakan poros engkol untuk didistribusikan ke roda.

Mobil hemat energi adalah mobil ramah lingkungan karena emisi gas buang yang rendah, ketenangan yang baik, dan performa yang luar biasa serta kepuasan mengemudi.

2.3. Komponen Utama Mesin

Mobil terdiri dari beberapa komponen dasar. Secara kelompok besar maka komponen utama mobil khususnya mobil klasik terbagi atas:

1. Mesin (*Engine*) Mesin merupakan alat untuk membangkitkan tenaga, ia disebut sebagai penggerak utama. Jadi mesin disini berfungsi merubah energi panas dari ruang pembakaran ke energi mekanis dalam bentuk tenaga putar.
2. Sasis (*Chassis*) sasis adalah bagian dari kendaraan yang berfungsi sebagai penopang bodi dan terdiri dari *frame* (rangka), *engine* (mesin), *powertrain* (pemindah tenaga), *wheels* (roda-roda), *steeringsystem* (sistem kemudi), *suspensionsystem* (sistem suspensi), *brakesystem* (sistem rem), dan kelengkapan lainnya.
3. Suspensi adalah suatu mekanisme dari sekumpulan benda kaku yang dipasangkan di antara body atau rangka dengan rodarada yang berfungsi untuk meredam getaran-getaran atau kejutan-kejutan pada (beban dinamis) yang ditimbulkan oleh keadaan jalan dan juga berfungsi sebagai tumpuan atau penahan berat kendaraan (beban statis).
4. Penerus daya Poros transmisi (transmission shaft) atau sering hanya disebut poros (shaft) digunakan pada mesin rotasi untuk mentransmisikan putaran dan torsi dari satu lokasi ke lokasi lain. Poros mentransmisikan torsi dari driver (motor atau engine) ke driven.
5. Sistem Kemudi Fungsi sistem kemudi adalah untuk mengatur arah kendaraan dengan cara membelokkan roda depan.
6. Roda dan Ban Pada kendaraan roda berfungsi untuk menopang berat motor dan pengendara, menyalurkan daya dorong, pengereman, daya stir padajalan. Disaat yang sama roda juga menyerap tekanan/kejutan dari permukaan jalan Pada sepeda motor roda berfungsi untuk menopang berat

motor dan pengendara pada area yang kecil dimana permukaan ban menyentuh permukaan jalan, menyalurkan daya dorong, pengereman, daya stir pada jalan.

7. Rem Sistem rem dalam suatu kendaraan sepeda motor termasuk sistem yang sangat penting karena berkaitan dengan faktor keselamatan berkendara. Sistem rem berfungsi untuk memperlambat dan atau menghentikan sepeda motor dengan cara mengubah tenaga kinetik/gerak dari kendaraan tersebut menjadi tenaga panas.

2.4. Jenis – jenis Chassiss

2.4.1. Jenis Ladder Frame

Adalah *Chassis* yang tertua dan banyak digunakan khususnya untuk kendaraan berbeban berat (heavy duty). *Chassis* ini biasanya terbuat dari material baja simetris atau model balok yang kemudian di perkuat dengan crossmembers dan joint joint. untuk beberapa desain kadang kala Ladder frame diberi perkuatan besi menyilang agar tetap menjaga kekakuan, seperti pada gambar 2.1.



Gambar 2.1. Chassis jenis ladder

2.4.2. Jenis Monocoque Chassis

Pada *Chassis* jenis ini Body kendaraan berfungsi sebagai *Chassis*, sehingga bentuknya sangat tergantung dari model dari kendaraan itu sendiri,

Chassis monocoque atau sering kita dengar dengan nama sasis monokok, kekuatan utamanya ada pada lembaran lembaran baja/ komposit yang disatukan atau diperkuat. Pada dewasa ini jenis *Chassis monocoque* banyak diaplikasikan pada kendaraan ringan karena memiliki keuntungan diantaranya bisa menghemat pemakaian bahan selain itu dapat mempersingkat proses produksi. karena tidak perlu membuat sasis tambahan, seperti pada gambar 2.2.



Gambar 2.2. Chassis jenis monocoque

2.4.3. Jenis Tubular space frame

Chassis ini menggunakan bermacam balok atau pipa yang dirangkai menjadi satu dan hampir menyerupai ndari konstruski kendaraan tersebut. Chassis ini biasanya banyak diaplikasikan dalam dunia balap mobil, Jenis *Chassis* ini sangat mudah untuk ditambah atau di desain dan diberi perkuatan tambahan. Dalam struktur jenis ini sangat penting untuk memastikan semua bidang ter triangulasi (coba anda amati kuda kuda pada rumah atau jembatan dimana semua struktur tercipta dengan sambungan model segitiga. Kekuatan dari *Chassis* ini amat tergantung dari mutu dan kualitas sambungan las tiap sendinya, seperti pada gambar 2.3.



Gambar 2.3. Chassis jenis tubular

2.4.4. Jenis Backbone Chassis

Ide awalnya adalah dengan membuat struktur depan dan belakangnya yang terhubung dengan sebuah rangka tube yang melintang disepanjang mobil. Tidak seperti transmisi tunnel, *Chassis backbone* ini hampir seluruhnya adalah struktur kaku dan dapat menahan semua beban. Ini terdapat beberapa lubang yang kontinyu. Karena begitu sempit dindingnya umumnya dibuat tebal. *Chassis Backbone* memiliki kekakuan dari luas area bagian backbone itu sendiri, seperti pada gambar 2.4.



Gambar 2.4. Chassis jenis backbone

2.5. Teori Perancangan Chassis

Defenisi merancang adalah merumuskan suatu konsep dan ide yang baru atau merubah konsep dan ide yang sudah ada tersebut dengan cara yang baru dalam usaha memenuhi kebutuhan manusia. Dalam merancang terdapat beberapa aspek yaitu:

➤ Creativity

Memerlukan kreasi dan sesuatu hal yang belum ada sebelumnya atau belum ada dalam pemikiran perancang sebelumnya.

➤ Complexity

Memerlukan pengambilan keputusan terhadap banyaknya variable dan parameter.

➤ **Choise**

Memerlukan pilihan diantara berbagai macam kemungkinan solusi yang ada,dari konsep dasar sampai detail yang terkecil dari bentuk.

➤ **Compromise**

Memerlukan kompromi terhadap kebutuhan – kebutuhan desain yang saling konflik.

2.6. Perhitungan Kekuatan Chassis

Dalam perhitungan kekuatan *Chassis*,perhitungan berdasarkan beban terbesar yang diterima oleh *Chassis*. Beban terbesar pada *Chassis* diberikan oleh beban penumpang,yaitu sebesar 60 kg atau 600 N.

➤ Untuk mencari tiga titik lentur digunakan persamaan :

$$\delta_p = \frac{F.L^3}{48.E.I} \quad (2.1)$$

➤ Untuk menghitung tegangan geser digunakan persamaan :

$$\tau = \frac{F}{A} \quad (2.2)$$

Ditinjau dari tegangan bengkok σ .

➤ Untuk menghitung regangan digunakan persamaan :

$$\sigma = \frac{\Delta L}{L} \quad (2.3)$$

➤ Menghitung modulus elastisitas digunakan persamaan

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (2.4)$$

➤ Menghitung inersia hollow digunakan dengan persamaan

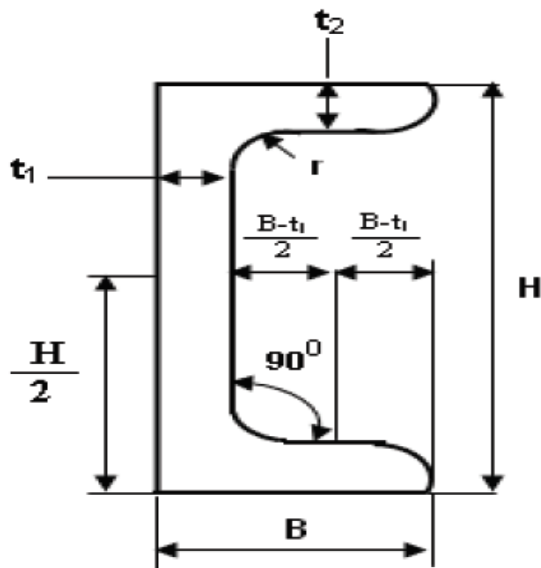
$$I = \frac{1}{12} m(a^2 + b^2) \quad (2.5)$$

➤ Menghitung inersia UNP digunakan dengan persamaan

a. $a = H.t_1 + 2.t_2 (B - t_1) + 0,439(r_1^2 - r_2^2)$

b. $i = \sqrt{I/a}$

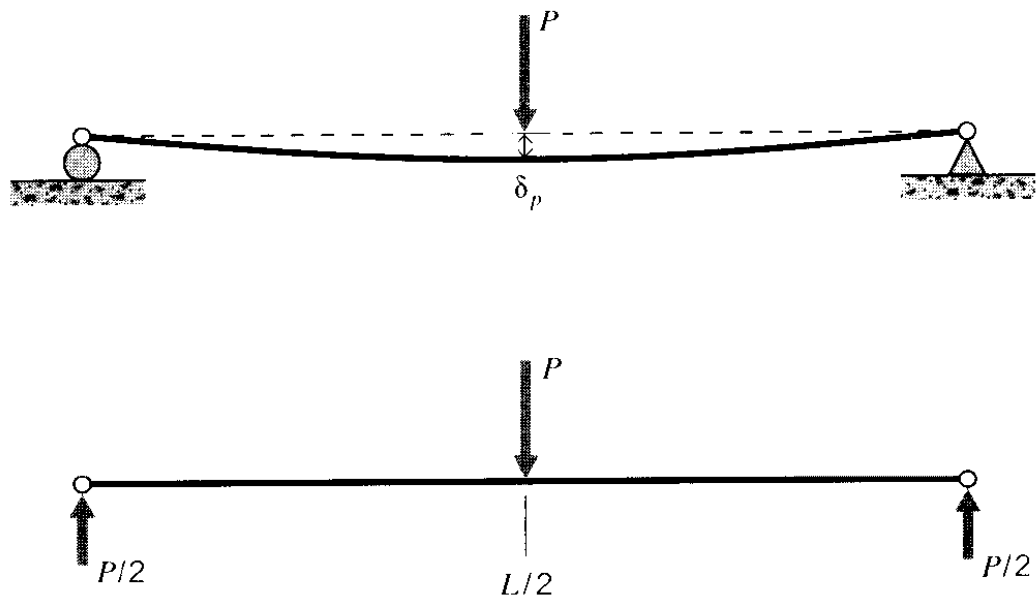
c. $I = a.i^2 \quad (2.6)$



Gambar 2.5. Karakteristik penampang

Tabel 2.1. Ukuran Penampang

Ukuran penampang (mm)				Informasi tambahan											
Penamaan	H x B	t ₁	t ₂	r ₁	r ₂	Luas penampang "a" (cm ²)	Berat (kg/m)	Posisi titik berat (cm)		Momen inersia (cm ⁴)		Radius girasi (cm)		Modulus penampang (cm ³)	
								Cx	Cy	I _x	I _y	i _x	i _y	Z _x	Z _y
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
U 50	50 x 38	5	7	7	3,5	7,25	5,69	0	1,37	26,4	9,12	1,92	1,13	10,6	3,75
U 65	65 x 42	5,5	7,5	7,5	4	9,19	7,09	0	1,42	57,5	14,1	2,52	1,25	17,7	5,07
U 75	75 x 40	5	7	8	4	8,82	6,95	0	1,28	75,3	12,2	2,92	1,17	20,1	4,47
U 80	80 x 45	6	8	8	4	11,2	8,80	0	1,45	106	19,4	106	1,33	26,5	6,36
U 100	100 x 50	5	7,5	8	4	11,92	9,36	0	1,54	188	26,0	3,97	1,48	37,6	7,52
U 120	120 x 55	7	9	9	4,5	17,00	13,4	0	1,88	364	43,2	4,62	1,59	60,7	11,12
U 125	125 x 65	6	8	8	4	17,11	13,4	0	1,90	424	61,8	4,98	1,90	67,8	13,4
U 140	140 x 60	7	10	10	5	20,40	16,0	0	2,28	605	62,7	5,45	1,75	86,4	14,8
U 150	150 x 75	6,5	10	10	5	23,71	18,6	0	2,28	861	117	6,03	2,22	115	22,4
U 150	150 x 75	9	12,5	15	7,5	30,59	24,0	0	2,31	1.050	147	5,86	2,19	140	28,3
U 180	180 x 75	7	10,5	11	5,5	27,20	21,4	0	2,13	1.380	131	7,12	2,19	153	24,3
U 200	200 x 80	7,5	11	12	6	31,33	24,6	0	2,21	1.950	168	7,88	2,32	195	29,1
U 200	200 x 90	8	13,5	14	7	38,65	30,3	0	2,74	2.490	277	8,02	2,68	248	44,2
U 250	250 x 90	9	13	14	7	44,07	34,6	0	2,40	4.180	294	9,74	2,58	334	44,5
U 250	250 x 90	11	14,5	17	8,5	51,17	40,2	0	2,40	4.680	329	9,56	2,54	374	49,9
U 300	300 x 90	9	13	14	7	48,57	38,1	0	2,22	6.40	309	11,5	2,52	429	45
U 380	380 x 100	13	16,5	18	9	78,96	62,0	0	2,33	15.600	565	14,1	2,67	823	73,6
U 380	380 x 100	13	20	24	12	85,71	67,3	0	2,54	17.600	655	14,3	2,76	926	87,8



Gambar 2.7. Karakteristik tiga titik lentur

BAB 3

METODE PERANCANGAN

3.1. Tempat dan Waktu

3.1.1. Tempat

Tempat penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

3.1.2. Waktu

Waktu studi tugas sarjana dilakukan setelah mendapatkan persetujuan judul tugas sarjana dari dosen pembimbing, kemudian dilakukan perancangan *chassis* dan pengambilan data dari tanggal 1 januari 2018 s/d 15 september 2018 selama 8 bulan.

Tabel 3.1. Jadwal waktu kegiatan

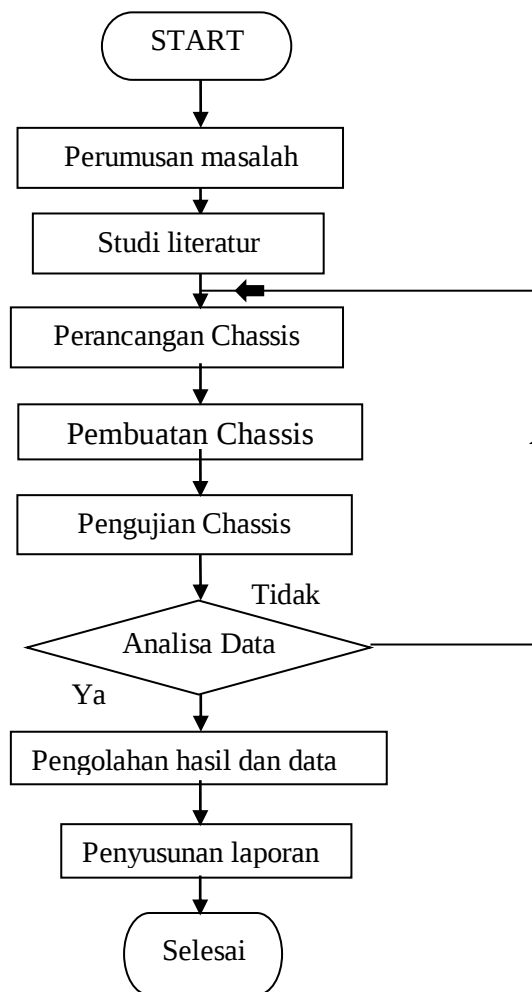
No	KEGIATAN	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP
1	STUDI LITERATUR									
2	DESAIN RANCANGAN									
3	PENYEDIAAN MATERIAL									
4	PEMBUATAN RANGKA									
5	PENGUJIAN ALAT									
6	PENYELESAIAN SKRIPSI									

3.2. Tahapan Penelitian

Tahap-tahap dalam penelitian ini secara garis besarnya meliputi:

1. Tahap Studi Pustaka.
2. Tahap perumusan masalah dan perancangan alat.
3. Tahap perumusan alat dan pengujian alat.
4. Tahap pengolahan data dan penyusunan laporan.

Tahap – tahapan tersebut digambarkan dalam kerangka konsep seperti gambar dibawah ini.



Gambar 3.1. Kerangka Konsep Penelitian

3.2.1. Studi literatur

Studi literatur ini diambil dari beberapa seperti *paper* atau jurnal dan juga buku-buku referensi yang digunakan sebagai dasar untuk mengolah data yang ada.

3.2.2. Pengolahan Hasil dan Data

Setelah terbentuknya perancangan *Chassis* pada Mobil Hemat Energi maka akan didapatkan data-data untuk diolah dan memunculkan kesimpulan dari penelitian ini.

3.2.3. Penyusunan Laporan

Secara formal kegiatan penelitian yang telah dilakukan hingga selesai dilaporkan dalam bentuk tulisan dengan tata cara penulisan yang telah ditentukan.

3.3. Rancangan Alat Penelitian

Rancangan mobil hemat energi yang digunakan dalam penelitian ini didasarkan atas perhitungan awal secara teoritis dan memiliki dimensi yang sesuai dengan variabel yang diharapkan. Perhitungan tersebut dapat diuraikan dengan data-data asumsi yang dipilih dan ditetapkan. Untuk hasil perhitungan awal mobil hemat energi dilakukan secara manual dan bantuan *software* yang dikembangkan untuk menghitung perancangan dan hasil penelitian. Dimensi utama (data konstruksi) mobil hemat energi yang akan digunakan dapat dilihat pada tabel 3.1.

Table 3.2. dimensi utama prototype mobil hemat energi.

Parameter	Ukuran (mm)
Panjang keseluruhan	3946 mm
Lebar keseluruhan	1851 mm

Tinggi keseluruhan	1126,5 mm
Jarak sumbu roda	2351 mm
Trek depan	1455,6 mm
Trek belakang	1484,5 mm
Berat kosong	1238 mm
Ruang kaki	1067 mm
Kepala kamar	932 mm
Bahu kamar	660 mm

3.4. Bahan dan Alat

3.4.1. Bahan

Bahan-bahan penelitian yang akan di rakit terdiri atas:

1. Rangka pipa baja.
2. Pipa plat besi.
3. Baut dan mur baja untuk konstruksi otomotif.

3.4.2. Alat yang akan diuji

Alat yang akan di uji pada *Chasis* adalah :

- a. Besi hollow 20 x 20
- b. Besi hollow 20 x 40
- c. Besi UNP 5

3.5. Alat pengujian

Alat yang digunakan adalah mesin impact untuk mengetahui kekuatan lenturnya.

1. Uji Lentur.

Uji Lentur adalah untuk dapat mengetahui kekuatan lentur terhadap material tersebut.



Gambar 3.2. Uji lentur.

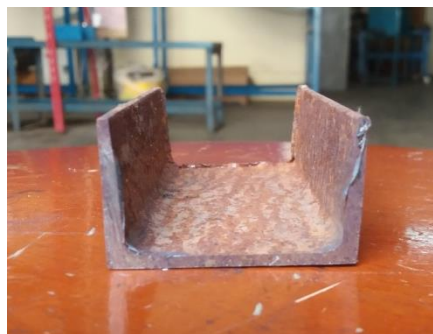
3.6. Proses pembuatan alat

Pada pelaksanaan rancang bangun chasis pada mobil hemat energi ini ada beberapa bahan dan alat yang diperlukan. Dalam pemilihan bahan yang ingin digunakan pada rancang bangun ini ada beberapa aspek yang menjadi parameter, diantaranya ialah bahan yang digunakan harus kuat, tidak mengalami perubahan bentuk.

Berikut ini ada beberapa bahan dan alat yang digunakan dalam melakukan rancang bangun diantaranya ialah :

1. Besi UNP 5

Sebagai *chassis* utama dalam mobil hemat energi.



Gambar 3.3. besi UNP 5

2. Besi hollow 20 x 20

Sebagai penahan dan perekat bodi pada mobil hemat energi.



Gambar 3.4. besi hollow 20 x 20

3. Besi hollow 20 x 40

Berfungsi sebagai penopang roda pada mobil hemat energi.



Gambar 3.5. besi hollow 20 x 40

4. Elektroda

Elektroda ialah suatu material yang digunakan untuk melakukan pengelasan listrik yang berfungsi sebagai pembakar yang akan menimbulkan busur nyala. Elektroda yang digunakan dalam proses pengerjaan dengan ukuran ϕ 2.0 x 300 mm, dan spesifikasi E4313.



Gambar 3.6. Spesifikasi elektroda

5. Gerinda potong

Gerinda potong ini digunakan untuk memotong ataupun menggerus benda kerja dengan tujuan tertentu.



Gambar 3.7. Gerinda potong

6. Mesin las

Proses pengelasan dilakukan untuk penyambungan besi, agar bisa menjadi produk tertentu.



Gambar 3.8. Mesin las

7. Sigmat

Untuk mengukur dan mengetahui siku terhadap benda tertentu.



Gambar 3.9.Sigmat

8. Waterpass

Digunakan untuk menentukan sebuah benda dalam posisi rata baik baik pengukuran secara vertikal maupun horizontal.



Gambar 3.10. Waterpass

9. Gerinda tangan

Gerinda tangan digunakan untuk mengasah atau mengkilis kotoran terhadap benda kerja tersebut.



Gambar 3.11. Gerinda tangan

3.7. Prosedur Perakitan Alat

Proses perakitan harus dilakukan secara berurutan agar tidak terjadi kesulitan dalam pemasangan :

1. Menyediakan besi UNP 5, besi hollow 20 x 40, besi hollow 20 x 20, sebagai bahan utama dalam pengerjaan chasis pada mobil hemat energi.



Gambar 3.12. Bahan utama besi UNP 5, Hollow 20 x 40 dan Hollow 20 x 20

2. Pemotongan besi pipa sesuai dengan ukuran yang ditentukan, material yang digunakan adalah besi UNP 5, besi hollow 20 x 40, dan besi hollow 20 x 20. Pemotongan dilakukan dengan mesin gerinda potong. Setelah proses pemotongan pada besi untuk pembuatan rangka langkah selanjutnya adalah mengukur ulang hasil pemotongan sebelum dilakukan proses pengerollan. Proses pengerollan sesuai dengan ukuran yang telah diberi tanda pada besi, proses pengerollan dilakukan menggunakan alat roll manual.



Gambar 3.13. Proses pemotongan

3. Pengelasan terhadap besi atau material yang telah dipotong.



Gambar 3.14. Proses pengelasan

4. Proses penghalusan dilakukan dibagian sambungan las menggunakan gerinda dan langkah selanjutnya adalah proses pendempulan pada sambungan las yang telah dihaluskan menggunakan gerinda agar rata dan rapi setelah didempul adalah diampelas sebelum dilakukan pengecatan.



Gambar 3.15. Proses pendempulan

5. Proses pengecatan dilakukan setelah proses pendempulan dan pengamplasan. Lapisan pertama pengecatan menggunakan epoxy primer untuk cat dasar, berfungsi untuk menutup pori – pori pada bidang yang akan dicat, setelah dilakukan proses epoxy pengecatan menggunakan cat besi warna putih agar saat proses pengecatan warna hitam dapat maksimal.



Gambar 3.16. Proses pengecatan



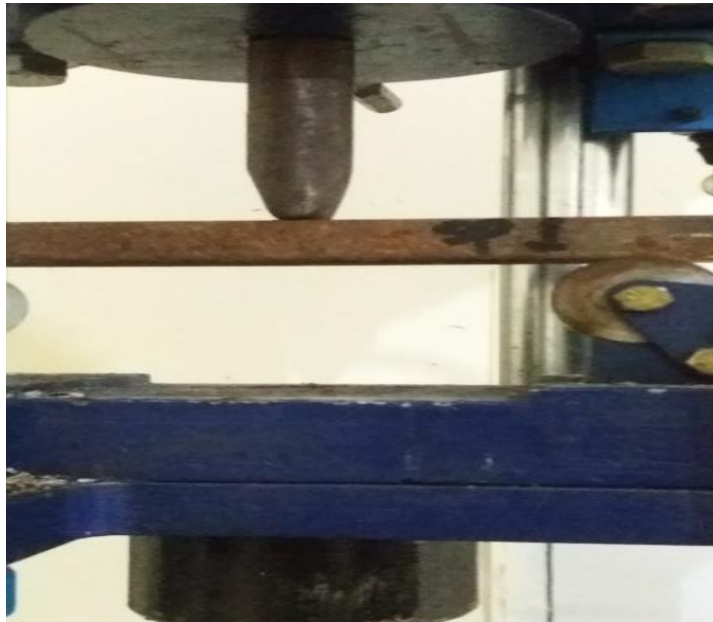
Gambar 3.17. Hasil pengecatan

3.8. Prosedur Pengujian Alat Chasis

Adapun prosedur yang dilakukan dalam percobaan ini adalah sebagai berikut :

1. Persiapkan semua alat yang akan diuji.
2. Menghidupkan alat uji impact.
3. Menggunakan aplikasi labjak yang terkoneksi ke komputer
4. Meletakkan spesimen ke alat uji impact agar dapat mengetahui kekuatan lentur terhadap chasis tersebut.

1. Pengujian baja 20 x 20 pada spesimen 1.



Gambar 3.18. Pengujian hollow 20 x 20 spesimen 1

2. Pengujian baja hollow 20 x 20 pada spesimen 2.



Gambar 3.19. Pengujian hollow 20 x 20 spesimen 2

3. Pengujian baja hollow 20 x 20 pada spesimen 3



Gambar 3.20. Pengujian hollow 20 x 20 spesimen 3

4. Hasil dari pengujian baja hollow 20 x 20 pada ketiga spesimen.



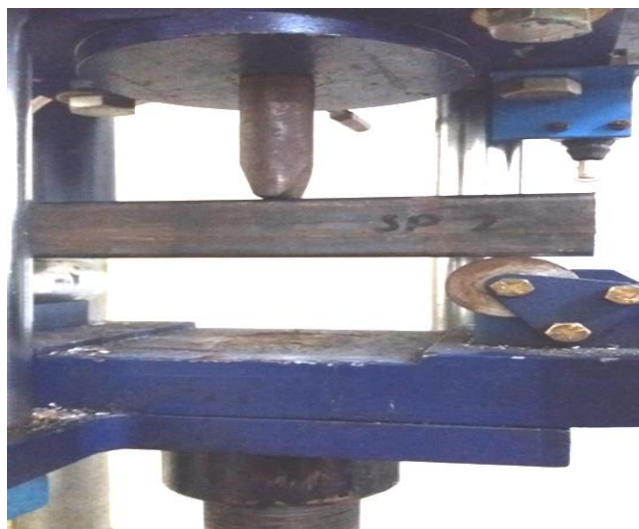
Gambar 3.21. Hasil dari pengujian impact hollow 20 x20

5. Pengujian baja hollow 20 x 40 pada spesimen 1.



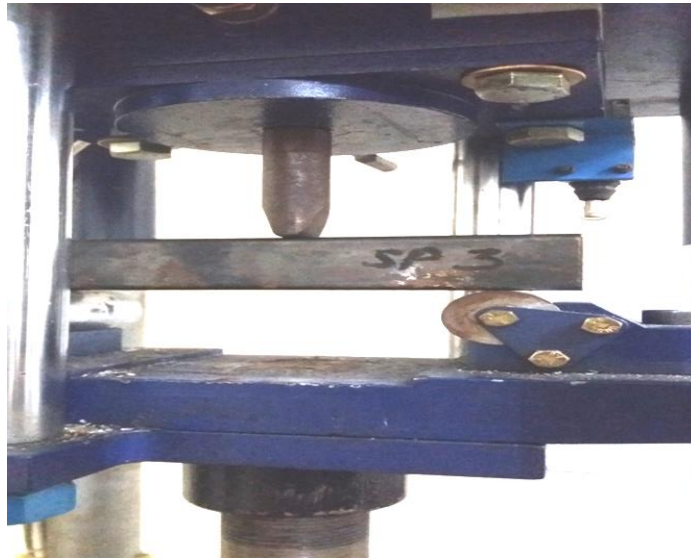
Gambar 3.22. Pengujian hollow 20 x 40 spesimen 1

6. Pengujian baja hollow 20 x 40 pada spesimen 2.



Gambar 3.23. Pengujian hollow 20 x 40 spesimen 2

7. Pengujian baja hollow 20 x 40 pada spesimen 3.



Gambar 3.24. Pengujian hollow 20 x 40 spesimen 3

8. Hasil pengujian baja hollow 20 x 40 pada ketiga spesimen.



Gambar 3.25. Hasil pengujian hollow 20 x 40

9. Pengujian baja UNP 5 pada spesimen 1.



Gambar 3.26. Pengujian besi UNP 5 spesimen 1

10. Pengujian baja UNP 5 pada spesimen 2.



Gambar 3.27. Pengujian besi UNP 5 spesimen 2

11. Pengujian baja UNP 5 pada spesimen 3.



Gambar 3.28. Pemgujian besi UNP 5 spesimen 3

12. Hasil pengujian baja UNP 5 pada ketiga spesimen.



Gambar 3.29. Hasil pengujian besi UNP 5

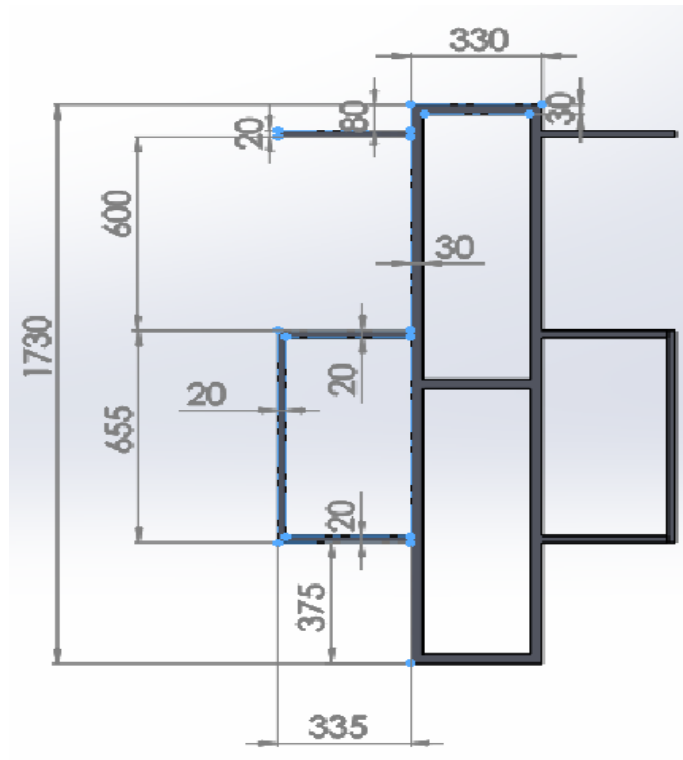
BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

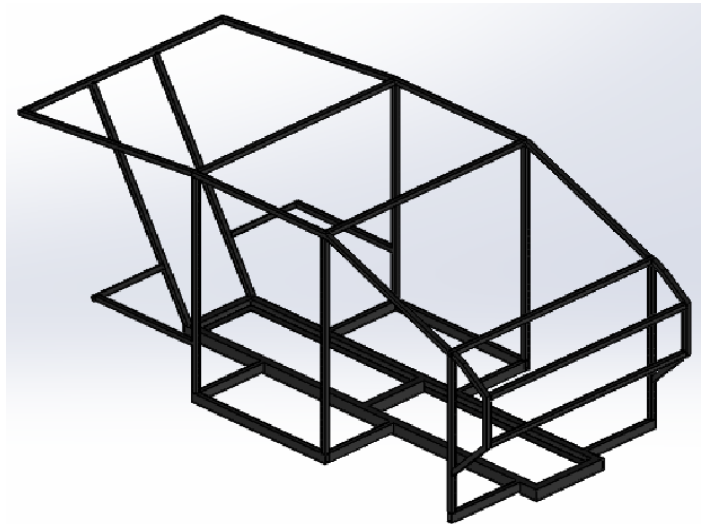
4.1. Hasil Perancangan Chassis Dan Pembuatan Chassis

Perancangan *chassis* ini dirancang sederhana mungkin untuk mengurangi beban yang berlebih pada rangka, perancangan ini juga menggunakan desain dengan aplikasi software solidwork agar lebih mudah dalam pembuatan *chassis*. Tapi dalam perancangan tetap memperhitungkan segala aspek yang diperlukan dalam perancangan. Selain itu dalam pembuatan kendaraan ini juga mempertimbangkan proses perawatan yang sangat penting untuk suatu kendaraan.

Dengan alternatif rangka yang ada, alternatif desain dengan model rangka H merupakan alternatif yang terbaik untuk acuan pembuatan kendaraan mobil hemat energi. Karena untuk pembuatannya lebih mudah dan tidak terlalu banyak penyambungan. Dan satu rangka ini menjadi satu rangka utama yang akan menopang mesin dan pengemudi.



Gambar 4.1. Desain chassis utama



Gambar 4.2. Desain chassis mobil Hemat Energi



Gambar 4.3. Chassis Utama



Gambar 4.4. Chassis mobil Hemat Energi

4.2. Perhitungan Tegangan Pada Rangka Hollow 20 X 20

1. Hasil perhitungan spesimen 1 hollow 20 x 20

- Untuk mencari tiga titik lentur dilakukan dengan persamaan

$$\delta_p = \frac{F.L^3}{48.E.I}$$

- Untuk menghitung modulus elastisitas dilakukan dengan persamaan

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

$$E = \frac{0,719}{0,001}$$

$$E = 719 \text{ kg/mm}^2$$

- Kemudian momen inersia dapat dicari dengan persamaan

$$I = \frac{1}{12} m(a^2 + b^2)$$

$$I = \frac{1}{12} 0,092 \text{ kg}(20 \text{ mm}^2 + 200 \text{ mm}^2)$$

$$I = 309,73 \text{ kg.mm}^2$$

Maka nilai tiga titik lentur adalah :

$$\delta_p = \frac{215,49 \text{ kg}(170 \text{ mm})^3}{48 \times 719 \text{ kg/mm}^2 \times 309,73 \text{ kg.mm}^2}$$

$$\delta_p = 99,04 \text{ kg/mm}^2$$

Dari pengujian yang dilakukan pada material spesimen 1, maka diketahui material akan mengalami deformasi atau perubahan pada gaya sebesar 215,49 kg ,dengan nilai tiga titik lenturnya 99,04 kg/mm².

Dalam pengujian pada spesimen 1 dengan hollow 20 x 20 dapat dilihat pada tabel 4.1.

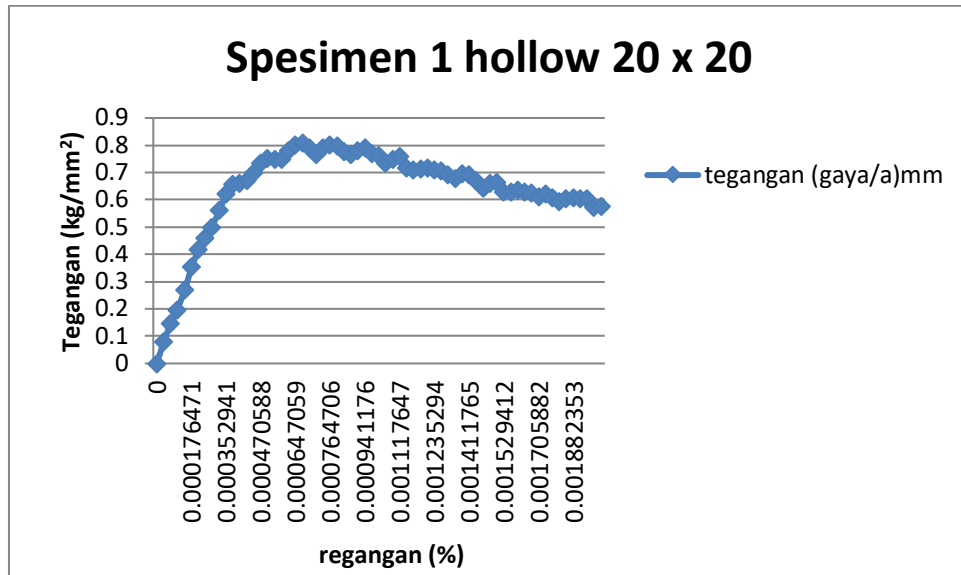
Tabel 4.1. Hasil perhitungan spesimen 1 hollow 20 x 20

No	Gaya (F) kg	Luas Penampang (a) mm	Tegangan (gaya/a) kg/mm ²	Regangan ($\Delta L/L$) %	Elongation (ΔL)mm	Panjang Awal (L)mm
1	0	299,63	0	0	0	170
2	24,45	299,63	0,08160064	5,88235E-05	0,01	170
3	44,35	299,63	0,14801588	5,88235E-05	0,01	170
4	58,95	299,63	0,19674264	0,00011764	0,02	170
5	81,5	299,63	0,27200213	0,00011764	0,02	170
6	106,7	299,63	0,35610586	0,00017647	0,03	170
7	125,2	299,63	0,41811567	0,00023529	0,04	170
8	138,5	299,63	0,46237025	0,00023529	0,04	170
9	149,1	299,63	0,49778059	0,00029411	0,05	170
10	169,0	299,63	0,56419584	0,00029411	0,05	170
11	186,3	299,63	0,62176684	0,00035294	0,06	170
12	196,9	299,63	0,65717718	0,00035294	0,06	170
13	198,2	299,63	0,66161599	0,00041176	0,07	170
14	200,8	299,63	0,67046023	0,00041176	0,07	170
15	210,1	299,63	0,70146514	0,00047058	0,08	170
16	220,7	299,63	0,73687548	0,00047058	0,08	170
17	226,1	299,63	0,75459733	0,00052941	0,09	170
18	224,7	299,63	0,75015852	0,00052941	0,09	170
19	224,7	299,63	0,75015852	0,00058823	0,1	170
20	234,0	299,63	0,78116343	0,00058823	0,1	170
21	240,6	299,63	0,80329072	0,00064705	0,11	170
22	242,0	299,63	0,80772953	0,00064705	0,11	170
23	236,7	299,63	0,79000767	0,00070588	0,12	170
24	230,0	299,63	0,76788038	0,00070588	0,12	170
25	236,7	299,63	0,79000767	0,00076470	0,13	170
26	240,6	299,63	0,80329072	0,00076470	0,13	170
27	239,3	299,63	0,79885191	0,00082352	0,14	170
28	232,7	299,63	0,77672462	0,00082352	0,14	170
29	230,0	299,63	0,76788038	0,00088235	0,15	170
30	234,0	299,63	0,78116343	0,00088235	0,15	170
31	236,7	299,63	0,7900076	0,00094117	0,16	170

32	231,4	299,63	0,77228581	0,001	0,17	170
33	228,7	299,63	0,76344157	0,001	0,17	170
34	220,7	299,63	0,73687548	0,00105882	0,18	170
35	224,7	299,63	0,75015852	0,00105882	0,18	170
36	227,4	299,63	0,75900277	0,00111764	0,19	170
37	215,4	299,63	0,71918699	0,00111764	0,19	170
38	212,8	299,63	0,71030938	0,00117647	0,2	170
39	214,1	299,63	0,71474818	0,00117647	0,2	170
40	215,4	299,63	0,71918699	0,00123529	0,21	170
41	212,8	299,63	0,71030938	0,00123529	0,21	170
42	211,5	299,63	0,70590394	0,00129411	0,22	170
43	207,5	299,63	0,69262089	0,00129411	0,22	170
44	203,5	299,63	0,67933785	0,00135294	0,23	170
45	208,8	299,63	0,69702633	0,00135294	0,23	170
46	207,5	299,63	0,69262089	0,00141176	0,24	170
47	200,8	299,63	0,67046023	0,00141176	0,24	170
48	192,9	299,63	0,64389413	0,00147058	0,25	170
49	198,2	299,63	0,66161599	0,00147058	0,25	170
50	199,5	299,63	0,66605480	0,00152941	0,26	170
51	188,9	299,63	0,63061108	0,00152941	0,26	170
52	188,9	299,63	0,63061108	0,00158823	0,27	170
53	190,2	299,63	0,63504989	0,00158823	0,27	170
54	188,9	299,63	0,63061108	0,00164705	0,28	170
55	187,6	299,63	0,62620565	0,00164705	0,28	170
56	183,6	299,63	0,61292260	0,00170588	0,29	170
57	186,3	299,63	0,62176684	0,00176470	0,3	170
58	182,3	299,63	0,60848379	0,00176470	0,3	170
59	178,3	299,63	0,59520074	0,00182352	0,31	170
60	180,9	299,63	0,60404498	0,00182352	0,31	170
61	182,3	299,63	0,60848379	0,00188235	0,32	170
62	180,9	299,63	0,60404498	0,00188235	0,32	170
63	180,9	299,63	0,60404498	0,00194117	0,33	170
64	171,7	299,63	0,57307345	0,00194117	0,33	170
65	173,0	299,63	0,57747889	0,002	0,34	170

Berdasarkan tabel 4.1. spesimen 1 hollow 20 x 20 diketahui gaya sebesar 215,4 kg dengan luas penampang 299,63 mm dan panjang material

170 mm, maka dihasilkan tegangan 0,719 kg/mm² dengan regangan sebesar 0,001 %.



Gambar 4.5. Grafik spesimen 1 hollow 20 x20

2. Hasil perhitungan spesimen 2 hollow 20 x 20

- Untuk mencari tiga titik lentur dilakukan dengan persamaan

$$\delta_p = \frac{F.L^3}{48.E.I}$$

- Untuk menghitung modulus elastisitas dilakukan dengan persamaan

(2.4)

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

$$E = \frac{0,940}{0,0008}$$

$$E = 1175 \text{ kg/mm}^2$$

➤ Kemudian momen inersia dapat dicari dengan persamaan

$$I = \frac{1}{12} m(a^2 + b^2)$$

$$I = \frac{1}{12} 0,092kg (20mm^2 + 200mm^2)$$

$$I = 309,73kg.mm^2$$

Maka nilai tiga titik lentur adalah :

$$\delta_p = \frac{281,8kg (170 mm)^3}{48 \times 1175 kg/mm^2 \times 309,73kg.mm^2}$$

$$\delta_p = 79,92kg/mm^2$$

Dari pengujian yang dilakukan maka diketahui material akan mengalami deformasi pada gaya sebesar 281,8 kg ,dengan nilai tiga titik lenturnya 79,92 kg/mm².

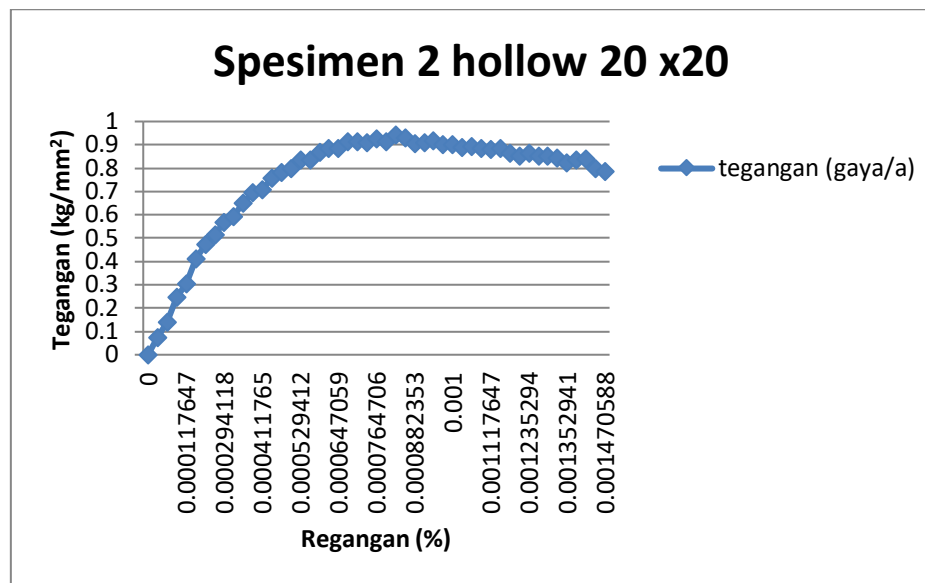
Dalam pengujian pada spesimen 2 dengan hollow 20 x 20 dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2. Hasil perhitungan spesimen 2 hollow 20 x 20

No	Gaya (F) kg	Luas Penampang (a) mm	Tegangan (gaya/a) kg/mm ²	Regangan (ΔL/L) %	Elongation (ΔL)mm	Panjang Awal (L)mm
1	0	299,63	0	0	0	170
2	21,8	299,63	0,0727564	0,00005882	0,01	170
3	41,7	299,63	0,13917164	0,00005882	0,01	170
4	73,54	299,63	0,24543603	0,00011764	0,02	170
5	90,78	299,63	0,30297366	0,00011764	0,02	170
6	122,6	299,63	0,40923806	0,00017647	0,03	170
7	141,2	299,63	0,47124787	0,00023529	0,04	170
8	154,4	299,63	0,51550245	0,00023529	0,04	170

9	170,3	299,63	0,56863464	0,00029411	0,05	170
10	177,0	299,63	0,59076194	0,00029411	0,05	170
11	194,2	299,63	0,64833294	0,00035294	0,06	170
12	208,8	299,63	0,69702633	0,00035294	0,06	170
13	211,5	299,63	0,70590394	0,00041176	0,07	170
14	227,4	299,63	0,75900277	0,00041176	0,07	170
15	234,0	299,63	0,78116343	0,00047058	0,08	170
16	239,3	299,63	0,79885191	0,00047058	0,08	170
17	249,9	299,63	0,83429563	0,00052941	0,09	170
18	249,9	299,63	0,83429563	0,00052941	0,09	170
19	260,5	299,63	0,86970597	0,00058823	0,1	170
20	264,5	299,63	0,88298902	0,00058823	0,1	170
21	264,5	299,63	0,88298902	0,00064705	0,11	170
22	273,8	299,63	0,91399392	0,00064705	0,11	170
23	273,8	299,63	0,91399392	0,00070588	0,12	170
24	272,5	299,63	0,90955511	0,00070588	0,12	170
25	277,8	299,63	0,92727697	0,00076470	0,13	170
26	273,8	299,63	0,91399392	0,00076470	0,13	170
27	281,8	299,63	0,94056002	0,00082352	0,14	170
28	279,1	299,63	0,93168240	0,00082352	0,14	170
29	271,2	299,63	0,90511631	0,00088235	0,15	170
30	272,5	299,63	0,90955511	0,00094117	0,16	170
31	275,1	299,63	0,91839935	0,00094117	0,16	170
32	269,8	299,63	0,90071087	0,001	0,17	170
33	269,8	299,63	0,90071087	0,001	0,17	170
34	265,9	299,63	0,88742782	0,00105882	0,18	170
35	267,2	299,63	0,89183326	0,00105882	0,18	170
36	264,5	299,63	0,88298902	0,00111764	0,19	170
37	263,2	299,63	0,87855021	0,00111764	0,19	170
38	264,5	299,63	0,88298902	0,00117647	0,2	170
39	259,2	299,63	0,86526716	0,00117647	0,2	170
40	255,2	299,63	0,85198411	0,00123529	0,21	170
41	259,2	299,63	0,86526716	0,00123529	0,21	170
42	255,2	299,63	0,85198411	0,00129411	0,22	170
43	255,2	299,63	0,85198411	0,00129411	0,22	170
44	252,6	299,63	0,84313987	0,00135294	0,23	170
45	246	299,63	0,82101258	0,00135294	0,23	170
46	249,9	299,63	0,83429563	0,00141176	0,24	170
47	251,3	299,63	0,83870106	0,00141176	0,24	170
48	239,3	299,63	0,79885191	0,00147058	0,25	170
49	235,3	299,63	0,78556886	0,00147058	0,25	170

Berdasarkan tabel 4.2. spesimen 2 hollow 20 x 20 diketahui gaya sebesar 281,8 kg dengan luas penampang 299,63 mm dan panjang material 170 mm, maka dihasilkan tegangan 0,940 kg/mm² dengan regangan sebesar 0,0008 %.



Gambar 4.6. Grafik spesimen 2 hollow 20 x 20

3. Hasil perhitungan spesimen 3 hollow 20 x 20

- Untuk mencari tiga titik lentur dilakukan dengan persamaan

$$\delta_p = \frac{F.L^3}{48.E.I}$$

- Untuk menghitung modulus elastisitas dilakukan dengan persamaan

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

$$E = \frac{0,882}{0,0007}$$

$$E = 1260 \text{ kg} / \text{mm}^2$$

- Kemudian momen inersia dapat dicari dengan persamaan

$$I = \frac{1}{12} m(a^2 + b^2)$$

$$I = \frac{1}{12} 0,092 \text{ kg} (20 \text{ mm}^2 + 200 \text{ mm}^2)$$

$$I = 309,73 \text{ kg}.\text{mm}^2$$

Maka nilai tiga titik lentur adalah :

$$\delta_p = \frac{264,57 \text{ kg} (170 \text{ mm})^3}{48 \times 1260 \text{ kg} / \text{mm}^2 \times 309,73 \text{ kg}.\text{mm}^2}$$

$$\delta_p = 69,38 \text{ kg} / \text{mm}^2$$

Dari pengujian yang dilakukan maka diketahui material akan mengalami deformasi pada gaya sebesar 264,57 kg ,dengan nilai tiga titik lenturnya 69,38 kg/mm².

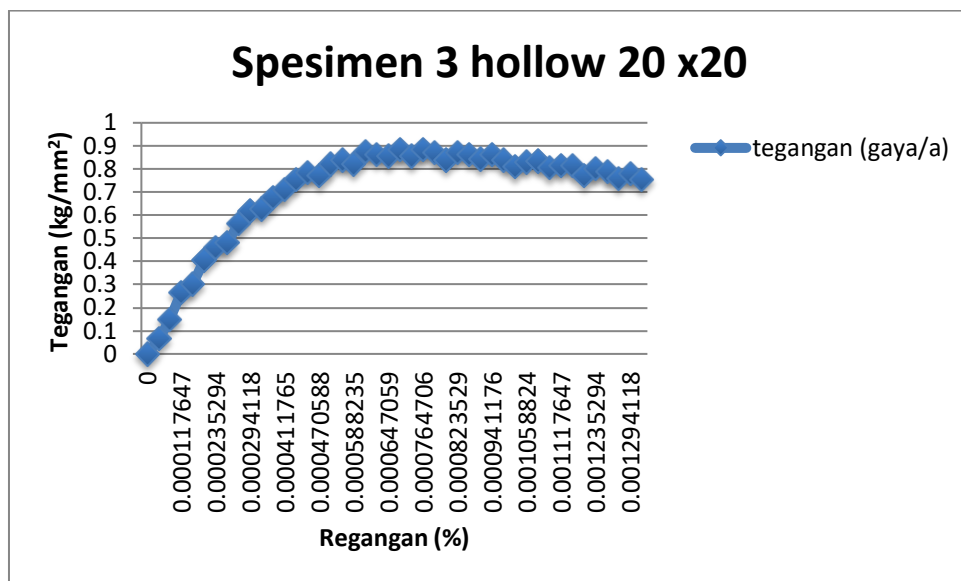
Dalam pengujian pada spesimen 3 dengan hollow 20 x 20 dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.3. Hasil perhitungan spesimen 3 hollow 20 x 20

No	Gaya (kg)	Luas penampang (a) mm	Tegangan (gaya/a) kg/mm^2	Regangan ($\Delta L/L$) %	Elongation (ΔL)mm	Panjang awal (L)mm
1	0	299,63	0	0	0	170
2	19,15	299,63	0,063912158	5,88235E-05	0,01	170
3	44,35	299,63	0,148015886	5,88235E-05	0,01	170
4	78,84	299,63	0,26312452	0,000117647	0,02	170
5	90,78	299,63	0,302973668	0,000176471	0,03	170
6	121,3	299,63	0,404832627	0,000176471	0,03	170
7	137,22	299,63	0,457964823	0,000235294	0,04	170
8	143,85	299,63	0,480092114	0,000235294	0,04	170
9	169,05	299,63	0,564195842	0,000294118	0,05	170
10	184,97	299,63	0,617328038	0,000294118	0,05	170
11	187,63	299,63	0,626205654	0,000352941	0,06	170
12	202,22	299,63	0,674899042	0,000352941	0,06	170
13	212,83	299,63	0,710309382	0,000411765	0,07	170
14	226,1	299,63	0,754597337	0,000411765	0,07	170
15	235,38	299,63	0,785568868	0,000470588	0,08	170
16	231,4	299,63	0,772285819	0,000470588	0,08	170
17	246	299,63	0,821012582	0,000529412	0,09	170
18	251,3	299,63	0,838701065	0,000529412	0,09	170
19	246	299,63	0,821012582	0,000588235	0,1	170
20	261,92	299,63	0,874144779	0,000588235	0,1	170
21	257,94	299,63	0,860861729	0,000647059	0,11	170
22	256,61	299,63	0,856422922	0,000647059	0,11	170
23	264,57	299,63	0,88298902	0,000705882	0,12	170
24	256,61	299,63	0,856422922	0,000705882	0,12	170
25	264,57	299,63	0,88298902	0,000764706	0,13	170
26	260,59	299,63	0,869705971	0,000764706	0,13	170
27	251,3	299,63	0,838701065	0,000823529	0,14	170
28	260,59	299,63	0,869705971	0,000823529	0,14	170
29	257,94	299,63	0,860861729	0,000882353	0,15	170
30	252,63	299,63	0,843139873	0,000941176	0,16	170
31	257,94	299,63	0,860861729	0,000941176	0,16	170
32	251,3	299,63	0,838701065	0,001	0,17	170
33	242,02	299,63	0,807729533	0,001	0,17	170
34	248,65	299,63	0,829856823	0,001058824	0,18	170
35	249,98	299,63	0,834295631	0,001058824	0,18	170

36	240,69	299,63	0,803290725	0,001117647	0,19	170
37	243,34	299,63	0,812134966	0,001117647	0,19	170
38	243,34	299,63	0,812134966	0,001176471	0,2	170
39	231,4	299,63	0,772285819	0,001176471	0,2	170
40	239,36	299,63	0,798851917	0,001235294	0,21	170
41	236,71	299,63	0,790007676	0,001235294	0,21	170
42	227,42	299,63	0,75900277	0,001294118	0,22	170
43	234,06	299,63	0,781163435	0,001294118	0,22	170
44	226,1	299,63	0,754597337	0,001352941	0,23	170

Berdasarkan tabel 4.3. spesimen 3 hollow 20 x 20 diketahui gaya sebesar 264,57 kg dengan luas penampang 299,63 mm dan panjang material 170 mm, maka dihasilkan tegangan 0,882 kg/mm² dengan regangan sebesar 0,0007 %.



Gambar 4.7. Grafik spesimen 3 hollow 20 x 20

Dari hasil yang telah di ketahui pada hollow 20 x 20, maka dapat dirata – ratakan dengan menjumlahkan spesimen 1, spesimen 2, dan spesimen 3 lalu dibagi 3. Maka dapat hitung sebagai berikut :

$$\text{jumlah nilai rata-rata} = \frac{99,04 + 79,92 + 69,38}{3}$$

$$\text{jumlah nilai rata-rata} = 82,78 \text{ kg/mm}^2.$$

Hasil rata-rata dari perhitungan hollow 20 x 20 adalah 82,78 kg/mm².

4.3. Perhitungan Tegangan Pada Rangka Hollow 20 X 40

1. Hasil perhitungan spesimen 1 hollow 20 x 40

➤ Untuk mencari tiga titik lentur dilakukan dengan persamaan

$$\delta_p = \frac{F.L^3}{48.E.I}$$

➤ Untuk menghitung modulus elastisitas dilakukan dengan persamaan

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

$$E = \frac{1,572}{0,002}$$

$$E = 786 \text{ kg/mm}^2$$

➤ Kemudian momen inersia dapat dicari dengan persamaan

$$I = \frac{1}{12} m(a^2 + b^2)$$

$$I = \frac{1}{12} 0,232 \text{ kg}(20 \text{ mm}^2 + 200 \text{ mm}^2)$$

$$I = 781,06 \text{ kg.mm}^2$$

Maka nilai tiga titik lentur adalah :

$$\delta_p = \frac{907,98 \text{ kg} \cdot (170 \text{ mm})^3}{48.786 \text{ kg/mm}^2 \cdot 781,06 \text{ kg} \cdot \text{mm}^2}$$

$$\delta_p = 151,38 \text{ kg/mm}^2$$

Dari pengujian yang dilakukan maka diketahui material akan mengalami deformasi pada gaya sebesar 907,98 kg ,dengan nilai tiga titik lenturnya 151,38 kg/mm².

Dalam pengujian pada spesimen 1 dengan hollow 20 x 40 dapat dilihat pada tabel 4.4.

Tabel 4.4. Hasil perhitungan spesimen 1 hollow 20 x 40

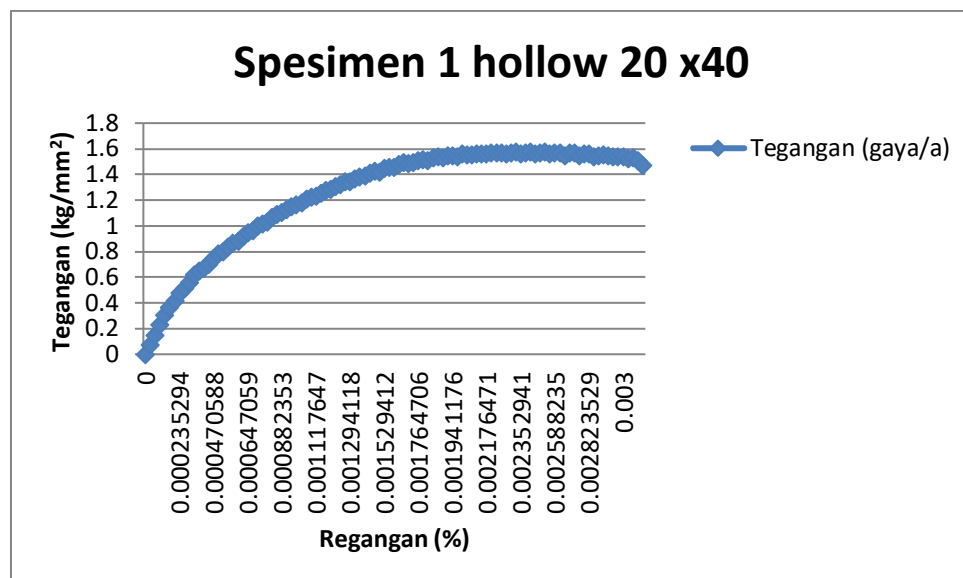
No	Gaya (F) kg	Luas penampang (a) mm	Tegangan (gaya/a) kg/mm ²	Regangan (ΔL/L) %	Elongation (ΔL)mm	Panjang awal (L)mm
1	0	577,3	0	0	0	170
2	40,37	577,3	0,06992898	5,88235E-05	0,01	170
3	85,48	577,3	0,148068595	5,88235E-05	0,01	170
4	130,58	577,3	0,226190889	0,000117647	0,02	170
5	175,69	577,3	0,304330504	0,000176471	0,03	170
6	211,51	577,3	0,366377966	0,000176471	0,03	170
7	240,69	577,3	0,41692361	0,000235294	0,04	170
8	272,53	577,3	0,47207691	0,000235294	0,04	170
9	297,74	577,3	0,515745713	0,000294118	0,05	170
10	321,61	577,3	0,557093366	0,000294118	0,05	170
11	354,78	577,3	0,614550494	0,000352941	0,06	170
12	374,68	577,3	0,649021306	0,000352941	0,06	170
13	386,62	577,3	0,669703794	0,000411765	0,07	170
14	403,86	577,3	0,69956695	0,000411765	0,07	170
15	430,4	577,3	0,745539581	0,000470588	0,08	170
16	452,95	577,3	0,784600728	0,000470588	0,08	170
17	458,25	577,3	0,793781396	0,000529412	0,09	170

18	483,46	577,3	0,837450199	0,000529412	0,09	170
19	499,38	577,3	0,865026849	0,000588235	0,1	170
20	506,01	577,3	0,876511346	0,000588235	0,1	170
21	529,89	577,3	0,917876321	0,000647059	0,11	170
22	545,81	577,3	0,945452971	0,000647059	0,11	170
23	555,1	577,3	0,961545124	0,000705882	0,12	170
24	576,32	577,3	0,998302442	0,000705882	0,12	170
25	586,94	577,3	1,016698424	0,000764706	0,13	170
26	594,9	577,3	1,030486749	0,000764706	0,13	170
27	614,79	577,3	1,064940239	0,000823529	0,14	170
28	629,39	577,3	1,090230383	0,000823529	0,14	170
29	638,67	577,3	1,106305214	0,000882353	0,15	170
30	650,61	577,3	1,126987701	0,000941176	0,16	170
31	663,88	577,3	1,149974017	0,000941176	0,16	170
32	673,17	577,3	1,16606617	0,001	0,17	170
33	678,47	577,3	1,175246839	0,001	0,17	170
34	697,04	577,3	1,207413823	0,001058824	0,18	170
35	706,33	577,3	1,223505976	0,001058824	0,18	170
36	711,64	577,3	1,232703967	0,001117647	0,19	170
37	724,9	577,3	1,25567296	0,001117647	0,19	170
38	734,19	577,3	1,271765113	0,001176471	0,2	170
39	740,82	577,3	1,28324961	0,001176471	0,2	170
40	755,42	577,3	1,308539754	0,001235294	0,21	170
41	760,72	577,3	1,317720423	0,001235294	0,21	170
42	773,99	577,3	1,340706738	0,001294118	0,22	170
43	776,64	577,3	1,345297073	0,001294118	0,22	170
44	787,25	577,3	1,363675732	0,001352941	0,23	170
45	796,54	577,3	1,379767885	0,001352941	0,23	170
46	799,19	577,3	1,384358219	0,001411765	0,24	170
47	813,79	577,3	1,409648363	0,001411765	0,24	170
48	821,75	577,3	1,423436688	0,001470588	0,25	170
49	817,77	577,3	1,416542526	0,001470588	0,25	170
50	836,34	577,3	1,44870951	0,001529412	0,26	170
51	840,32	577,3	1,455603672	0,001529412	0,26	170
52	840,32	577,3	1,455603672	0,001588235	0,27	170
53	852,26	577,3	1,47628616	0,001588235	0,27	170
54	861,54	577,3	1,492360991	0,001647059	0,28	170
55	858,89	577,3	1,487770657	0,001705882	0,29	170
56	862,87	577,3	1,494664819	0,001705882	0,29	170
57	870,83	577,3	1,508453144	0,001764706	0,3	170
58	873,48	577,3	1,513043478	0,001764706	0,3	170

59	869,5	577,3	1,506149316	0,001823529	0,31	170
60	882,77	577,3	1,529135631	0,001823529	0,31	170
61	885,42	577,3	1,533725966	0,001882353	0,32	170
62	881,44	577,3	1,526831803	0,001882353	0,32	170
63	892,06	577,3	1,545227785	0,001941176	0,33	170
64	890,73	577,3	1,542923956	0,001941176	0,33	170
65	885,42	577,3	1,533725966	0,002	0,34	170
66	898,69	577,3	1,556712281	0,002	0,34	170
67	897,36	577,3	1,554408453	0,002058824	0,35	170
68	896,04	577,3	1,552121947	0,002058824	0,35	170
69	901,34	577,3	1,561302616	0,002117647	0,36	170
70	898,69	577,3	1,556712281	0,002117647	0,36	170
71	901,34	577,3	1,561302616	0,002176471	0,37	170
72	902,67	577,3	1,563606444	0,002176471	0,37	170
73	904	577,3	1,565910272	0,002235294	0,38	170
74	906,65	577,3	1,570500606	0,002235294	0,38	170
75	900,02	577,3	1,559016109	0,002294118	0,39	170
76	904	577,3	1,565910272	0,002294118	0,39	170
77	907,98	577,3	1,572804434	0,002352941	0,4	170
78	900,02	577,3	1,559016109	0,002352941	0,4	170
79	905,32	577,3	1,568196778	0,002411765	0,41	170
80	909,3	577,3	1,575090941	0,002470588	0,42	170
81	900,02	577,3	1,559016109	0,002470588	0,42	170
82	904	577,3	1,565910272	0,002529412	0,43	170
83	907,98	577,3	1,572804434	0,002529412	0,43	170
84	898,69	577,3	1,556712281	0,002588235	0,44	170
85	905,32	577,3	1,568196778	0,002588235	0,44	170
86	906,65	577,3	1,570500606	0,002647059	0,45	170
87	890,73	577,3	1,542923956	0,002647059	0,45	170
88	902,67	577,3	1,563606444	0,002705882	0,46	170
89	902,67	577,3	1,563606444	0,002705882	0,46	170
90	893,38	577,3	1,547514291	0,002764706	0,47	170
91	900,02	577,3	1,559016109	0,002764706	0,47	170
92	901,34	577,3	1,561302616	0,002823529	0,48	170
93	886,75	577,3	1,536029794	0,002823529	0,48	170
94	892,06	577,3	1,545227785	0,002882353	0,49	170
95	894,71	577,3	1,549818119	0,002882353	0,49	170
96	890,73	577,3	1,542923956	0,002941176	0,5	170
97	888,08	577,3	1,538333622	0,002941176	0,5	170
98	889,4	577,3	1,540620128	0,003	0,51	170
99	889,4	577,3	1,540620128	0,003	0,51	170

100	880,12	577,3	1,524545297	0,003058824	0,52	170
101	884,1	577,3	1,53143946	0,003058824	0,52	170
102	869,5	577,3	1,506149316	0,003117647	0,53	170
103	848,28	577,3	1,469391997	0,003117647	0,53	170

Berdasarkan tabel 4.4. spesimen 1 hollow 20 x 40 diketahui gaya sebesar 907,98 kg dengan luas penampang 577,3 mm dan panjang material 170 mm, maka dihasilkan tegangan 1,572 kg/mm² dengan regangan sebesar 0,002 %.



Gambar 4.8. Grafik spesimen 1 hollow 20 x 40

2. Hasil perhitungan spesimen 2 hollow 20 x 40

- Untuk mencari tiga titik lentur dilakukan dengan persamaan

$$\delta_p = \frac{F.L^3}{48.E.I}$$

- Untuk menghitung modulus elastisitas dilakukan dengan persamaan

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

$$E = \frac{1,609}{0,002}$$

$$E = 804,5 \text{ kg} / \text{mm}^2$$

- Kemudian momen inersia dapat dicari dengan persamaan

$$I = \frac{1}{12} m(a^2 + b^2)$$

$$I = \frac{1}{12} 0,232 \text{ kg} (20 \text{ mm}^2 + 200 \text{ mm}^2)$$

$$I = 781,06 \text{ kg}.\text{mm}^2$$

Maka nilai tiga titik lentur adalah :

$$\delta_p = \frac{929,2 \text{ kg} \times (170 \text{ mm})^3}{48 \times 804,5 \text{ kg} / \text{mm}^2 \times 781,06 \text{ kg}.\text{mm}^2}$$

$$\delta_p = 151,35 \text{ kg} / \text{mm}^2$$

Dari pengujian yang dilakukan maka diketahui material akan mengalami deformasi pada gaya sebesar 929,2 kg ,dengan nilai tiga titik lenturnya 151,35 kg/mm².

Dalam pengujian pada spesimen 2 dengan hollow 20 x 40 dapat dilihat pada tabel 4.5.

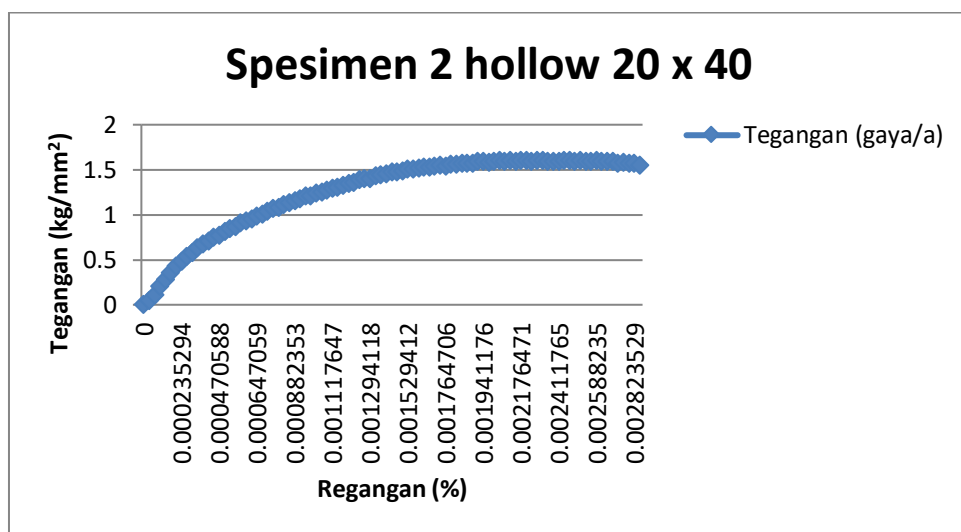
Tabel 4.5. Hasil perhitungan spesimen 2 hollow 20 x 40

No	Gaya (F) kg	Luas penampang (a) mm	Tegangan (gaya/a) kg/mm ²	Regangan ($\Delta L/L$) %	Elongation (ΔL)mm	Panjang awal (L)mm
1	0	577,3		0	0	170
2	28,43	577,3	0,04924649	5,88235	0,01	170
3	65,58	577,3	0,11359778	5,88235	0,01	170
4	119,9	577,3	0,20781222	0,00011764	0,02	170
5	163,7	577,3	0,28364801	0,00017647	0,03	170
6	203,5	577,3	0,35258964	0,00017647	0,03	170
7	248,6	577,3	0,43071193	0,00023529	0,04	170
8	279,1	577,3	0,48356140	0,00023529	0,04	170
9	313,6	577,3	0,54330504	0,00029411	0,05	170
10	336,2	577,3	0,58238350	0,00029411	0,05	170
11	365,3	577,3	0,63292915	0,00035294	0,06	170
12	390,6	577,3	0,67659795	0,00035294	0,06	170
13	411,8	577,3	0,71335527	0,00041176	0,07	170
14	431,7	577,3	0,74782608	0,00041176	0,07	170
15	448,9	577,3	0,77770656	0,00047058	0,08	170
16	470,1	577,3	0,81446388	0,00047058	0,08	170
17	488,7	577,3	0,84664819	0,00052941	0,09	170
18	502,0	577,3	0,86961718	0,00052941	0,09	170
19	523,2	577,3	0,90639182	0,00058823	0,1	170
20	539,1	577,3	0,93396847	0,00058823	0,1	170
21	548,4	577,3	0,95004330	0,00064705	0,11	170
22	571,0	577,3	0,98912177	0,00064705	0,11	170
23	584,2	577,3	1,01209076	0,00070588	0,12	170
24	602,8	577,3	1,04427507	0,00070588	0,12	170
25	617,4	577,3	1,06954789	0,00076470	0,13	170
26	622,7	577,3	1,07872856	0,00076470	0,13	170
27	642,6	577,3	1,11319937	0,00082352	0,14	170
28	657,2	577,3	1,13848952	0,00088235	0,15	170
29	666,5	577,3	1,15456435	0,00088235	0,15	170
30	682,4	577,3	1,18214100	0,00094117	0,16	170
31	695,7	577,3	1,20512731	0,00094117	0,16	170
32	698,3	577,3	1,20971765	0,001	0,17	170
33	715,6	577,3	1,23959812	0,001	0,17	170
34	726,2	577,3	1,25797678	0,00105882	0,18	170
35	735,5	577,3	1,27406894	0,00105882	0,18	170

36	746,1	577,3	1,29244760	0,00111764	0,19	170
37	756,7	577,3	1,31082626	0,00111764	0,19	170
38	768,6	577,3	1,33150874	0,00117647	0,2	170
39	777,9	577,3	1,34760090	0,00117647	0,2	170
40	784,6	577,3	1,35908539	0,00123529	0,21	170
41	800,5	577,3	1,38666204	0,00123529	0,21	170
42	807,1	577,3	1,39814654	0,00129411	0,22	170
43	809,8	577,3	1,40275420	0,00129411	0,22	170
44	827,0	577,3	1,43261735	0,00135294	0,23	170
45	835,0	577,3	1,44640568	0,00135294	0,23	170
46	838,9	577,3	1,45329984	0,00141176	0,24	170
47	849,6	577,3	1,47167850	0,00141176	0,24	170
48	852,2	577,3	1,47628616	0,00147058	0,25	170
49	858,8	577,3	1,48777065	0,00147058	0,25	170
50	868,1	577,3	1,50386281	0,00152941	0,26	170
51	868,1	577,3	1,50386281	0,00152941	0,26	170
52	878,7	577,3	1,52224146	0,00158823	0,27	170
53	884,1	577,3	1,53143946	0,00164705	0,28	170
54	881,4	577,3	1,52683180	0,00164705	0,28	170
55	889,4	577,3	1,54062012	0,00170588	0,29	170
56	896,0	577,3	1,55212194	0,00170588	0,29	170
57	892,0	577,3	1,54522778	0,00176470	0,3	170
58	901,3	577,3	1,56130261	0,00176470	0,3	170
59	904	577,3	1,56591027	0,00182352	0,31	170
60	905,3	577,3	1,56819677	0,00182352	0,31	170
61	909,3	577,3	1,57509094	0,00188235	0,32	170
62	909,3	577,3	1,57509094	0,00188235	0,32	170
63	919,9	577,3	1,59348692	0,00194117	0,33	170
64	918,5	577,3	1,59118309	0,00194117	0,33	170
65	914,6	577,3	1,58428893	0,002	0,34	170
66	921,2	577,3	1,59577342	0,002	0,34	170
67	925,2	577,3	1,60266759	0,00205882	0,35	170
68	922,5	577,3	1,59807725	0,00205882	0,35	170
69	929,2	577,3	1,60956175	0,00211764	0,36	170
70	919,9	577,3	1,59348692	0,00211764	0,36	170
71	927,8	577,3	1,60725792	0,00217647	0,37	170
72	929,2	577,3	1,60956175	0,00217647	0,37	170
73	921,2	577,3	1,59577342	0,00223529	0,38	170
74	926,5	577,3	1,60497141	0,00223529	0,38	170
75	929,2	577,3	1,60956175	0,00229411	0,39	170
76	921,2	577,3	1,59577342	0,00229411	0,39	170

77	922,5	577,3	1,59807725	0,00235294	0,4	170
78	922,5	577,3	1,59807725	0,0024117	0,41	170
79	926,5	577,3	1,60497141	0,00241176	0,41	170
80	923,8	577,3	1,60036376	0,00247058	0,42	170
81	919,9	577,3	1,59348692	0,00247058	0,42	170
82	925,2	577,3	1,60266759	0,00252941	0,43	170
83	922,5	577,3	1,59807725	0,00252941	0,43	170
84	921,2	577,3	1,59577342	0,00258823	0,44	170
85	925,2	577,3	1,60266759	0,00258823	0,44	170
86	918,5	577,3	1,59118309	0,00264705	0,45	170
87	917,2	577,3	1,58887926	0,00264705	0,45	170
88	918,5	577,3	1,59118309	0,00270588	0,46	170
89	909,3	577,3	1,57509094	0,0027058	0,46	170
90	915,9	577,3	1,58659275	0,00276470	0,47	170
91	910,6	577,3	1,57739476	0,00276470	0,47	170
92	909,3	577,3	1,57509094	0,00282352	0,48	170
93	894,7	577,3	1,54981811	0,00282352	0,48	170

Berdasarkan tabel 4.5. spesimen 2 hollow 20 x 40 diketahui gaya sebesar 907,98 kg dengan luas penampang 577,3 mm dan panjang material 170 mm, maka dihasilkan tegangan 1,572 kg/mm² dengan regangan sebesar 0,002 %.



Gambar 4.9. Grafik spesimen 2 hollow 20 x 40

3. Hasil perhitungan spesimen 3 hollow 20 x 40

- Untuk mencari tiga titik lentur dilakukan dengan persamaan

$$\delta_p = \frac{F.L^3}{48.E.I}$$

- Untuk menghitung modulus elastisitas dilakukan dengan persamaan

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

$$E = \frac{1,609}{0,002}$$

$$E = 804,5 \text{ kg/mm}^2$$

- Kemudian momen inersia dapat dicari dengan persamaan

$$I = \frac{1}{12} m(a^2 + b^2)$$

$$I = \frac{1}{12} 0,232 \text{ kg}(20 \text{ mm}^2 + 200 \text{ mm}^2)$$

$$I = 781,06 \text{ kg.mm}^2$$

Maka nilai tiga titik lentur adalah :

$$\delta_p = \frac{929,3 \text{ kg} \times (170 \text{ mm})^3}{48 \times 804,5 \text{ kg/mm}^2 \times 781,06 \text{ kg.mm}^2}$$

$$\delta_p = 151,37 \text{ kg/mm}^2$$

Dari pengujian yang dilakukan maka diketahui material akan mengalami deformasi pada gaya sebesar 929,3 kg ,dengan nilai tiga titik lenturnya 151,37 kg/mm².

Dalam pengujian pada spesimen 3 dengan hollow 20 x 40 dapat dilihat pada tabel 4.6.

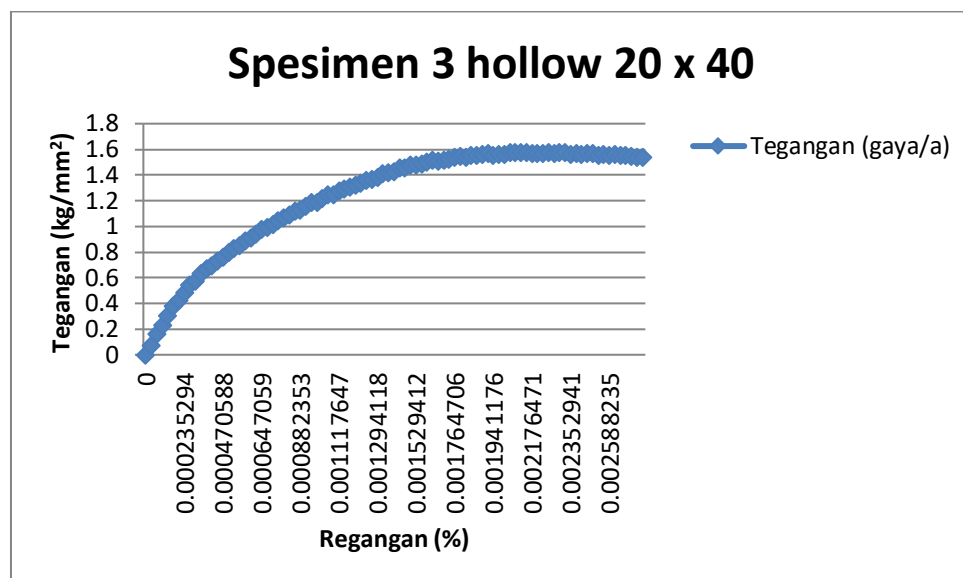
Tabel 4.6. Hasil perhitungan spesimen 3 hollow 20 x 40

No	Gaya (F) kg	Luas penampang (a) mm	Tegangan (gaya/a) kg/mm ²	Regangan ($\Delta L/L$) %	Elongation (ΔL) mm	Panjang awal (L) mm
1	0	577,3	0	0	0	170
2	41,7	577,3	0,072232808	5,88235E-05	0,01	170
3	90,78	577,3	0,157249264	5,88235E-05	0,01	170
4	133,24	577,3	0,230798545	0,000117647	0,02	170
5	173,03	577,3	0,299722848	0,000176471	0,03	170
6	218,14	577,3	0,377862463	0,000176471	0,03	170
7	246	577,3	0,426121601	0,000235294	0,04	170
8	279,16	577,3	0,483561407	0,000235294	0,04	170
9	312,33	577,3	0,541018535	0,000294118	0,05	170
10	329,57	577,3	0,570881691	0,000294118	0,05	170
11	362,74	577,3	0,628338819	0,000352941	0,06	170
12	386,62	577,3	0,669703794	0,000352941	0,06	170
13	397,23	577,3	0,688082453	0,000411765	0,07	170
14	421,11	577,3	0,729447428	0,000411765	0,07	170
15	439,68	577,3	0,761614412	0,000470588	0,08	170
16	459,58	577,3	0,796085224	0,000470588	0,08	170
17	478,15	577,3	0,828252209	0,000529412	0,09	170
18	491,42	577,3	0,851238524	0,000529412	0,09	170
19	509,99	577,3	0,883405508	0,000588235	0,1	170
20	524,59	577,3	0,908695652	0,000588235	0,1	170
21	540,5	577,3	0,93625498	0,000647059	0,11	170
22	561,73	577,3	0,973029621	0,000647059	0,11	170
23	572,34	577,3	0,99140828	0,000705882	0,12	170
24	582,96	577,3	1,009804261	0,000705882	0,12	170
25	601,53	577,3	1,041971245	0,000764706	0,13	170
26	616,12	577,3	1,067244067	0,000764706	0,13	170
27	628,06	577,3	1,087926555	0,000823529	0,14	170
28	645,31	577,3	1,117807033	0,000823529	0,14	170
29	651,94	577,3	1,12929153	0,000882353	0,15	170
30	667,86	577,3	1,156868179	0,000941176	0,16	170
31	682,45	577,3	1,182141001	0,000941176	0,16	170
32	685,11	577,3	1,186748658	0,001	0,17	170
33	702,35	577,3	1,216611814	0,001	0,17	170

34	716,94	577,3	1,241884635	0,001058824	0,18	170
35	716,94	577,3	1,241884635	0,001058824	0,18	170
36	736,84	577,3	1,276355448	0,001117647	0,19	170
37	744,8	577,3	1,290143773	0,001117647	0,19	170
38	751,44	577,3	1,301645592	0,001176471	0,2	170
39	763,38	577,3	1,322328079	0,001176471	0,2	170
40	770,01	577,3	1,333812576	0,001235294	0,21	170
41	784,6	577,3	1,359085398	0,001235294	0,21	170
42	789,91	577,3	1,368283388	0,001294118	0,22	170
43	796,54	577,3	1,379767885	0,001294118	0,22	170
44	812,46	577,3	1,407344535	0,001352941	0,23	170
45	816,44	577,3	1,414238697	0,001352941	0,23	170
46	820,42	577,3	1,42113286	0,001411765	0,24	170
47	837,67	577,3	1,451013338	0,001411765	0,24	170
48	840,32	577,3	1,455603672	0,001470588	0,25	170
49	850,93	577,3	1,473982332	0,001470588	0,25	170
50	853,58	577,3	1,478572666	0,001529412	0,26	170
51	854,91	577,3	1,480876494	0,001529412	0,26	170
52	864,2	577,3	1,496968647	0,001588235	0,27	170
53	872,16	577,3	1,510756972	0,001588235	0,27	170
54	868,18	577,3	1,50386281	0,001647059	0,28	170
55	873,48	577,3	1,513043478	0,001705882	0,29	170
56	878,79	577,3	1,522241469	0,001705882	0,29	170
57	888,08	577,3	1,538333622	0,001764706	0,3	170
58	890,73	577,3	1,542923956	0,001764706	0,3	170
59	889,4	577,3	1,540620128	0,001823529	0,31	170
60	896,04	577,3	1,552121947	0,001823529	0,31	170
61	894,71	577,3	1,549818119	0,001882353	0,32	170
62	900,02	577,3	1,559016109	0,001882353	0,32	170
63	905,32	577,3	1,568196778	0,001941176	0,33	170
64	897,36	577,3	1,554408453	0,001941176	0,33	170
65	900,02	577,3	1,559016109	0,002	0,34	170
66	900,02	577,3	1,559016109	0,002	0,34	170
67	907,98	577,3	1,572804434	0,002058824	0,35	170
68	909,3	577,3	1,575090941	0,002058824	0,35	170
69	909,3	577,3	1,575090941	0,002117647	0,36	170
70	907,98	577,3	1,572804434	0,002117647	0,36	170
71	902,67	577,3	1,563606444	0,002176471	0,37	170
72	906,65	577,3	1,570500606	0,002176471	0,37	170
73	906,65	577,3	1,570500606	0,002235294	0,38	170
74	907,98	577,3	1,572804434	0,002235294	0,38	170
75	906,65	577,3	1,570500606	0,002294118	0,39	170
76	907,98	577,3	1,572804434	0,002294118	0,39	170

77	909,3	577,3	1,575090941	0,002352941	0,4	170
78	900,02	577,3	1,559016109	0,002352941	0,4	170
79	904	577,3	1,565910272	0,002411765	0,41	170
80	901,34	577,3	1,561302616	0,002470588	0,42	170
81	905,32	577,3	1,568196778	0,002470588	0,42	170
82	904	577,3	1,565910272	0,002529412	0,43	170
83	897,36	577,3	1,554408453	0,002529412	0,43	170
84	901,34	577,3	1,561302616	0,002588235	0,44	170
85	894,71	577,3	1,549818119	0,002588235	0,44	170
86	898,69	577,3	1,556712281	0,002647059	0,45	170
87	894,71	577,3	1,549818119	0,002647059	0,45	170
88	894,71	577,3	1,549818119	0,002705882	0,46	170
89	893,38	577,3	1,547514291	0,002705882	0,46	170
90	889,4	577,3	1,540620128	0,002764706	0,47	170
91	885,42	577,3	1,533725966	0,002764706	0,47	170

Berdasarkan tabel 4.6. spesimen 3 hollow 20 x 40 diketahui gaya sebesar 909,3 kg dengan luas penampang 577,3 mm dan panjang material 170 mm, maka dihasilkan tegangan $1,575 \text{ kg/mm}^2$ dengan regangan sebesar 0,002 %.



Gambar 4.10. Grafik spesimen 3 hollow 20 x 40

Dari hasil yang telah di ketahui pada hollow 20 x 40, maka dapat dirata – ratakan dengan menjumlahkan spesimen 1, spesimen 2, dan spesimen 3 lalu dibagi 3. Maka dapat hitung sebagai berikut :

$$\text{jumlah nilai rata – rata} = \frac{151,38 + 151,35 + 151,37}{3}$$

$$\text{jumlah nilai rata – rata} = 151,36 \text{ kg} / \text{mm}^2.$$

Hasil rata – rata dari perhitungan hollow 20 x 40 adalah 151,36 kg/mm².

4.4. Perhitungan Tegangan Pada UNP 5

1. Hasil perhitungan spesimen 1 UNP 5

➤ Untuk mencari tiga titik lentur dilakukan dengan persamaan

$$\delta_p = \frac{F.L^3}{48.E.I}$$

➤ Untuk menghitung modulus elastisitas dilakukan dengan persamaan

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

$$E = \frac{3,417}{0,009}$$

$$E = 379,6 \text{ kg} / \text{mm}^2$$

➤ Kemudian momen inersia dapat dicari dengan persamaan

a. Luas penampang

$$a = H.t_1 + 2.t_2 (B - t_1) + 0,349(r_1^2 - r_2^2)$$

$$a = 50 \times 5 + 2 \times 7(38 - 5) + 0,349(7^2 - 3,5^2)$$

$$a = 250 + 462 + 12,82$$

$$a = 724,82 \text{ mm}^2$$

b. Radius girasi

$$i = \sqrt{I / a}$$

$$i = \sqrt{2640 / 724,82}$$

$$i = 1,9 \text{ mm}^2$$

c. Momen inersia

$$I = a \cdot i^2$$

$$I = 724,82 \times 1,9^2$$

$$I = 2616,6 \text{ mm}^2$$

Maka nilai tiga titik lentur adalah :

$$\delta_p = \frac{2477,35 \text{ kg} (170 \text{ mm})^3}{48 \times 379,6 \text{ kg} / \text{mm}^2 \times 2616,6 \text{ kg} \cdot \text{mm}^2}$$

$$\delta_p = 255,28 \text{ kg} / \text{mm}^2$$

Dari pengujian yang dilakukan maka diketahui material akan mengalami deformasi pada gaya sebesar 2477,35 kg ,dengan nilai tiga titik lenturnya 255,28 kg/mm².

Dalam pengujian pada spesimen 1 dengan besi UNP 5 dapat dilihat pada tabel 4.7.

Tabel 4.7. Hasil perhitungan spesimen 1 UNP 5

No	Gaya (F) kg	Luas penampang (a) mm	Tegangan (gaya/a)	Regangan ($\Delta L/L$) mm	Elongation (ΔL)mm	Panjang awal (L)mm
1	0	724,82	0	0	0	170
2	54,97	724,82	0,075839519	5,88235E-05	0,01	170
3	109,36	724,82	0,150878839	5,88235E-05	0,01	170
4	142,52	724,82	0,196628128	0,000117647	0,02	170
5	194,26	724,82	0,268011368	0,000176471	0,03	170
6	242,02	724,82	0,33390359	0,000176471	0,03	170
7	281,82	724,82	0,388813774	0,000235294	0,04	170
8	333,55	724,82	0,460183218	0,000235294	0,04	170
9	378,66	724,82	0,522419359	0,000294118	0,05	170
10	411,82	724,82	0,568168649	0,000294118	0,05	170
11	456,93	724,82	0,63040479	0,000352941	0,06	170
12	495,4	724,82	0,683480036	0,000352941	0,06	170
13	527,24	724,82	0,727408184	0,000411765	0,07	170
14	565,71	724,82	0,78048343	0,000411765	0,07	170
15	601,53	724,82	0,829902597	0,000470588	0,08	170
16	626,73	724,82	0,864669849	0,000470588	0,08	170
17	658,57	724,82	0,908597997	0,000529412	0,09	170
18	693,06	724,82	0,956182225	0,000529412	0,09	170
19	716,94	724,82	0,989128335	0,000588235	0,1	170
20	743,48	724,82	1,025744323	0,000588235	0,1	170
21	775,31	724,82	1,069658674	0,000647059	0,11	170
22	795,21	724,82	1,097113766	0,000647059	0,11	170
23	815,11	724,82	1,124568858	0,000705882	0,12	170
24	844,3	724,82	1,164840926	0,000705882	0,12	170
25	865,52	724,82	1,19411716	0,000764706	0,13	170
26	881,44	724,82	1,216081234	0,000764706	0,13	170
27	909,3	724,82	1,254518363	0,000823529	0,14	170
28	927,87	724,82	1,280138517	0,000823529	0,14	170
29	941,14	724,82	1,298446511	0,000882353	0,15	170
30	961,04	724,82	1,325901603	0,000941176	0,16	170
31	983,59	724,82	1,357012776	0,000941176	0,16	170
32	1004,82	724,82	1,386302806	0,001	0,17	170
33	1016,76	724,82	1,402775862	0,001	0,17	170
34	1040,64	724,82	1,435721972	0,001058824	0,18	170
35	1060,54	724,82	1,463177065	0,001058824	0,18	170
36	1067,17	724,82	1,472324163	0,001117647	0,19	170
37	1091,05	724,82	1,505270274	0,001117647	0,19	170
38	1109,62	724,82	1,530890428	0,001176471	0,2	170

39	1118,91	724,82	1,543707403	0,001176471	0,2	170
40	1137,48	724,82	1,569327557	0,001235294	0,21	170
41	1153,4	724,82	1,591291631	0,001235294	0,21	170
42	1162,68	724,82	1,60409481	0,001294118	0,22	170
43	1177,28	724,82	1,624237742	0,001294118	0,22	170
44	1194,52	724,82	1,648022957	0,001352941	0,23	170
45	1205,14	724,82	1,662674871	0,001352941	0,23	170
46	1214,42	724,82	1,67547805	0,001411765	0,24	170
47	1230,34	724,82	1,697442124	0,001411765	0,24	170
48	1238,3	724,82	1,70842416	0,001470588	0,25	170
49	1246,26	724,82	1,719406197	0,001470588	0,25	170
50	1262,18	724,82	1,741370271	0,001529412	0,26	170
51	1274,12	724,82	1,757843327	0,001529412	0,26	170
52	1282,08	724,82	1,768825364	0,001588235	0,27	170
53	1296,67	724,82	1,788954499	0,001588235	0,27	170
54	1307,28	724,82	1,803592616	0,001647059	0,28	170
55	1312,59	724,82	1,810918573	0,001705882	0,29	170
56	1324,53	724,82	1,827391628	0,001705882	0,29	170
57	1333,82	724,82	1,840208604	0,001764706	0,3	170
58	1344,43	724,82	1,854846721	0,001764706	0,3	170
59	1351,06	724,82	1,863993819	0,001823529	0,31	170
60	1365,66	724,82	1,884136751	0,001823529	0,31	170
61	1376,27	724,82	1,898774868	0,001882353	0,32	170
62	1376,27	724,82	1,898774868	0,001882353	0,32	170
63	1390,86	724,82	1,918904004	0,001941176	0,33	170
64	1405,45	724,82	1,939033139	0,001941176	0,33	170
65	1408,11	724,82	1,942703016	0,002	0,34	170
66	1421,37	724,82	1,960997213	0,002	0,34	170
67	1433,31	724,82	1,977470268	0,002058824	0,35	170
68	1431,99	724,82	1,975649127	0,002058824	0,35	170
69	1449,23	724,82	1,999434342	0,002117647	0,36	170
70	1459,85	724,82	2,014086256	0,002117647	0,36	170
71	1461,17	724,82	2,015907398	0,002176471	0,37	170
72	1475,76	724,82	2,036036533	0,002176471	0,37	170
73	1485,05	724,82	2,048853508	0,002235294	0,38	170
74	1486,38	724,82	2,050688447	0,002235294	0,38	170
75	1498,32	724,82	2,067161502	0,002294118	0,39	170
76	1508,93	724,82	2,081799619	0,002294118	0,39	170
77	1515,56	724,82	2,090946718	0,002352941	0,4	170
78	1522,2	724,82	2,100107613	0,002352941	0,4	170
79	1535,46	724,82	2,11840181	0,002411765	0,41	170
80	1542,09	724,82	2,127548909	0,002470588	0,42	170
81	1542,09	724,82	2,127548909	0,002470588	0,42	170

82	1555,36	724,82	2,145856902	0,002529412	0,43	170
83	1563,32	724,82	2,156838939	0,002529412	0,43	170
84	1568,63	724,82	2,164164896	0,002588235	0,44	170
85	1579,24	724,82	2,178803013	0,002588235	0,44	170
86	1588,53	724,82	2,191619988	0,002647059	0,45	170
87	1588,53	724,82	2,191619988	0,002647059	0,45	170
88	1599,14	724,82	2,206258105	0,002705882	0,46	170
89	1604,45	724,82	2,213584062	0,002705882	0,46	170
90	1609,75	724,82	2,220896223	0,002764706	0,47	170
91	1624,34	724,82	2,241025358	0,002764706	0,47	170
92	1630,98	724,82	2,250186253	0,002823529	0,48	170
93	1632,3	724,82	2,252007395	0,002823529	0,48	170
94	1642,92	724,82	2,266659309	0,002882353	0,49	170
95	1650,88	724,82	2,277641345	0,002882353	0,49	170
96	1654,86	724,82	2,283132364	0,002941176	0,5	170
97	1666,8	724,82	2,299605419	0,002941176	0,5	170
98	1673,43	724,82	2,308752518	0,003	0,51	170
99	1676,08	724,82	2,312408598	0,003	0,51	170
100	1685,37	724,82	2,325225573	0,003058824	0,52	170
101	1689,35	724,82	2,330716592	0,003058824	0,52	170
102	1695,98	724,82	2,33986369	0,003117647	0,53	170
103	1710,57	724,82	2,359992826	0,003117647	0,53	170
104	1713,23	724,82	2,363662702	0,003176471	0,54	170
105	1718,53	724,82	2,370974863	0,003235294	0,55	170
106	1729,15	724,82	2,385626776	0,003235294	0,55	170
107	1734,45	724,82	2,392938937	0,003294118	0,56	170
108	1741,09	724,82	2,402099832	0,003294118	0,56	170
109	1750,37	724,82	2,41490301	0,003352941	0,57	170
110	1747,72	724,82	2,41124693	0,003352941	0,57	170
111	1762,31	724,82	2,431376066	0,003411765	0,58	170
112	1770,27	724,82	2,442358103	0,003411765	0,58	170
113	1767,62	724,82	2,438702023	0,003470588	0,59	170
114	1780,88	724,82	2,45699622	0,003470588	0,59	170
115	1790,17	724,82	2,469813195	0,003529412	0,6	170
116	1791,5	724,82	2,471648133	0,003529412	0,6	170
117	1802,11	724,82	2,48628625	0,003588235	0,61	170
118	1808,74	724,82	2,495433349	0,003588235	0,61	170
119	1806,09	724,82	2,491777269	0,003647059	0,62	170
120	1819,36	724,82	2,510085263	0,003647059	0,62	170
121	1827,32	724,82	2,521067299	0,003705882	0,63	170
122	1827,32	724,82	2,521067299	0,003705882	0,63	170
123	1840,58	724,82	2,539361497	0,003764706	0,64	170
124	1847,22	724,82	2,548522392	0,003764706	0,64	170

125	1845,89	724,82	2,546687453	0,003823529	0,65	170
126	1856,5	724,82	2,56132557	0,003823529	0,65	170
127	1861,81	724,82	2,568651527	0,003882353	0,66	170
128	1865,79	724,82	2,574142546	0,003941176	0,67	170
129	1876,4	724,82	2,588780663	0,003941176	0,67	170
130	1881,71	724,82	2,59610662	0,004	0,68	170
131	1880,38	724,82	2,594271681	0,004	0,68	170
132	1890,99	724,82	2,608909798	0,004058824	0,69	170
133	1896,3	724,82	2,616235755	0,004058824	0,69	170
134	1900,28	724,82	2,621726774	0,004117647	0,7	170
135	1906,91	724,82	2,630873872	0,004117647	0,7	170
136	1914,87	724,82	2,641855909	0,004176471	0,71	170
137	1918,85	724,82	2,647346928	0,004176471	0,71	170
138	1924,16	724,82	2,654672884	0,004235294	0,72	170
139	1928,14	724,82	2,660163903	0,004235294	0,72	170
140	1937,42	724,82	2,672967081	0,004294118	0,73	170
141	1941,4	724,82	2,6784581	0,004294118	0,73	170
142	1948,04	724,82	2,687618995	0,004352941	0,74	170
143	1956	724,82	2,698601032	0,004352941	0,74	170
144	1959,98	724,82	2,70409205	0,004411765	0,75	170
145	1963,96	724,82	2,709583069	0,004411765	0,75	170
146	1973,24	724,82	2,722386248	0,004470588	0,76	170
147	1978,55	724,82	2,729712204	0,004470588	0,76	170
148	1979,88	724,82	2,731547143	0,004529412	0,77	170
149	1989,16	724,82	2,744350321	0,004529412	0,77	170
150	1991,82	724,82	2,748020198	0,004588235	0,78	170
151	1994,47	724,82	2,751676278	0,004588235	0,78	170
152	2007,73	724,82	2,769970475	0,004647059	0,79	170
153	2010,39	724,82	2,773640352	0,004705882	0,8	170
154	2013,04	724,82	2,777296432	0,004705882	0,8	170
155	2022,33	724,82	2,790113407	0,004764706	0,81	170
156	2023,65	724,82	2,791934549	0,004764706	0,81	170
157	2028,96	724,82	2,799260506	0,004823529	0,82	170
158	2036,92	724,82	2,810242543	0,004823529	0,82	170
159	2040,9	724,82	2,815733561	0,004882353	0,83	170
160	2043,55	724,82	2,819389642	0,004882353	0,83	170
161	2052,84	724,82	2,832206617	0,004941176	0,84	170
162	2054,17	724,82	2,834041555	0,004941176	0,84	170
163	2059,47	724,82	2,841353715	0,005	0,85	170
164	2067,43	724,82	2,852335752	0,005	0,85	170
165	2070,09	724,82	2,856005629	0,005058824	0,86	170
166	2074,07	724,82	2,861496647	0,005058824	0,86	170
167	2083,35	724,82	2,874299826	0,005117647	0,87	170

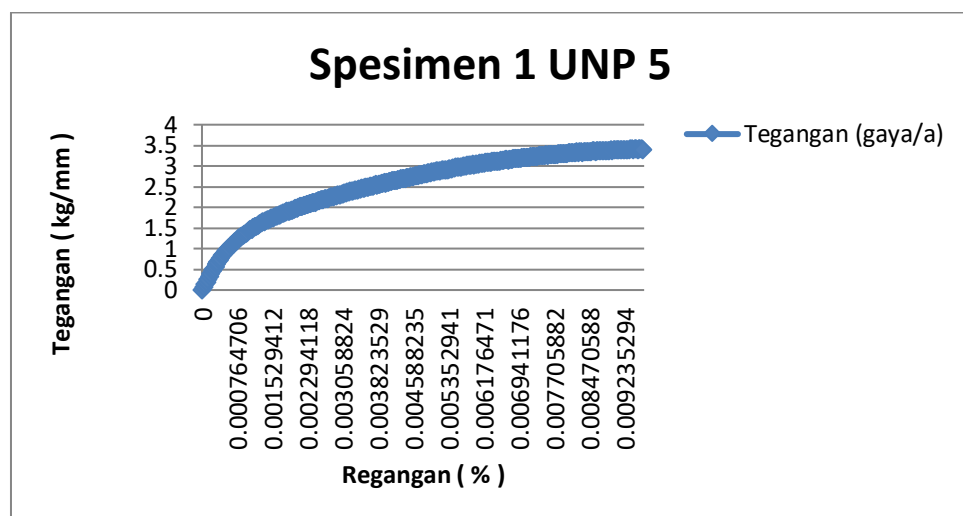
168	2083,35	724,82	2,874299826	0,005117647	0,87	170
169	2084,68	724,82	2,876134764	0,005176471	0,88	170
170	2096,62	724,82	2,89260782	0,005176471	0,88	170
171	2100,6	724,82	2,898098838	0,005235294	0,89	170
172	2100,6	724,82	2,898098838	0,005235294	0,89	170
173	2109,88	724,82	2,910902017	0,005294118	0,9	170
174	2112,54	724,82	2,914571894	0,005294118	0,9	170
175	2113,86	724,82	2,916393036	0,005352941	0,91	170
176	2125,8	724,82	2,932866091	0,005352941	0,91	170
177	2128,46	724,82	2,936535968	0,005411765	0,92	170
178	2132,44	724,82	2,942026986	0,005470588	0,93	170
179	2137,74	724,82	2,949339146	0,005470588	0,93	170
180	2140,4	724,82	2,953009023	0,005529412	0,94	170
181	2152,34	724,82	2,969482078	0,005529412	0,94	170
182	2153,66	724,82	2,97130322	0,005588235	0,95	170
183	2156,32	724,82	2,974973097	0,005588235	0,95	170
184	2160,29	724,82	2,980450319	0,005647059	0,96	170
185	2160,29	724,82	2,980450319	0,005705882	0,97	170
186	2173,56	724,82	2,998758312	0,005705882	0,97	170
187	2176,21	724,82	3,002414393	0,005764706	0,98	170
188	2174,89	724,82	3,000593251	0,005764706	0,98	170
189	2185,5	724,82	3,015231368	0,005823529	0,99	170
190	2190,81	724,82	3,022557325	0,005823529	0,99	170
191	2190,81	724,82	3,022557325	0,005882353	1	170
192	2196,11	724,82	3,029869485	0,005882353	1	170
193	2201,42	724,82	3,037195442	0,005941176	1,01	170
194	2198,77	724,82	3,033539361	0,005941176	1,01	170
195	2208,05	724,82	3,04634254	0,006	1,02	170
196	2213,36	724,82	3,053668497	0,006	1,02	170
197	2212,03	724,82	3,051833559	0,006058824	1,03	170
198	2221,32	724,82	3,064650534	0,006058824	1,03	170
199	2222,65	724,82	3,066485472	0,006117647	1,04	170
200	2222,65	724,82	3,066485472	0,006117647	1,04	170
201	2231,93	724,82	3,079288651	0,006176471	1,05	170
202	2238,56	724,82	3,08843575	0,006176471	1,05	170
203	2235,91	724,82	3,084779669	0,006235294	1,06	170
204	2245,2	724,82	3,097596645	0,006235294	1,06	170
205	2246,52	724,82	3,099417786	0,006294118	1,07	170
206	2245,2	724,82	3,097596645	0,006294118	1,07	170
207	2251,83	724,82	3,106743743	0,006352941	1,08	170
208	2259,79	724,82	3,11772578	0,006411765	1,09	170
209	2258,46	724,82	3,115890842	0,006411765	1,09	170
210	2265,1	724,82	3,125051737	0,006470588	1,1	170

211	2266,42	724,82	3,126872879	0,006470588	1,1	170
212	2263,77	724,82	3,123216799	0,006529412	1,11	170
213	2273,06	724,82	3,136033774	0,006529412	1,11	170
214	2279,69	724,82	3,145180872	0,006588235	1,12	170
215	2277,04	724,82	3,141524792	0,006588235	1,12	170
216	2286,32	724,82	3,154327971	0,006647059	1,13	170
217	2291,63	724,82	3,161653928	0,006647059	1,13	170
218	2283,67	724,82	3,150671891	0,006705882	1,14	170
219	2294,28	724,82	3,165310008	0,006705882	1,14	170
220	2299,59	724,82	3,172635965	0,006764706	1,15	170
221	2294,28	724,82	3,165310008	0,006764706	1,15	170
222	2302,24	724,82	3,176292045	0,006823529	1,16	170
223	2307,55	724,82	3,183618002	0,006823529	1,16	170
224	2303,57	724,82	3,178126983	0,006882353	1,17	170
225	2310,2	724,82	3,187274082	0,006882353	1,17	170
226	2316,83	724,82	3,19642118	0,006941176	1,18	170
227	2312,86	724,82	3,190943959	0,006941176	1,18	170
228	2323,47	724,82	3,205582076	0,007	1,19	170
229	2326,12	724,82	3,209238156	0,007	1,19	170
230	2320,81	724,82	3,201912199	0,007058824	1,2	170
231	2327,45	724,82	3,211073094	0,007058824	1,2	170
232	2328,77	724,82	3,212894236	0,007117647	1,21	170
233	2332,75	724,82	3,218385254	0,007176471	1,22	170
234	2336,73	724,82	3,223876273	0,007176471	1,22	170
235	2340,71	724,82	3,229367291	0,007235294	1,23	170
236	2338,06	724,82	3,225711211	0,007235294	1,23	170
237	2343,37	724,82	3,233037168	0,007294118	1,24	170
238	2347,35	724,82	3,238528186	0,007294118	1,24	170
239	2350	724,82	3,242184266	0,007352941	1,25	170
240	2352,65	724,82	3,245840347	0,007352941	1,25	170
241	2356,63	724,82	3,251331365	0,007411765	1,26	170
242	2359,29	724,82	3,255001242	0,007411765	1,26	170
243	2361,94	724,82	3,258657322	0,007470588	1,27	170
244	2360,61	724,82	3,256822383	0,007470588	1,27	170
245	2373,88	724,82	3,275130377	0,007529412	1,28	170
246	2368,57	724,82	3,26780442	0,007529412	1,28	170
247	2372,55	724,82	3,273295439	0,007588235	1,29	170
248	2376,53	724,82	3,278786457	0,007588235	1,29	170
249	2371,23	724,82	3,271474297	0,007647059	1,3	170
250	2379,19	724,82	3,282456334	0,007647059	1,3	170
251	2383,17	724,82	3,287947352	0,007705882	1,31	170
252	2379,19	724,82	3,282456334	0,007705882	1,31	170
253	2384,49	724,82	3,289768494	0,007764706	1,32	170

254	2387,15	724,82	3,293438371	0,007764706	1,32	170
255	2385,82	724,82	3,291603433	0,007823529	1,33	170
256	2389,8	724,82	3,297094451	0,007823529	1,33	170
257	2393,78	724,82	3,302585469	0,007882353	1,34	170
258	2397,76	724,82	3,308076488	0,007941176	1,35	170
259	2397,76	724,82	3,308076488	0,007941176	1,35	170
260	2397,76	724,82	3,308076488	0,008	1,36	170
261	2403,06	724,82	3,315388648	0,008	1,36	170
262	2408,37	724,82	3,322714605	0,008058824	1,37	170
263	2405,72	724,82	3,319058525	0,008058824	1,37	170
264	2409,7	724,82	3,324549543	0,008117647	1,38	170
265	2409,7	724,82	3,324549543	0,008117647	1,38	170
266	2412,35	724,82	3,328205623	0,008176471	1,39	170
267	2420,31	724,82	3,33918766	0,008176471	1,39	170
268	2417,66	724,82	3,33553158	0,008235294	1,4	170
269	2420,31	724,82	3,33918766	0,008235294	1,4	170
270	2424,29	724,82	3,344678679	0,008294118	1,41	170
271	2418,98	724,82	3,337352722	0,008294118	1,41	170
272	2425,62	724,82	3,346513617	0,008352941	1,42	170
273	2428,27	724,82	3,350169697	0,008352941	1,42	170
274	2426,94	724,82	3,348334759	0,008411765	1,43	170
275	2433,58	724,82	3,357495654	0,008411765	1,43	170
276	2433,58	724,82	3,357495654	0,008470588	1,44	170
277	2429,6	724,82	3,352004636	0,008470588	1,44	170
278	2436,23	724,82	3,361151734	0,008529412	1,45	170
279	2438,88	724,82	3,364807814	0,008529412	1,45	170
280	2433,58	724,82	3,357495654	0,008588235	1,46	170
281	2438,88	724,82	3,364807814	0,008588235	1,46	170
282	2442,86	724,82	3,370298833	0,008647059	1,47	170
283	2436,23	724,82	3,361151734	0,008705882	1,48	170
284	2444,19	724,82	3,372133771	0,008705882	1,48	170
285	2445,52	724,82	3,373968709	0,008764706	1,49	170
286	2445,52	724,82	3,373968709	0,008764706	1,49	170
287	2450,82	724,82	3,38128087	0,008823529	1,5	170
288	2448,17	724,82	3,37762479	0,008823529	1,5	170
289	2448,17	724,82	3,37762479	0,008882353	1,51	170
290	2450,82	724,82	3,38128087	0,008882353	1,51	170
291	2454,8	724,82	3,386771888	0,008941176	1,52	170
292	2452,15	724,82	3,383115808	0,008941176	1,52	170
293	2456,13	724,82	3,388606827	0,009	1,53	170
294	2456,13	724,82	3,388606827	0,009	1,53	170
295	2454,8	724,82	3,386771888	0,009058824	1,54	170
296	2457,46	724,82	3,390441765	0,009058824	1,54	170

297	2461,44	724,82	3,395932783	0,009117647	1,55	170
298	2458,78	724,82	3,392262907	0,009117647	1,55	170
299	2465,42	724,82	3,401423802	0,009176471	1,56	170
300	2465,42	724,82	3,401423802	0,009176471	1,56	170
301	2457,46	724,82	3,390441765	0,009235294	1,57	170
302	2465,42	724,82	3,401423802	0,009235294	1,57	170
303	2469,39	724,82	3,406901024	0,009294118	1,58	170
304	2464,09	724,82	3,399588863	0,009294118	1,58	170
305	2472,05	724,82	3,4105709	0,009352941	1,59	170
306	2473,37	724,82	3,412392042	0,009352941	1,59	170
307	2464,09	724,82	3,399588863	0,009411765	1,6	170
308	2470,72	724,82	3,408735962	0,009470588	1,61	170
309	2470,72	724,82	3,408735962	0,009470588	1,61	170
310	2466,74	724,82	3,403244944	0,009529412	1,62	170
311	2472,05	724,82	3,4105709	0,009529412	1,62	170
312	2477,35	724,82	3,417883061	0,009588235	1,63	170
313	2470,72	724,82	3,408735962	0,009588235	1,63	170
314	2468,07	724,82	3,405079882	0,009647059	1,64	170

Berdasarkan tabel 4.7. spesimen 1 besi UNP 5 diketahui gaya sebesar 2447,35 kg dengan luas penampang 724,82 mm dan panjang material 170 mm, maka dihasilkan tegangan 3,417 kg/mm² dengan regangan sebesar 0,009 %.



Gambar 4.11. Grafik spesimen 1 UNP 5

2. Hasil perhitungan spesimen 2 UNP 5

- Untuk mencari tiga titik lentur dilakukan dengan persamaan

$$\delta_p = \frac{F.L^3}{48.E.I}$$

- Untuk menghitung modulus elastisitas dilakukan dengan persamaan

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

$$E = \frac{3,659}{0,009}$$

$$E = 406,5 \text{ kg/mm}^2$$

- Kemudian momen inersia dapat dicari dengan persamaan

a. Luas penampang

$$a = H.t_1 + 2.t_2 (B - t_1) + 0,349(r_1^2 - r_2^2)$$

$$a = 50 \times 5 + 2 \times 7(38 - 5) + 0,349(7^2 - 3,5^2)$$

$$a = 250 + 462 + 12,82$$

$$a = 724,82 \text{ mm}^2$$

b. Radius girasi

$$i = \sqrt{I/a}$$

$$i = \sqrt{2640/724,82}$$

$$i = 1,9 \text{ mm}^2$$

c. Momen inersia

$$I = a \cdot i^2$$

$$I = 724,82 \times 1,9^2$$

$$I = 2616,6 \text{ mm}^2$$

Maka nilai tiga titik lentur adalah :

$$\delta_p = \frac{2652,47 \text{ kg} (170 \text{ mm})^3}{48 \times 406,5 \text{ kg} / \text{mm}^2 \times 2616,6 \text{ kg} \cdot \text{mm}^2}$$

$$\delta_p = 255,24 \text{ kg} / \text{mm}^2$$

Dari pengujian yang dilakukan maka diketahui material akan mengalami deformasi pada gaya sebesar 2652,47 kg ,dengan nilai tiga titik lenturnya 255,24 kg/mm².

Dalam pengujian pada spesimen 2 dengan besi UNP 5 dapat dilihat pada tabel 4.8.

Tabel 4.8. Hasil perhitungan spesimen 2 UNP 5

No	Gaya (F) kg	Luas penampang (a) mm	Tegangan (gaya/a)	Regangan ($\Delta L/L$) mm	Elongation (ΔL)mm	Panjang awal (L)mm
1	0	724,82	0	0	0	170
2	53,64	724,82	0,07400458	5,88235E-05	0,01	170
3	106,7	724,82	0,147208962	5,88235E-05	0,01	170
4	154,46	724,82	0,213101184	0,000117647	0,02	170
5	206,2	724,82	0,284484424	0,000176471	0,03	170
6	256,61	724,82	0,354032725	0,000176471	0,03	170
7	307,02	724,82	0,423581027	0,000235294	0,04	170
8	362,74	724,82	0,500455285	0,000235294	0,04	170
9	409,17	724,82	0,564512569	0,000294118	0,05	170
10	455,6	724,82	0,628569852	0,000294118	0,05	170
11	506,01	724,82	0,698118153	0,000352941	0,06	170

12	548,46	724,82	0,756684418	0,000352941	0,06	170
13	588,26	724,82	0,811594603	0,000411765	0,07	170
14	636,02	724,82	0,877486824	0,000411765	0,07	170
15	681,13	724,82	0,939722966	0,000470588	0,08	170
16	720,92	724,82	0,994619354	0,000470588	0,08	170
17	759,4	724,82	1,047708397	0,000529412	0,09	170
18	793,89	724,82	1,095292624	0,000529412	0,09	170
19	831,03	724,82	1,146532932	0,000588235	0,1	170
20	857,56	724,82	1,183135123	0,000588235	0,1	170
21	890,73	724,82	1,228898209	0,000647059	0,11	170
22	919,92	724,82	1,269170277	0,000647059	0,11	170
23	949,1	724,82	1,309428548	0,000705882	0,12	170
24	972,98	724,82	1,342374659	0,000705882	0,12	170
25	992,88	724,82	1,369829751	0,000764706	0,13	170
26	1018,08	724,82	1,404597003	0,000764706	0,13	170
27	1043,29	724,82	1,439378052	0,000823529	0,14	170
28	1063,19	724,82	1,466833145	0,000882353	0,15	170
29	1088,39	724,82	1,501600397	0,000882353	0,15	170
30	1109,62	724,82	1,530890428	0,000941176	0,16	170
31	1132,17	724,82	1,5620016	0,000941176	0,16	170
32	1154,72	724,82	1,593112773	0,001	0,17	170
33	1171,97	724,82	1,616911785	0,001	0,17	170
34	1194,52	724,82	1,648022957	0,001058824	0,18	170
35	1211,77	724,82	1,67182197	0,001058824	0,18	170
36	1234,32	724,82	1,702933142	0,001117647	0,19	170
37	1252,89	724,82	1,728553296	0,001117647	0,19	170
38	1268,81	724,82	1,75051737	0,001176471	0,2	170
39	1287,39	724,82	1,77615132	0,001176471	0,2	170
40	1304,63	724,82	1,799936536	0,001235294	0,21	170
41	1320,55	724,82	1,82190061	0,001235294	0,21	170
42	1333,82	724,82	1,840208604	0,001294118	0,22	170
43	1353,72	724,82	1,867663696	0,001294118	0,22	170
44	1365,66	724,82	1,884136751	0,001352941	0,23	170
45	1373,62	724,82	1,895118788	0,001352941	0,23	170
46	1393,51	724,82	1,922560084	0,001411765	0,24	170
47	1405,45	724,82	1,939033139	0,001411765	0,24	170
48	1421,37	724,82	1,960997213	0,001470588	0,25	170
49	1429,33	724,82	1,97197925	0,001529412	0,26	170
50	1443,93	724,82	1,992122182	0,001529412	0,26	170
51	1455,87	724,82	2,008595237	0,001588235	0,27	170
52	1471,78	724,82	2,030545515	0,001588235	0,27	170
53	1481,07	724,82	2,04336249	0,001647059	0,28	170
54	1491,68	724,82	2,058000607	0,001647059	0,28	170

55	1504,95	724,82	2,076308601	0,001705882	0,29	170
56	1508,93	724,82	2,081799619	0,001705882	0,29	170
57	1523,52	724,82	2,101928755	0,001764706	0,3	170
58	1532,81	724,82	2,11474573	0,001764706	0,3	170
59	1539,44	724,82	2,123892829	0,001823529	0,31	170
60	1554,03	724,82	2,144021964	0,001823529	0,31	170
61	1563,32	724,82	2,156838939	0,001882353	0,32	170
62	1571,28	724,82	2,167820976	0,001882353	0,32	170
63	1579,24	724,82	2,178803013	0,001941176	0,33	170
64	1589,85	724,82	2,19344113	0,001941176	0,33	170
65	1595,16	724,82	2,200767087	0,002	0,34	170
66	1609,75	724,82	2,220896223	0,002	0,34	170
67	1617,71	724,82	2,231878259	0,002058824	0,35	170
68	1627	724,82	2,244695235	0,002117647	0,36	170
69	1637,61	724,82	2,259333352	0,002117647	0,36	170
70	1645,57	724,82	2,270315389	0,002176471	0,37	170
71	1653,53	724,82	2,281297426	0,002176471	0,37	170
72	1662,82	724,82	2,294114401	0,002235294	0,38	170
73	1673,43	724,82	2,308752518	0,002235294	0,38	170
74	1680,06	724,82	2,317899616	0,002294118	0,39	170
75	1689,35	724,82	2,330716592	0,002294118	0,39	170
76	1697,31	724,82	2,341698629	0,002352941	0,4	170
77	1707,92	724,82	2,356336746	0,002352941	0,4	170
78	1719,86	724,82	2,372809801	0,002411765	0,41	170
79	1729,15	724,82	2,385626776	0,002411765	0,41	170
80	1734,45	724,82	2,392938937	0,002470588	0,42	170
81	1749,05	724,82	2,413081869	0,002470588	0,42	170
82	1754,35	724,82	2,420394029	0,002529412	0,43	170
83	1755,68	724,82	2,422228967	0,002529412	0,43	170
84	1770,27	724,82	2,442358103	0,002588235	0,44	170
85	1782,21	724,82	2,458831158	0,002588235	0,44	170
86	1780,88	724,82	2,45699622	0,002647059	0,45	170
87	1798,13	724,82	2,480795232	0,002647059	0,45	170
88	1808,74	724,82	2,495433349	0,002705882	0,46	170
89	1808,74	724,82	2,495433349	0,002705882	0,46	170
90	1818,03	724,82	2,508250324	0,002764706	0,47	170
91	1828,64	724,82	2,522888441	0,002764706	0,47	170
92	1833,95	724,82	2,530214398	0,002823529	0,48	170
93	1839,26	724,82	2,537540355	0,002882353	0,49	170
94	1852,52	724,82	2,555834552	0,002882353	0,49	170
95	1857,83	724,82	2,563160509	0,002941176	0,5	170
96	1857,83	724,82	2,563160509	0,002941176	0,5	170
97	1865,79	724,82	2,574142546	0,003	0,51	170

98	1875,07	724,82	2,586945724	0,003	0,51	170
99	1885,69	724,82	2,601597638	0,003058824	0,52	170
100	1887,01	724,82	2,60341878	0,003058824	0,52	170
101	1901,61	724,82	2,623561712	0,003117647	0,53	170
102	1906,91	724,82	2,630873872	0,003117647	0,53	170
103	1910,89	724,82	2,636364891	0,003176471	0,54	170
104	1916,2	724,82	2,643690847	0,003176471	0,54	170
105	1922,83	724,82	2,652837946	0,003235294	0,55	170
106	1929,46	724,82	2,661985045	0,003235294	0,55	170
107	1932,12	724,82	2,665654921	0,003294118	0,56	170
108	1942,73	724,82	2,680293038	0,003294118	0,56	170
109	1946,71	724,82	2,685784057	0,003352941	0,57	170
110	1958,65	724,82	2,702257112	0,003352941	0,57	170
111	1958,65	724,82	2,702257112	0,003411765	0,58	170
112	1970,59	724,82	2,718730167	0,003411765	0,58	170
113	1979,88	724,82	2,731547143	0,003470588	0,59	170
114	1981,2	724,82	2,733368285	0,003470588	0,59	170
115	1986,51	724,82	2,740694241	0,003529412	0,6	170
116	1997,12	724,82	2,755332358	0,003529412	0,6	170
117	2003,76	724,82	2,764493253	0,003588235	0,61	170
118	2011,71	724,82	2,775461494	0,003647059	0,62	170
119	2009,06	724,82	2,771805414	0,003647059	0,62	170
120	2022,33	724,82	2,790113407	0,003705882	0,63	170
121	2028,96	724,82	2,799260506	0,003705882	0,63	170
122	2031,61	724,82	2,802916586	0,003764706	0,64	170
123	2036,92	724,82	2,810242543	0,003764706	0,64	170
124	2048,86	724,82	2,826715598	0,003823529	0,65	170
125	2052,84	724,82	2,832206617	0,003823529	0,65	170
126	2056,82	724,82	2,837697635	0,003882353	0,66	170
127	2064,78	724,82	2,848679672	0,003882353	0,66	170
128	2071,41	724,82	2,857826771	0,003941176	0,67	170
129	2078,05	724,82	2,866987666	0,003941176	0,67	170
130	2078,05	724,82	2,866987666	0,004	0,68	170
131	2089,98	724,82	2,883446925	0,004	0,68	170
132	2097,94	724,82	2,894428962	0,004058824	0,69	170
133	2099,27	724,82	2,8962639	0,004058824	0,69	170
134	2103,25	724,82	2,901754918	0,004117647	0,7	170
135	2112,54	724,82	2,914571894	0,004117647	0,7	170
136	2116,52	724,82	2,920062912	0,004176471	0,71	170
137	2120,5	724,82	2,925553931	0,004176471	0,71	170
138	2131,11	724,82	2,940192048	0,004235294	0,72	170
139	2136,42	724,82	2,947518004	0,004235294	0,72	170
140	2137,74	724,82	2,949339146	0,004294118	0,73	170

141	2147,03	724,82	2,962156122	0,004294118	0,73	170
142	2148,36	724,82	2,96399106	0,004352941	0,74	170
143	2152,34	724,82	2,969482078	0,004411765	0,75	170
144	2158,97	724,82	2,978629177	0,004411765	0,75	170
145	2165,6	724,82	2,987776275	0,004470588	0,76	170
146	2168,25	724,82	2,991432356	0,004470588	0,76	170
147	2178,87	724,82	3,006084269	0,004529412	0,77	170
148	2182,85	724,82	3,011575288	0,004529412	0,77	170
149	2184,17	724,82	3,013396429	0,004588235	0,78	170
150	2193,46	724,82	3,026213405	0,004588235	0,78	170
151	2197,44	724,82	3,031704423	0,004647059	0,79	170
152	2202,75	724,82	3,03903038	0,004647059	0,79	170
153	2209,38	724,82	3,048177479	0,004705882	0,8	170
154	2216,01	724,82	3,057324577	0,004705882	0,8	170
155	2217,34	724,82	3,059159515	0,004764706	0,81	170
156	2225,3	724,82	3,070141552	0,004764706	0,81	170
157	2233,26	724,82	3,081123589	0,004823529	0,82	170
158	2234,59	724,82	3,082958528	0,004823529	0,82	170
159	2242,54	724,82	3,093926768	0,004882353	0,83	170
160	2243,87	724,82	3,095761706	0,004882353	0,83	170
161	2246,52	724,82	3,099417786	0,004941176	0,84	170
162	2257,14	724,82	3,1140697	0,004941176	0,84	170
163	2259,79	724,82	3,11772578	0,005	0,85	170
164	2262,44	724,82	3,12138186	0,005	0,85	170
165	2271,73	724,82	3,134198836	0,005058824	0,86	170
166	2275,71	724,82	3,139689854	0,005058824	0,86	170
167	2286,32	724,82	3,154327971	0,005117647	0,87	170
168	2283,67	724,82	3,150671891	0,005176471	0,88	170
169	2292,96	724,82	3,163488866	0,005176471	0,88	170
170	2296,94	724,82	3,168979885	0,005235294	0,89	170
171	2292,96	724,82	3,163488866	0,005235294	0,89	170
172	2303,57	724,82	3,178126983	0,005294118	0,9	170
173	2310,2	724,82	3,187274082	0,005294118	0,9	170
174	2312,86	724,82	3,190943959	0,005352941	0,91	170
175	2318,16	724,82	3,198256119	0,005352941	0,91	170
176	2318,16	724,82	3,198256119	0,005411765	0,92	170
177	2327,45	724,82	3,211073094	0,005411765	0,92	170
178	2331,43	724,82	3,216564112	0,005470588	0,93	170
179	2336,73	724,82	3,223876273	0,005470588	0,93	170
180	2343,37	724,82	3,233037168	0,005529412	0,94	170
181	2344,69	724,82	3,23485831	0,005529412	0,94	170
182	2348,67	724,82	3,240349328	0,005588235	0,95	170
183	2356,63	724,82	3,251331365	0,005588235	0,95	170

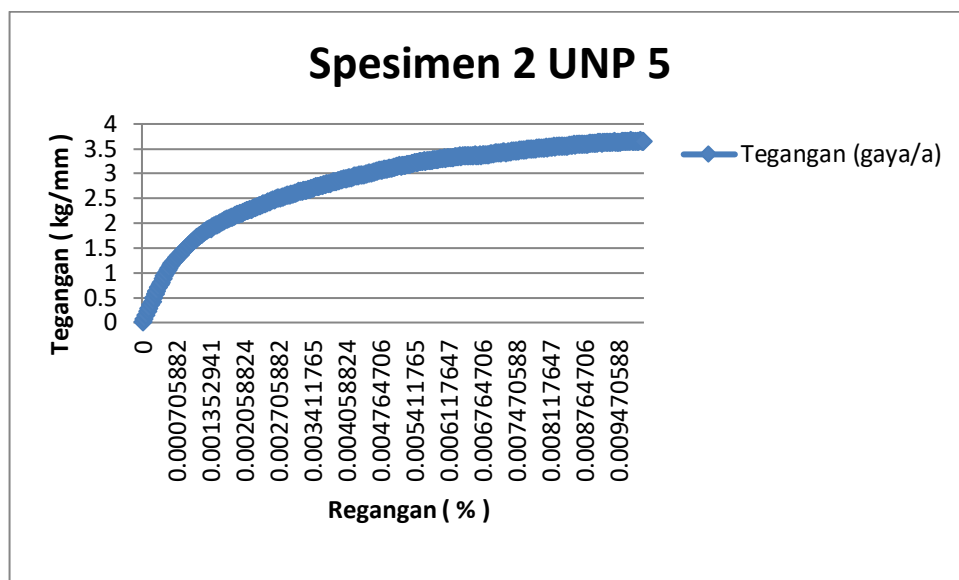
184	2353,98	724,82	3,247675285	0,005647059	0,96	170
185	2360,61	724,82	3,256822383	0,005647059	0,96	170
186	2367,25	724,82	3,265983279	0,005705882	0,97	170
187	2361,94	724,82	3,258657322	0,005705882	0,97	170
188	2367,25	724,82	3,265983279	0,005764706	0,98	170
189	2375,21	724,82	3,276965316	0,005764706	0,98	170
190	2379,19	724,82	3,282456334	0,005823529	0,99	170
191	2383,17	724,82	3,287947352	0,005882353	1	170
192	2381,84	724,82	3,286112414	0,005882353	1	170
193	2389,8	724,82	3,297094451	0,005941176	1,01	170
194	2387,15	724,82	3,293438371	0,005941176	1,01	170
195	2393,78	724,82	3,302585469	0,006	1,02	170
196	2399,08	724,82	3,30989763	0,006	1,02	170
197	2395,1	724,82	3,304406611	0,006058824	1,03	170
198	2399,08	724,82	3,30989763	0,006058824	1,03	170
199	2401,74	724,82	3,313567506	0,006117647	1,04	170
200	2407,04	724,82	3,320879667	0,006117647	1,04	170
201	2411,02	724,82	3,326370685	0,006176471	1,05	170
202	2411,02	724,82	3,326370685	0,006176471	1,05	170
203	2418,98	724,82	3,337352722	0,006235294	1,06	170
204	2416,33	724,82	3,333696642	0,006235294	1,06	170
205	2424,29	724,82	3,344678679	0,006294118	1,07	170
206	2428,27	724,82	3,350169697	0,006294118	1,07	170
207	2422,96	724,82	3,342843741	0,006352941	1,08	170
208	2425,62	724,82	3,346513617	0,006352941	1,08	170
209	2426,94	724,82	3,348334759	0,006411765	1,09	170
210	2432,25	724,82	3,355660716	0,006411765	1,09	170
211	2433,58	724,82	3,357495654	0,006470588	1,1	170
212	2433,58	724,82	3,357495654	0,006470588	1,1	170
213	2436,23	724,82	3,361151734	0,006529412	1,11	170
214	2436,23	724,82	3,361151734	0,006529412	1,11	170
215	2438,88	724,82	3,364807814	0,006588235	1,12	170
216	2445,52	724,82	3,373968709	0,006647059	1,13	170
217	2433,58	724,82	3,357495654	0,006647059	1,13	170
218	2438,88	724,82	3,364807814	0,006705882	1,14	170
219	2442,86	724,82	3,370298833	0,006705882	1,14	170
220	2438,88	724,82	3,364807814	0,006764706	1,15	170
221	2444,19	724,82	3,372133771	0,006764706	1,15	170
222	2444,19	724,82	3,372133771	0,006823529	1,16	170
223	2450,82	724,82	3,38128087	0,006823529	1,16	170
224	2450,82	724,82	3,38128087	0,006882353	1,17	170
225	2450,82	724,82	3,38128087	0,006882353	1,17	170
226	2460,11	724,82	3,394097845	0,006941176	1,18	170

227	2460,11	724,82	3,394097845	0,006941176	1,18	170
228	2464,09	724,82	3,399588863	0,007	1,19	170
229	2470,72	724,82	3,408735962	0,007	1,19	170
230	2468,07	724,82	3,405079882	0,007058824	1,2	170
231	2473,37	724,82	3,412392042	0,007058824	1,2	170
232	2477,35	724,82	3,417883061	0,007117647	1,21	170
233	2474,7	724,82	3,41422698	0,007117647	1,21	170
234	2483,99	724,82	3,427043956	0,007176471	1,22	170
235	2486,64	724,82	3,430700036	0,007176471	1,22	170
236	2481,33	724,82	3,423374079	0,007235294	1,23	170
237	2489,29	724,82	3,434356116	0,007235294	1,23	170
238	2494,6	724,82	3,441682073	0,007294118	1,24	170
239	2494,6	724,82	3,441682073	0,007294118	1,24	170
240	2499,91	724,82	3,44900803	0,007352941	1,25	170
241	2502,56	724,82	3,45266411	0,007411765	1,26	170
242	2505,21	724,82	3,45632019	0,007411765	1,26	170
243	2507,87	724,82	3,459990066	0,007470588	1,27	170
244	2507,87	724,82	3,459990066	0,007470588	1,27	170
245	2514,5	724,82	3,469137165	0,007529412	1,28	170
246	2515,83	724,82	3,470972103	0,007529412	1,28	170
247	2514,5	724,82	3,469137165	0,007588235	1,29	170
248	2521,13	724,82	3,478284264	0,007588235	1,29	170
249	2521,13	724,82	3,478284264	0,007647059	1,3	170
250	2523,79	724,82	3,48195414	0,007647059	1,3	170
251	2531,75	724,82	3,492936177	0,007705882	1,31	170
252	2529,09	724,82	3,489266301	0,007705882	1,31	170
253	2534,4	724,82	3,496592257	0,007764706	1,32	170
254	2535,73	724,82	3,498427196	0,007764706	1,32	170
255	2533,07	724,82	3,494757319	0,007823529	1,33	170
256	2539,71	724,82	3,503918214	0,007823529	1,33	170
257	2545,01	724,82	3,511230374	0,007882353	1,34	170
258	2539,71	724,82	3,503918214	0,007882353	1,34	170
259	2542,36	724,82	3,507574294	0,007941176	1,35	170
260	2546,34	724,82	3,513065313	0,007941176	1,35	170
261	2550,32	724,82	3,518556331	0,008	1,36	170
262	2554,3	724,82	3,52404735	0,008	1,36	170
263	2551,64	724,82	3,520377473	0,008058824	1,37	170
264	2559,6	724,82	3,53135951	0,008058824	1,37	170
265	2556,95	724,82	3,52770343	0,008117647	1,38	170
266	2558,28	724,82	3,529538368	0,008176471	1,39	170
267	2566,24	724,82	3,540520405	0,008176471	1,39	170
268	2564,91	724,82	3,538685467	0,008235294	1,4	170
269	2572,87	724,82	3,549667504	0,008235294	1,4	170

270	2574,2	724,82	3,551502442	0,008294118	1,41	170
271	2567,56	724,82	3,542341547	0,008294118	1,41	170
272	2575,52	724,82	3,553323584	0,008352941	1,42	170
273	2576,85	724,82	3,555158522	0,008352941	1,42	170
274	2575,52	724,82	3,553323584	0,008411765	1,43	170
275	2579,5	724,82	3,558814602	0,008411765	1,43	170
276	2579,5	724,82	3,558814602	0,008470588	1,44	170
277	2583,48	724,82	3,564305621	0,008470588	1,44	170
278	2583,48	724,82	3,564305621	0,008529412	1,45	170
279	2587,46	724,82	3,569796639	0,008529412	1,45	170
280	2594,1	724,82	3,578957534	0,008588235	1,46	170
281	2587,46	724,82	3,569796639	0,008588235	1,46	170
282	2595,42	724,82	3,580778676	0,008647059	1,47	170
283	2598,08	724,82	3,584448553	0,008647059	1,47	170
284	2598,08	724,82	3,584448553	0,008705882	1,48	170
285	2599,4	724,82	3,586269695	0,008705882	1,48	170
286	2599,4	724,82	3,586269695	0,008764706	1,49	170
287	2603,38	724,82	3,591760713	0,008764706	1,49	170
288	2603,38	724,82	3,591760713	0,008823529	1,5	170
289	2607,36	724,82	3,597251731	0,008823529	1,5	170
290	2611,34	724,82	3,60274275	0,008882353	1,51	170
291	2608,69	724,82	3,59908667	0,008941176	1,52	170
292	2611,34	724,82	3,60274275	0,008941176	1,52	170
293	2612,67	724,82	3,604577688	0,009	1,53	170
294	2619,3	724,82	3,613724787	0,009	1,53	170
295	2617,98	724,82	3,611903645	0,009058824	1,54	170
296	2623,28	724,82	3,619215805	0,009058824	1,54	170
297	2623,28	724,82	3,619215805	0,009117647	1,55	170
298	2617,98	724,82	3,611903645	0,009117647	1,55	170
299	2621,96	724,82	3,617394664	0,009176471	1,56	170
300	2623,28	724,82	3,619215805	0,009176471	1,56	170
301	2629,91	724,82	3,628362904	0,009235294	1,57	170
302	2627,26	724,82	3,624706824	0,009235294	1,57	170
303	2629,91	724,82	3,628362904	0,009294118	1,58	170
304	2633,89	724,82	3,633853922	0,009294118	1,58	170
305	2627,26	724,82	3,624706824	0,009352941	1,59	170
306	2636,55	724,82	3,637523799	0,009352941	1,59	170
307	2633,89	724,82	3,633853922	0,009411765	1,6	170
308	2631,24	724,82	3,630197842	0,009411765	1,6	170
309	2633,89	724,82	3,633853922	0,009470588	1,61	170
310	2635,22	724,82	3,635688861	0,009470588	1,61	170
311	2640,53	724,82	3,643014817	0,009529412	1,62	170
312	2641,85	724,82	3,644835959	0,009529412	1,62	170

313	2636,55	724,82	3,637523799	0,009588235	1,63	170
314	2643,18	724,82	3,646670898	0,009588235	1,63	170
315	2644,51	724,82	3,648505836	0,009647059	1,64	170
316	2645,83	724,82	3,650326978	0,009705882	1,65	170
317	2651,14	724,82	3,657652935	0,009705882	1,65	170
318	2643,18	724,82	3,646670898	0,009764706	1,66	170
319	2647,16	724,82	3,652161916	0,009764706	1,66	170
320	2649,81	724,82	3,655817996	0,009823529	1,67	170
321	2643,18	724,82	3,646670898	0,009823529	1,67	170
322	2649,81	724,82	3,655817996	0,009882353	1,68	170
323	2652,47	724,82	3,659487873	0,009882353	1,68	170
324	2641,85	724,82	3,644835959	0,009941176	1,69	170
325	2648,49	724,82	3,653996854	0,009941176	1,69	170

Berdasarkan tabel 4.8. spesimen 2 besi UNP 5 diketahui gaya sebesar 2652,47 kg dengan luas penampang 724,82 mm dan panjang material 170 mm, maka dihasilkan tegangan 3,659 kg/mm² dengan regangan sebesar 0,009 %.



Gambar 4.12. Grafik spesimen 2 UNP 5

3. Hasil perhitungan spesimen 3 UNP 5

- Untuk mencari tiga titik lentur dilakukan dengan persamaan

$$\delta_p = \frac{F.L^3}{48.E.I}$$

- Untuk menghitung modulus elastisitas dilakukan dengan persamaan

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

$$E = \frac{3,663}{0,010}$$

$$E = 366,3 \text{ kg/mm}^2$$

- Kemudian momen inersia dapat dicari dengan persamaan

d. Luas penampang

$$a = H.t_1 + 2.t_2 (B - t_1) + 0,349(r_1^2 - r_2^2)$$

$$a = 50 \times 5 + 2 \times 7 (38 - 5) + 0,349(7^2 - 3,5^2)$$

$$a = 250 + 462 + 12,82$$

$$a = 724,82 \text{ mm}^2$$

e. Radius girasi

$$i = \sqrt{I/a}$$

$$i = \sqrt{2640/724,82}$$

$$i = 1,9 \text{ mm}^2$$

f. Momen inersia

$$I = a \cdot i^2$$

$$I = 724,82 \times 1,9^2$$

$$I = 2616,6 \text{ mm}^2$$

Maka nilai tiga titik lentur adalah :

$$\delta_p = \frac{2655,12 \text{ kg} (170 \text{ mm})^3}{48 \times 366,3 \text{ kg} / \text{mm}^2 \times 2616,6 \text{ kg} \cdot \text{mm}^2}$$

$$\delta_p = 283,54 \text{ kg} / \text{mm}^2$$

Dari pengujian yang dilakukan maka diketahui material akan mengalami deformasi pada gaya sebesar 2655,12 kg ,dengan nilai tiga titik lenturnya 283,54 kg/mm².

Dalam pengujian pada spesimen 3 dengan besi UNP 5 dapat dilihat pada tabel 4.9.

Tabel 4.9. Hasil perhitungan spesimen 3 UNP 5

No	Gaya (F) kg	Luas penampang (a) mm	Tegangan (gaya/a)	Regangan (ΔL/L) mm	Elongation (ΔL)mm	Panjang awal (L)mm
1	0	724,82	0	0	0	170
2	44,35	724,82	0,061187605	5,88235E-05	0,01	170
3	100,07	724,82	0,138061864	5,88235E-05	0,01	170
4	154,46	724,82	0,213101184	0,000117647	0,02	170
5	196,91	724,82	0,271667448	0,000176471	0,03	170
6	242,02	724,82	0,33390359	0,000176471	0,03	170
7	288,45	724,82	0,397960873	0,000235294	0,04	170
8	326,92	724,82	0,451036119	0,000235294	0,04	170
9	369,37	724,82	0,509602384	0,000294118	0,05	170
10	415,8	724,82	0,573659667	0,000294118	0,05	170
11	467,54	724,82	0,645042907	0,000352941	0,06	170

12	521,93	724,82	0,720082227	0,000352941	0,06	170
13	575	724,82	0,793300406	0,000411765	0,07	170
14	630,71	724,82	0,870160868	0,000411765	0,07	170
15	679,8	724,82	0,937888027	0,000470588	0,08	170
16	718,27	724,82	0,990963274	0,000470588	0,08	170
17	764,7	724,82	1,055020557	0,000529412	0,09	170
18	801,85	724,82	1,106274661	0,000529412	0,09	170
19	840,32	724,82	1,159349908	0,000588235	0,1	170
20	872,16	724,82	1,203278055	0,000588235	0,1	170
21	896,04	724,82	1,236224166	0,000647059	0,11	170
22	927,87	724,82	1,280138517	0,000647059	0,11	170
23	957,06	724,82	1,320410585	0,000705882	0,12	170
24	978,29	724,82	1,349700615	0,000705882	0,12	170
25	1004,82	724,82	1,386302806	0,000764706	0,13	170
26	1028,7	724,82	1,419248917	0,000764706	0,13	170
27	1056,56	724,82	1,457686046	0,000823529	0,14	170
28	1077,78	724,82	1,48696228	0,000823529	0,14	170
29	1102,99	724,82	1,521743329	0,000882353	0,15	170
30	1126,87	724,82	1,55468944	0,000941176	0,16	170
31	1142,79	724,82	1,576653514	0,000941176	0,16	170
32	1166,66	724,82	1,609585828	0,001	0,17	170
33	1187,89	724,82	1,638875859	0,001	0,17	170
34	1210,44	724,82	1,669987031	0,001058824	0,18	170
35	1227,69	724,82	1,693786043	0,001058824	0,18	170
36	1244,93	724,82	1,717571259	0,001117647	0,19	170
37	1267,49	724,82	1,748696228	0,001117647	0,19	170
38	1279,43	724,82	1,765169283	0,001176471	0,2	170
39	1301,98	724,82	1,796280456	0,001176471	0,2	170
40	1319,22	724,82	1,820065671	0,001235294	0,21	170
41	1336,47	724,82	1,843864684	0,001235294	0,21	170
42	1351,06	724,82	1,863993819	0,001294118	0,22	170
43	1364,33	724,82	1,882301813	0,001294118	0,22	170
44	1385,55	724,82	1,911578047	0,001352941	0,23	170
45	1392,19	724,82	1,920738942	0,001352941	0,23	170
46	1413,41	724,82	1,950015176	0,001411765	0,24	170
47	1425,35	724,82	1,966488232	0,001411765	0,24	170
48	1442,6	724,82	1,990287244	0,001470588	0,25	170
49	1451,89	724,82	2,003104219	0,001470588	0,25	170
50	1469,13	724,82	2,026889435	0,001529412	0,26	170
51	1479,74	724,82	2,041527552	0,001529412	0,26	170
52	1486,38	724,82	2,050688447	0,001588235	0,27	170
53	1499,64	724,82	2,068982644	0,001588235	0,27	170
54	1514,24	724,82	2,089125576	0,001647059	0,28	170

55	1530,16	724,82	2,11108965	0,001705882	0,29	170
56	1539,44	724,82	2,123892829	0,001705882	0,29	170
57	1551,38	724,82	2,140365884	0,001764706	0,3	170
58	1561,99	724,82	2,155004001	0,001764706	0,3	170
59	1572,61	724,82	2,169655915	0,001823529	0,31	170
60	1584,55	724,82	2,18612897	0,001823529	0,31	170
61	1591,18	724,82	2,195276069	0,001882353	0,32	170
62	1605,77	724,82	2,215405204	0,001882353	0,32	170
63	1611,08	724,82	2,222731161	0,001941176	0,33	170
64	1624,34	724,82	2,241025358	0,001941176	0,33	170
65	1634,96	724,82	2,255677272	0,002	0,34	170
66	1641,59	724,82	2,26482437	0,002	0,34	170
67	1652,2	724,82	2,279462487	0,002058824	0,35	170
68	1660,16	724,82	2,290444524	0,002058824	0,35	170
69	1677,41	724,82	2,314243536	0,002117647	0,36	170
70	1677,41	724,82	2,314243536	0,002117647	0,36	170
71	1686,7	724,82	2,327060512	0,002176471	0,37	170
72	1698,63	724,82	2,34351977	0,002176471	0,37	170
73	1711,9	724,82	2,361827764	0,002235294	0,38	170
74	1721,19	724,82	2,374644739	0,002235294	0,38	170
75	1727,82	724,82	2,383791838	0,002294118	0,39	170
76	1738,43	724,82	2,398429955	0,002294118	0,39	170
77	1739,76	724,82	2,400264893	0,002352941	0,4	170
78	1753,03	724,82	2,418572887	0,002352941	0,4	170
79	1762,31	724,82	2,431376066	0,002411765	0,41	170
80	1772,92	724,82	2,446014183	0,002470588	0,42	170
81	1776,9	724,82	2,451505201	0,002470588	0,42	170
82	1783,54	724,82	2,460666096	0,002529412	0,43	170
83	1796,8	724,82	2,478960294	0,002529412	0,43	170
84	1799,46	724,82	2,48263017	0,002588235	0,44	170
85	1808,74	724,82	2,495433349	0,002588235	0,44	170
86	1818,03	724,82	2,508250324	0,002647059	0,45	170
87	1828,64	724,82	2,522888441	0,002647059	0,45	170
88	1833,95	724,82	2,530214398	0,002705882	0,46	170
89	1840,58	724,82	2,539361497	0,002705882	0,46	170
90	1853,85	724,82	2,55766949	0,002764706	0,47	170
91	1856,5	724,82	2,56132557	0,002764706	0,47	170
92	1868,44	724,82	2,577798626	0,002823529	0,48	170
93	1876,4	724,82	2,588780663	0,002823529	0,48	170
94	1883,03	724,82	2,597927761	0,002882353	0,49	170
95	1888,34	724,82	2,605253718	0,002882353	0,49	170
96	1894,97	724,82	2,614400817	0,002941176	0,5	170
97	1910,89	724,82	2,636364891	0,002941176	0,5	170

98	1910,89	724,82	2,636364891	0,003	0,51	170
99	1922,83	724,82	2,652837946	0,003	0,51	170
100	1928,14	724,82	2,660163903	0,003058824	0,52	170
101	1937,42	724,82	2,672967081	0,003117647	0,53	170
102	1944,06	724,82	2,682127977	0,003117647	0,53	170
103	1954,67	724,82	2,696766094	0,003176471	0,54	170
104	1962,63	724,82	2,707748131	0,003176471	0,54	170
105	1961,3	724,82	2,705913192	0,003235294	0,55	170
106	1970,59	724,82	2,718730167	0,003235294	0,55	170
107	1982,53	724,82	2,735203223	0,003294118	0,56	170
108	1991,82	724,82	2,748020198	0,003294118	0,56	170
109	1997,12	724,82	2,755332358	0,003352941	0,57	170
110	2005,08	724,82	2,766314395	0,003352941	0,57	170
111	2003,76	724,82	2,764493253	0,003411765	0,58	170
112	2018,35	724,82	2,784622389	0,003411765	0,58	170
113	2023,65	724,82	2,791934549	0,003470588	0,59	170
114	2026,31	724,82	2,795604426	0,003470588	0,59	170
115	2034,27	724,82	2,806586463	0,003529412	0,6	170
116	2038,25	724,82	2,812077481	0,003588235	0,61	170
117	2047,53	724,82	2,82488066	0,003588235	0,61	170
118	2052,84	724,82	2,832206617	0,003647059	0,62	170
119	2059,47	724,82	2,841353715	0,003647059	0,62	170
120	2063,45	724,82	2,846844734	0,003705882	0,63	170
121	2074,07	724,82	2,861496647	0,003705882	0,63	170
122	2078,05	724,82	2,866987666	0,003764706	0,64	170
123	2087,33	724,82	2,879790845	0,003764706	0,64	170
124	2089,98	724,82	2,883446925	0,003823529	0,65	170
125	2091,31	724,82	2,885281863	0,003823529	0,65	170
126	2101,92	724,82	2,89991998	0,003882353	0,66	170
127	2109,88	724,82	2,910902017	0,003882353	0,66	170
128	2112,54	724,82	2,914571894	0,003941176	0,67	170
129	2113,86	724,82	2,916393036	0,003941176	0,67	170
130	2127,13	724,82	2,934701029	0,004	0,68	170
131	2128,46	724,82	2,936535968	0,004	0,68	170
132	2137,74	724,82	2,949339146	0,004058824	0,69	170
133	2143,05	724,82	2,956665103	0,004058824	0,69	170
134	2143,05	724,82	2,956665103	0,004117647	0,7	170
135	2148,36	724,82	2,96399106	0,004117647	0,7	170
136	2152,34	724,82	2,969482078	0,004176471	0,71	170
137	2165,6	724,82	2,987776275	0,004176471	0,71	170
138	2170,91	724,82	2,995102232	0,004235294	0,72	170
139	2174,89	724,82	3,000593251	0,004235294	0,72	170
140	2180,19	724,82	3,007905411	0,004294118	0,73	170

141	2180,19	724,82	3,007905411	0,004352941	0,74	170
142	2188,15	724,82	3,018887448	0,004352941	0,74	170
143	2193,46	724,82	3,026213405	0,004411765	0,75	170
144	2198,77	724,82	3,033539361	0,004411765	0,75	170
145	2204,07	724,82	3,040851522	0,004470588	0,76	170
146	2209,38	724,82	3,048177479	0,004470588	0,76	170
147	2217,34	724,82	3,059159515	0,004529412	0,77	170
148	2213,36	724,82	3,053668497	0,004529412	0,77	170
149	2221,32	724,82	3,064650534	0,004588235	0,78	170
150	2226,63	724,82	3,071976491	0,004588235	0,78	170
151	2231,93	724,82	3,079288651	0,004647059	0,79	170
152	2235,91	724,82	3,084779669	0,004647059	0,79	170
153	2238,56	724,82	3,08843575	0,004705882	0,8	170
154	2246,52	724,82	3,099417786	0,004705882	0,8	170
155	2251,83	724,82	3,106743743	0,004764706	0,81	170
156	2257,14	724,82	3,1140697	0,004764706	0,81	170
157	2262,44	724,82	3,12138186	0,004823529	0,82	170
158	2259,79	724,82	3,11772578	0,004823529	0,82	170
159	2265,1	724,82	3,125051737	0,004882353	0,83	170
160	2273,06	724,82	3,136033774	0,004882353	0,83	170
161	2271,73	724,82	3,134198836	0,004941176	0,84	170
162	2275,71	724,82	3,139689854	0,004941176	0,84	170
163	2279,69	724,82	3,145180872	0,005	0,85	170
164	2282,34	724,82	3,148836953	0,005	0,85	170
165	2287,65	724,82	3,156162909	0,005058824	0,86	170
166	2286,32	724,82	3,154327971	0,005117647	0,87	170
167	2288,98	724,82	3,157997848	0,005117647	0,87	170
168	2292,96	724,82	3,163488866	0,005176471	0,88	170
169	2294,28	724,82	3,165310008	0,005176471	0,88	170
170	2303,57	724,82	3,178126983	0,005235294	0,89	170
171	2300,92	724,82	3,174470903	0,005235294	0,89	170
172	2307,55	724,82	3,183618002	0,005294118	0,9	170
173	2312,86	724,82	3,190943959	0,005294118	0,9	170
174	2308,88	724,82	3,18545294	0,005352941	0,91	170
175	2319,49	724,82	3,200091057	0,005352941	0,91	170
176	2322,14	724,82	3,203747137	0,005411765	0,92	170
177	2324,79	724,82	3,207403217	0,005411765	0,92	170
178	2328,77	724,82	3,212894236	0,005470588	0,93	170
179	2332,75	724,82	3,218385254	0,005470588	0,93	170
180	2339,39	724,82	3,227546149	0,005529412	0,94	170
181	2342,04	724,82	3,23120223	0,005529412	0,94	170
182	2347,35	724,82	3,238528186	0,005588235	0,95	170
183	2355,31	724,82	3,249510223	0,005588235	0,95	170

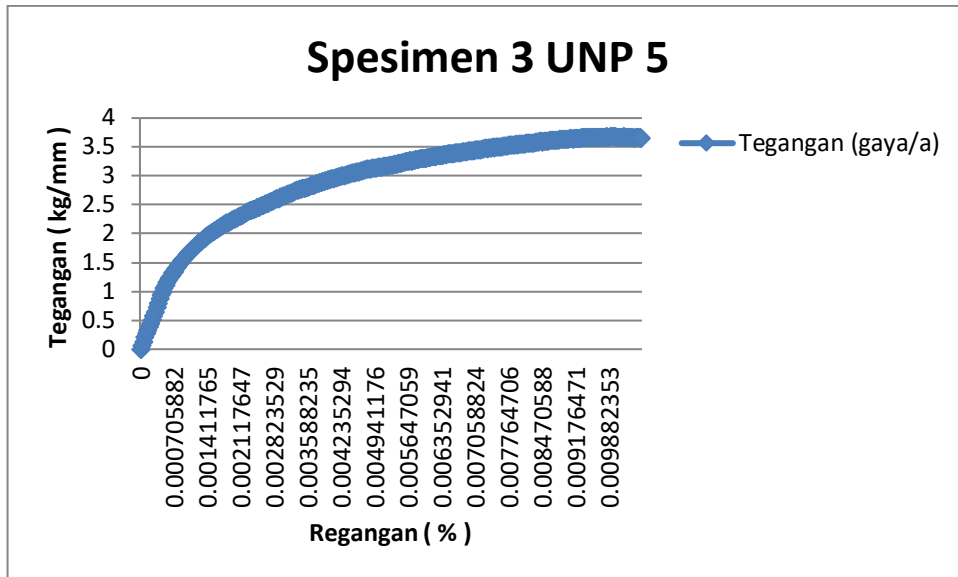
184	2355,31	724,82	3,249510223	0,005647059	0,96	170
185	2359,29	724,82	3,255001242	0,005647059	0,96	170
186	2365,92	724,82	3,26414834	0,005705882	0,97	170
187	2364,59	724,82	3,262313402	0,005705882	0,97	170
188	2369,9	724,82	3,269639359	0,005764706	0,98	170
189	2375,21	724,82	3,276965316	0,005764706	0,98	170
190	2379,19	724,82	3,282456334	0,005823529	0,99	170
191	2381,84	724,82	3,286112414	0,005882353	1	170
192	2383,17	724,82	3,287947352	0,005882353	1	170
193	2392,45	724,82	3,300750531	0,005941176	1,01	170
194	2393,78	724,82	3,302585469	0,005941176	1,01	170
195	2395,1	724,82	3,304406611	0,006	1,02	170
196	2400,41	724,82	3,311732568	0,006	1,02	170
197	2399,08	724,82	3,30989763	0,006058824	1,03	170
198	2404,39	724,82	3,317223587	0,006058824	1,03	170
199	2408,37	724,82	3,322714605	0,006117647	1,04	170
200	2409,7	724,82	3,324549543	0,006117647	1,04	170
201	2417,66	724,82	3,33553158	0,006176471	1,05	170
202	2417,66	724,82	3,33553158	0,006176471	1,05	170
203	2420,31	724,82	3,33918766	0,006235294	1,06	170
204	2422,96	724,82	3,342843741	0,006235294	1,06	170
205	2426,94	724,82	3,348334759	0,006294118	1,07	170
206	2432,25	724,82	3,355660716	0,006294118	1,07	170
207	2429,6	724,82	3,352004636	0,006352941	1,08	170
208	2433,58	724,82	3,357495654	0,006352941	1,08	170
209	2438,88	724,82	3,364807814	0,006411765	1,09	170
210	2445,52	724,82	3,373968709	0,006411765	1,09	170
211	2446,84	724,82	3,375789851	0,006470588	1,1	170
212	2449,5	724,82	3,379459728	0,006470588	1,1	170
213	2453,48	724,82	3,384950746	0,006529412	1,11	170
214	2452,15	724,82	3,383115808	0,006529412	1,11	170
215	2456,13	724,82	3,388606827	0,006588235	1,12	170
216	2457,46	724,82	3,390441765	0,006647059	1,13	170
217	2462,76	724,82	3,397753925	0,006647059	1,13	170
218	2465,42	724,82	3,401423802	0,006705882	1,14	170
219	2472,05	724,82	3,4105709	0,006705882	1,14	170
220	2472,05	724,82	3,4105709	0,006764706	1,15	170
221	2469,39	724,82	3,406901024	0,006764706	1,15	170
222	2476,03	724,82	3,416061919	0,006823529	1,16	170
223	2481,33	724,82	3,423374079	0,006823529	1,16	170
224	2483,99	724,82	3,427043956	0,006882353	1,17	170
225	2483,99	724,82	3,427043956	0,006882353	1,17	170
226	2489,29	724,82	3,434356116	0,006941176	1,18	170

227	2494,6	724,82	3,441682073	0,006941176	1,18	170
228	2489,29	724,82	3,434356116	0,007	1,19	170
229	2491,95	724,82	3,438025993	0,007	1,19	170
230	2495,93	724,82	3,443517011	0,007058824	1,2	170
231	2503,89	724,82	3,454499048	0,007058824	1,2	170
232	2503,89	724,82	3,454499048	0,007117647	1,21	170
233	2507,87	724,82	3,459990066	0,007117647	1,21	170
234	2509,19	724,82	3,461811208	0,007176471	1,22	170
235	2507,87	724,82	3,459990066	0,007176471	1,22	170
236	2510,52	724,82	3,463646147	0,007235294	1,23	170
237	2514,5	724,82	3,469137165	0,007235294	1,23	170
238	2522,46	724,82	3,480119202	0,007294118	1,24	170
239	2521,13	724,82	3,478284264	0,007294118	1,24	170
240	2522,46	724,82	3,480119202	0,007352941	1,25	170
241	2527,77	724,82	3,487445159	0,007411765	1,26	170
242	2527,77	724,82	3,487445159	0,007411765	1,26	170
243	2534,4	724,82	3,496592257	0,007470588	1,27	170
244	2533,07	724,82	3,494757319	0,007470588	1,27	170
245	2538,38	724,82	3,502083276	0,007529412	1,28	170
246	2535,73	724,82	3,498427196	0,007529412	1,28	170
247	2542,36	724,82	3,507574294	0,007588235	1,29	170
248	2542,36	724,82	3,507574294	0,007588235	1,29	170
249	2545,01	724,82	3,511230374	0,007647059	1,3	170
250	2546,34	724,82	3,513065313	0,007647059	1,3	170
251	2550,32	724,82	3,518556331	0,007705882	1,31	170
252	2555,62	724,82	3,525868491	0,007705882	1,31	170
253	2551,64	724,82	3,520377473	0,007764706	1,32	170
254	2559,6	724,82	3,53135951	0,007764706	1,32	170
255	2560,93	724,82	3,533194448	0,007823529	1,33	170
256	2559,6	724,82	3,53135951	0,007823529	1,33	170
257	2562,26	724,82	3,535029387	0,007882353	1,34	170
258	2566,24	724,82	3,540520405	0,007882353	1,34	170
259	2571,54	724,82	3,547832565	0,007941176	1,35	170
260	2566,24	724,82	3,540520405	0,007941176	1,35	170
261	2570,22	724,82	3,546011424	0,008	1,36	170
262	2574,2	724,82	3,551502442	0,008	1,36	170
263	2571,54	724,82	3,547832565	0,008058824	1,37	170
264	2576,85	724,82	3,555158522	0,008058824	1,37	170
265	2579,5	724,82	3,558814602	0,008117647	1,38	170
266	2586,14	724,82	3,567975497	0,008176471	1,39	170
267	2586,14	724,82	3,567975497	0,008176471	1,39	170
268	2592,77	724,82	3,577122596	0,008235294	1,4	170
269	2592,77	724,82	3,577122596	0,008235294	1,4	170

270	2587,46	724,82	3,569796639	0,008294118	1,41	170
271	2592,77	724,82	3,577122596	0,008294118	1,41	170
272	2595,42	724,82	3,580778676	0,008352941	1,42	170
273	2600,73	724,82	3,588104633	0,008352941	1,42	170
274	2600,73	724,82	3,588104633	0,008411765	1,43	170
275	2607,36	724,82	3,597251731	0,008411765	1,43	170
276	2610,02	724,82	3,600921608	0,008470588	1,44	170
277	2602,06	724,82	3,589939571	0,008470588	1,44	170
278	2608,69	724,82	3,59908667	0,008529412	1,45	170
279	2610,02	724,82	3,600921608	0,008529412	1,45	170
280	2616,65	724,82	3,610068707	0,008588235	1,46	170
281	2612,67	724,82	3,604577688	0,008588235	1,46	170
282	2617,98	724,82	3,611903645	0,008647059	1,47	170
283	2624,61	724,82	3,621050744	0,008647059	1,47	170
284	2619,3	724,82	3,613724787	0,008705882	1,48	170
285	2621,96	724,82	3,617394664	0,008705882	1,48	170
286	2623,28	724,82	3,619215805	0,008764706	1,49	170
287	2627,26	724,82	3,624706824	0,008764706	1,49	170
288	2627,26	724,82	3,624706824	0,008823529	1,5	170
289	2629,91	724,82	3,628362904	0,008823529	1,5	170
290	2635,22	724,82	3,635688861	0,008882353	1,51	170
291	2631,24	724,82	3,630197842	0,008941176	1,52	170
292	2637,87	724,82	3,639344941	0,008941176	1,52	170
293	2633,89	724,82	3,633853922	0,009	1,53	170
294	2636,55	724,82	3,637523799	0,009	1,53	170
295	2639,2	724,82	3,641179879	0,009058824	1,54	170
296	2643,18	724,82	3,646670898	0,009058824	1,54	170
297	2645,83	724,82	3,650326978	0,009117647	1,55	170
298	2639,2	724,82	3,641179879	0,009117647	1,55	170
299	2645,83	724,82	3,650326978	0,009176471	1,56	170
300	2649,81	724,82	3,655817996	0,009176471	1,56	170
301	2644,51	724,82	3,648505836	0,009235294	1,57	170
302	2649,81	724,82	3,655817996	0,009235294	1,57	170
303	2649,81	724,82	3,655817996	0,009294118	1,58	170
304	2657,77	724,82	3,666800033	0,009294118	1,58	170
305	2655,12	724,82	3,663143953	0,009352941	1,59	170
306	2656,45	724,82	3,664978891	0,009352941	1,59	170
307	2659,1	724,82	3,668634971	0,009411765	1,6	170
308	2655,12	724,82	3,663143953	0,009411765	1,6	170
309	2657,77	724,82	3,666800033	0,009470588	1,61	170
310	2659,1	724,82	3,668634971	0,009470588	1,61	170
311	2663,08	724,82	3,67412599	0,009529412	1,62	170
312	2661,75	724,82	3,672291052	0,009529412	1,62	170

313	2661,75	724,82	3,672291052	0,009588235	1,63	170
314	2664,41	724,82	3,675960928	0,009588235	1,63	170
315	2660,43	724,82	3,67046991	0,009647059	1,64	170
316	2664,41	724,82	3,675960928	0,009705882	1,65	170
317	2665,73	724,82	3,67778207	0,009705882	1,65	170
318	2661,75	724,82	3,672291052	0,009764706	1,66	170
319	2663,08	724,82	3,67412599	0,009764706	1,66	170
320	2660,43	724,82	3,67046991	0,009823529	1,67	170
321	2667,06	724,82	3,679617008	0,009823529	1,67	170
322	2665,73	724,82	3,67778207	0,009882353	1,68	170
323	2664,41	724,82	3,675960928	0,009882353	1,68	170
324	2671,04	724,82	3,685108027	0,009941176	1,69	170
325	2667,06	724,82	3,679617008	0,009941176	1,69	170
326	2668,39	724,82	3,681451947	0,01	1,7	170
327	2667,06	724,82	3,679617008	0,01	1,7	170
328	2663,08	724,82	3,67412599	0,010058824	1,71	170
329	2663,08	724,82	3,67412599	0,010058824	1,71	170
330	2664,41	724,82	3,675960928	0,010117647	1,72	170
331	2664,41	724,82	3,675960928	0,010117647	1,72	170
332	2661,75	724,82	3,672291052	0,010176471	1,73	170
333	2667,06	724,82	3,679617008	0,010176471	1,73	170
334	2664,41	724,82	3,675960928	0,010235294	1,74	170
335	2659,1	724,82	3,668634971	0,010294118	1,75	170
336	2659,1	724,82	3,668634971	0,010294118	1,75	170
337	2659,1	724,82	3,668634971	0,010352941	1,76	170
338	2660,43	724,82	3,67046991	0,010352941	1,76	170
339	2655,12	724,82	3,663143953	0,010411765	1,77	170
340	2653,79	724,82	3,661309015	0,010411765	1,77	170
341	2659,1	724,82	3,668634971	0,010470588	1,78	170
342	2657,77	724,82	3,666800033	0,010470588	1,78	170
343	2655,12	724,82	3,663143953	0,010529412	1,79	170
344	2655,12	724,82	3,663143953	0,010529412	1,79	170
345	2652,47	724,82	3,659487873	0,010588235	1,8	170

Berdasarkan tabel 4.9. spesimen 3 besi UNP 5 diketahui gaya sebesar 2655,12 kg dengan luas penampang 724,82 mm dan panjang material 170 mm, maka dihasilkan tegangan 3,663 kg/mm² dengan regangan sebesar 0,01 %.



Gambar 4.13. Grafik spesimen 3 UNP 5

Dari hasil yang telah di ketahui pada UNP 5, maka dapat dirata – ratakan dengan menjumlahkan spesimen 1, spesimen 2, dan spesimen 3 lalu dibagi 3. Maka dapat hitung sebagai berikut :

$$\text{jumlah nilai rata – rata} = \frac{255,28 + 255,24 + 283,54}{3}$$

$$\text{jumlah nilai rata – rata} = 264,68 \text{ kg} / \text{mm}^2 .$$

Hasil rata – rata dari perhitungan UNP 5 adalah 264,68 kg/mm².

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan pembahasan pada pembuatan rancang bangun *chassis* pada mobil hemat energi, maka hasil yang didapat adalah sebagai berikut :

1. Merencanakan chassis pada mobil hemat energi menggunakan aplikasi software solidwork.
2. Dalam membangun chassis digunakan material baja hollow 20 x 20, baja 20 x 40, dan baja UNP 5.
3. Hasil pengujian chassis pada tiap – tiap besi adalah sebagai berikut:
 - a. Besi hollow 20 x 20, dengan tiga titik lentur pada spesimen 1 adalah 99,04 kg/mm², spesimen 2 adalah 79,92 kg/mm², spesimen 3 adalah 69,38 kg/mm². Dan diketahui rata – rata dari tiga titik lentur adalah 82,78 kg/mm².
 - b. Besi hollow 20 x 40, dengan tiga titik lentur pada spesimen 1 adalah 151,38 kg/mm², spesimen 2 adalah 151,35 kg/mm², spesimen 3 adalah 151,37 kg/mm². Dan diketahui rata – rata dari tiga titik lentur adalah 151,36 kg/mm².
 - c. Besi UNP 5, dengan tiga titik lentur pada spesimen 1 adalah 255,28 kg/mm², spesimen 2 adalah 255,24 kg/mm², spesimen 3 adalah 283,54 kg/mm². Dan diketahui rata – rata dari tiga titik lentur adalah 264,68 kg/mm².

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan sebagai upaya perbaikan untuk masa yang akan datang yaitu :

1. Untuk menjaga agar umur pakai kendaraan terhadap *chassis* dapat dipertahankan dalam waktu yang cukup lama.
2. Selain itu disarankan juga untuk penelitian selanjutnya menggunakan desain *chassis* yang bervariasi dengan mengikuti perkembangan zaman.

DAFTAR PUSTAKA

- Ary Fadila dan Bustami Syam.(2013). “Analisis simulasi struktur *chassis* mobil mesin universitas muhammadiyah sumatera utara berbahan besi struktur terhadap beban statik dengan menggunakan perangkat lunak ansys 14.5”. Teknik Mesin, Tugas Akhir, Universitas Sumatera Utara.
- Badan Standarisasi Nasional. (2006). “Baja profil canal U proses canai panas. SNI”.
- David Roylance. (2000). “*Cambridge, MA 02139 Department of Materials Science and Engineering*”, Massachusetts Institute of Technology.
- Noorsakti Wahyudi, dan Yoga Ahdiat Fahrudi, (216). “Studi Eksperimen Rancang Bangun Rangka Jenis *Ladder Frame* pada Kendaraan Sport”. Politeknik Negeri Madiun.
- <https://jurnal.usu.ac.id/index.php/edinamis/article/download/6777/2802>. (diakses 7-9-2018).
- <http://baristandsurabaya.kemenperin.go.id/download/Regulasi/Standard/SNI%2007-0052-2006.pdf>. (diakses 26-8-2018)
- https://ocw.mit.edu/courses/materials-science-and-engineering/3-11-mechanics-of-materials-fall-1999/modules/MIT3_11F99_bdisp.pdf. (diakses 4-8-2018).
- <http://journal.pnm.ac.id/index.php/jeecae/article/download/15/12>. (diakses 25-9-2018).

Lampiran 1

Test report pada spesimen 1 besi hollow 20 x 20



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Kampus: Jl. Kapten Muchtar Basri, BA. No. 3, Email: proditmesin_fatek@umsu.ac.id

TEST REPORT

Test No. :	1	Max. Force :	173.03 (kgf)
Test Type :	3P-Bending	Break Force :	173.03 (kgf)
Date Test :	17-7-2018 ; 19:31:36	Yield Strength :	0.27 (kgf/mm ²)
Specimens :	Others	Tensile Strength :	3.06 (kgf/mm ²)
Area :	56.55 (mm ²)	Elongation :	0.00 (%)



Kaprodi Teknik Mesin

Kalab. Pengujian Material

Test report pada spesimen 2 besi hollow 20 x 20



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

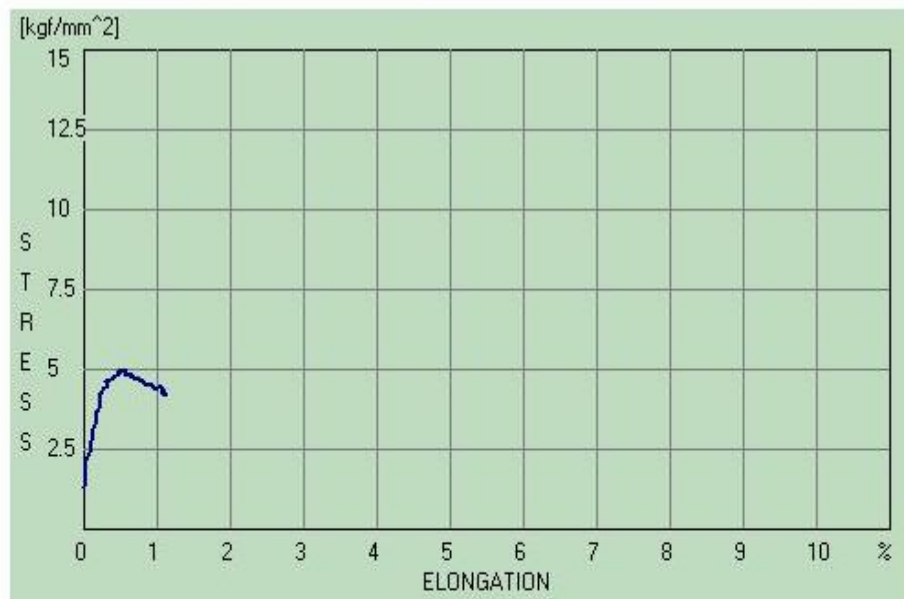
FAKULTAS TEKNIK

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 :	251.30 (kgf)
Test Type :	3P-Bending	Break Force :	235.38 (kgf)
Date Test :	17-7-2018 ; 19:39:33	Yield Strength :	0.27 (kgf/mm ²)
Specimens :	Others	Tensile Strength :	4.44 (kgf/mm ²)
Area :	56.55 (mm ²)	Elongation :	0.00 (%)



Kaprodi Teknik Mesin

Kalab. Pengujian Material

Test report pada spesimen 3 besi hollow 20 x 20

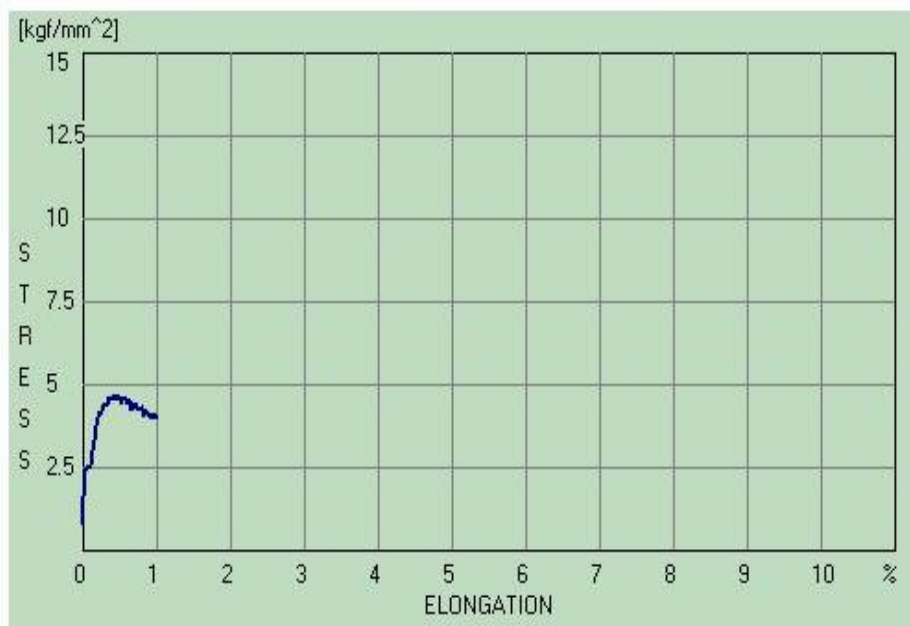


UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Kampus: Jl. Kapten Muchtar Basri, BA. No. 3, Email: proditmesin_fatek@umsu.ac.id

TEST REPORT

Test No. :	3	Max. Force :	234.06 (kgf)
Test Type :	3P-Bending	Break Force :	226.10 (kgf)
Date Test :	17-7-2018 ; 19:44:42	Yield Strength :	0.27 (kgf/mm ²)
Specimens :	Others	Tensile Strength :	4.14 (kgf/mm ²)
Area :	56.55 (mm ²)	Elongation :	0.00 (%)



Kaprodi Teknik Mesin

Kalab. Pengujian Material

Lampiran 2

Test report pada spesimen 1 besi hollow 20 x 40

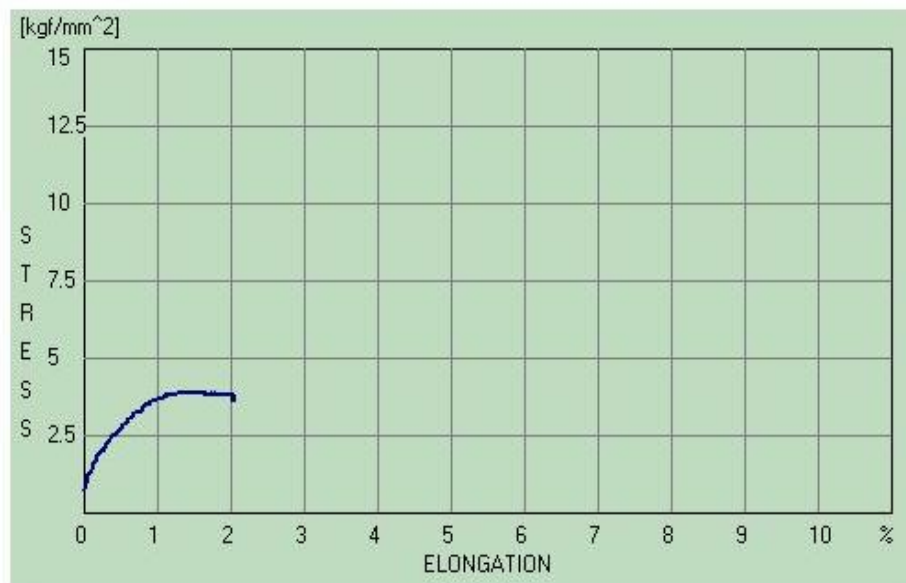


UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Kampus: Jl. Kapten Muchtar Basri, BA. No. 3, Email: prodimmesin_fatek@umsu.ac.id

TEST REPORT

Test No. :	1	Max. Force :	884.10 (kgf)
Test Type :	3P-Bending	Break Force :	848.28 (kgf)
Date Test :	17-7-2018 ; 19:53:9	Yield Strength :	0.06 (kgf/mm ²)
Specimens :	Others	Tensile Strength :	3.80 (kgf/mm ²)
Area :	232.48 (mm ²)	Elongation :	0.00 (%)



Kaprodi Teknik Mesin

Kalab. Pengujian Material

Test report pada spesimen 2 besi hollow 20 x 40

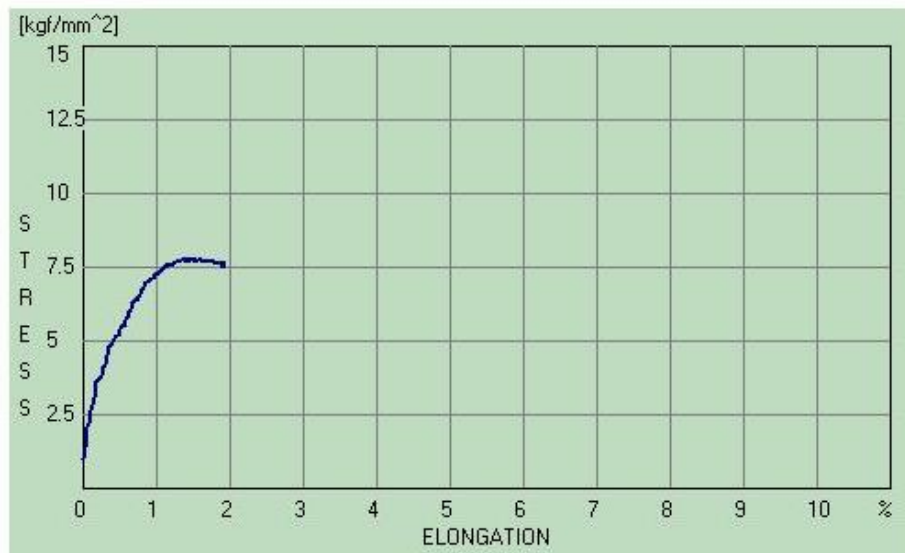


UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Kampus: Jl. Kapten Muchtar Basri, BA. No. 3, Email: prodimmesin_fatek@umsu.ac.id

TEST REPORT

Test No. :	2	Max. Force :	910.63 (kgf)
Test Type :	3P-Bending	Break Force :	894.71 (kgf)
Date Test :	17-7-2018 ; 19:58:27	Yield Strength :	0.13 (kgf/mm ²)
Specimens :	Others	Tensile Strength :	7.63 (kgf/mm ²)
Area :	119.38 (mm ²)	Elongation :	0.00 (%)



Kaprodi Teknik Mesin

Kalab. Pengujian Material

Test report pada spesimen 3 besi hollow 20 x 40

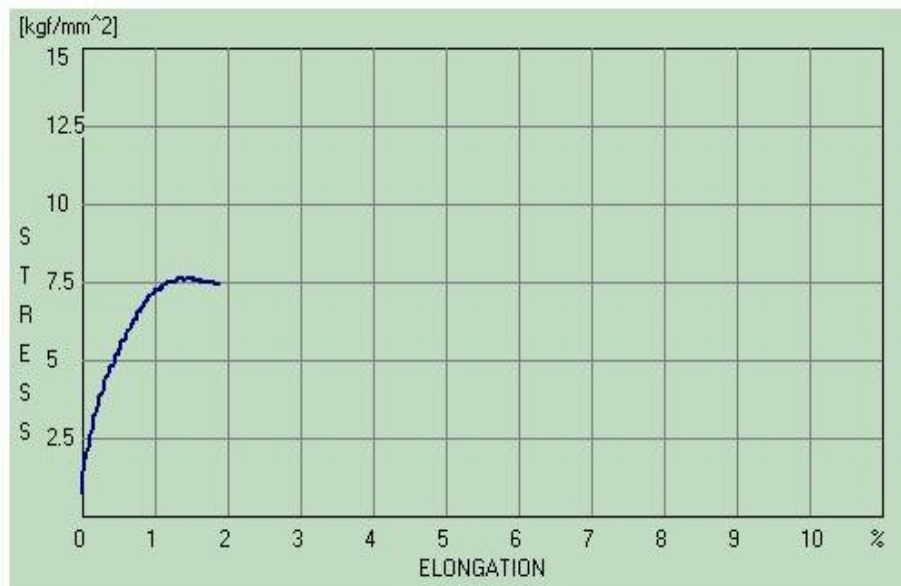


UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Kampus: Jl. Kapten Muchtar Basri, BA. No. 3, Email: proditmesin_fatek@umsu.ac.id

TEST REPORT

Test No. :	3	Max. Force :	889.40 (kgf)
Test Type :	3P-Bending	Break Force :	885.42 (kgf)
Date Test :	17-7-2018 ; 20:2:24	Yield Strength :	0.13 (kgf/mm ²)
Specimens :	Others	Tensile Strength :	7.45 (kgf/mm ²)
Area :	119.38 (mm ²)	Elongation :	0.00 (%)



Kaprodi Teknik Mesin

Kalab. Pengujian Material

Lampiran 3

Test report spesimen 1 besi UNP 5



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

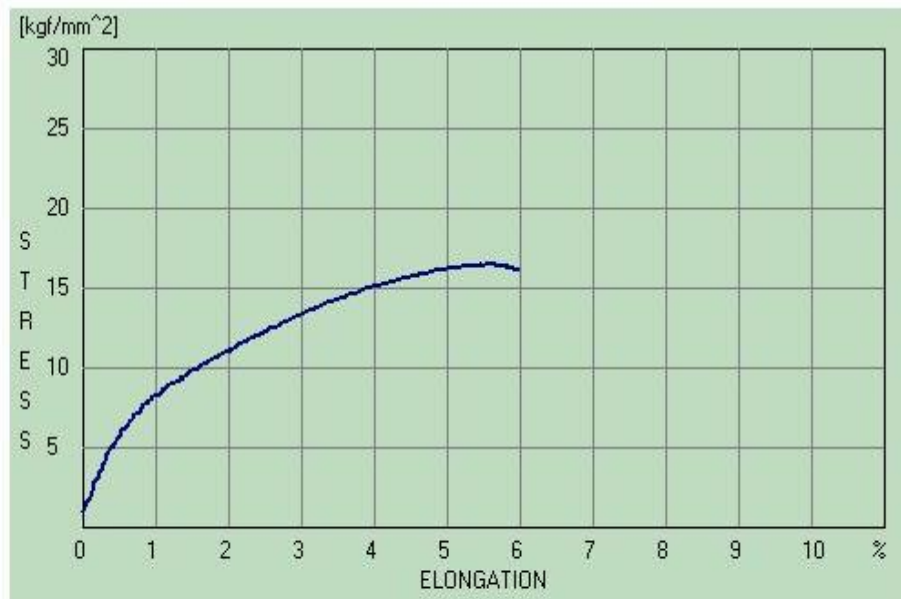
FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Kampus: Jl. Kapten Muchtar Basri, BA. No. 3, Email: prodimmesin_fatek@umsu.ac.id

TEST REPORT

Test No. :	1	Max. Force :	2430.92 (kgf)
Test Type :	3P-Bending	Break Force :	2409.70 (kgf)
Date Test :	17-7-2018 ; 20:9:35	Yield Strength :	0.10 (kgf/mm ²)
Specimens :	Others	Tensile Strength :	16.21 (kgf/mm ²)
Area :	150.00 (mm ²)	Elongation :	0.00 (%)



Kaprod Teknik Mesin

Kalab. Pengujian Material

Test report spesimen 2 besi UNP 5

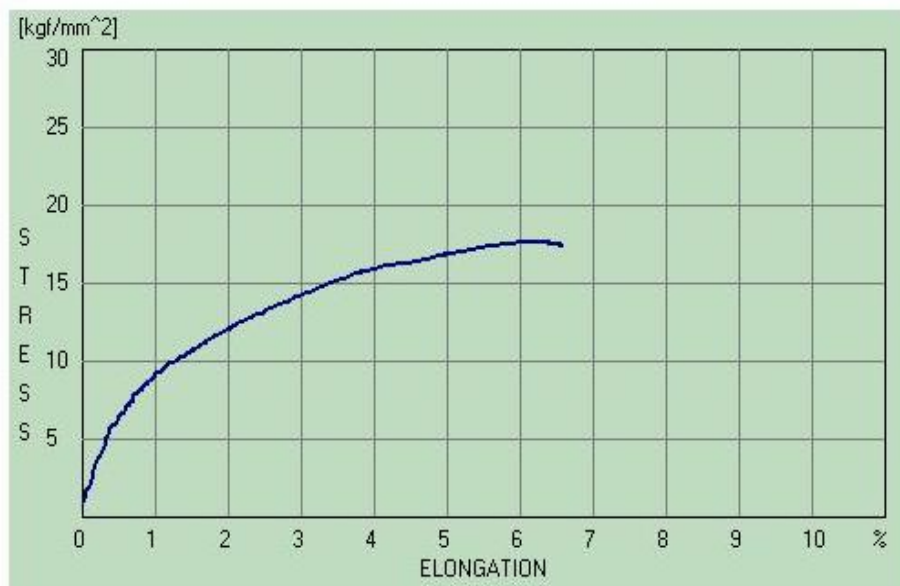


UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Kampus: Jl. Kapten Muchtar Basri, BA. No. 3, Email: proditmesin_fatek@umsu.ac.id

TEST REPORT

Test No. :	2	Max. Force :	2627.26 (kgf)
Test Type :	3P-Bending	Break Force :	2607.36 (kgf)
Date Test :	17-7-2018 ; 20:14:21	Yield Strength :	0.10 (kgf/mm ²)
Specimens :	Others	Tensile Strength :	17.52 (kgf/mm ²)
Area :	150.00 (mm ²)	Elongation :	0.00 (%)



Kaprodi Teknik Mesin

Kalab. Pengujian Material

Test report spesimen 3 besi UNP 5

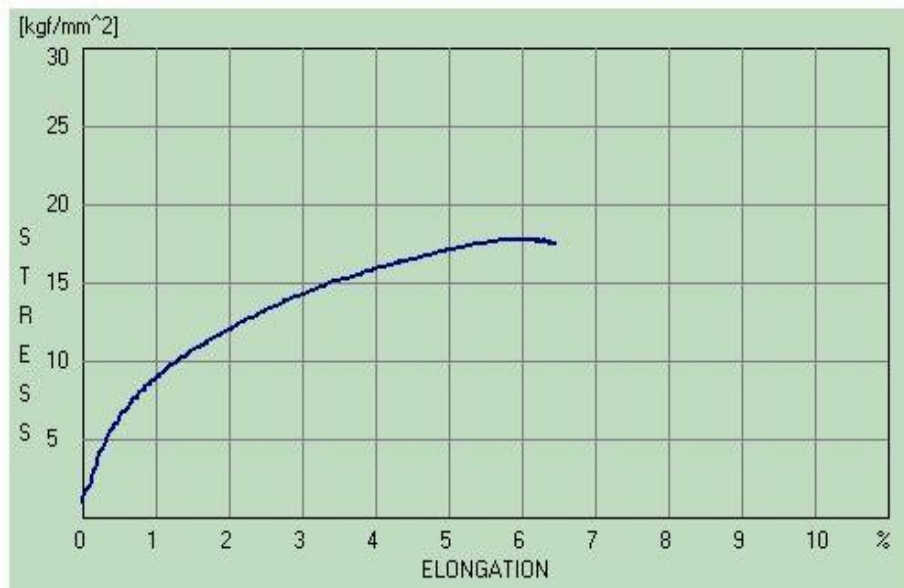


UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Kampus: Jl. Kapten Muchtar Basri, BA. No. 3, Email: prodimmesin_fatek@umsu.ac.id

TEST REPORT

Test No. :	3	Max. Force :	2639.20 (kgf)
Test Type :	3P-Bending	Break Force :	2627.26 (kgf)
Date Test :	17-7-2018 ; 20:20:24	Yield Strength :	0.10 (kgf/mm ²)
Specimens :	Others	Tensile Strength :	17.59 (kgf/mm ²)
Area :	150.00 (mm ²)	Elongation :	0.00 (%)



Kaprodi Teknik Mesin

Kalab. Pengujian Material

CURRICULUM VITAE



A. Data Pribadi

1. Nama : Ahmad Riki Apandi Siregar
2. Jenis Kelamin : Laki – Laki
3. Tempat, Tanggal Lahir : Aek Nabuntu, 27 Agustus 1993
4. Kebangsaan : Indonesia
5. Status : Belum Menikah
6. Tinggi / Berat Badan : 175 cm / 70 kg
7. Agama : Islam
8. Alamat : Jl. Anugerah Mataram, Medan Denai
9. No. Hp : 0813-7503-4484
10. Email : Rickyafandi642@gmail.com

B. Riwayat Pendidikan

1. 1999 – 2005 : Lulus SD Inpres 014654
2. 2005 – 2008 : Lulus MTS. An-Nur, SengonSari, Aek Loba
3. 2008 – 2011 : Lulus SMK PEMDA Kisaran
4. 2013 – 2018 : Kuliah di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Mesin SI