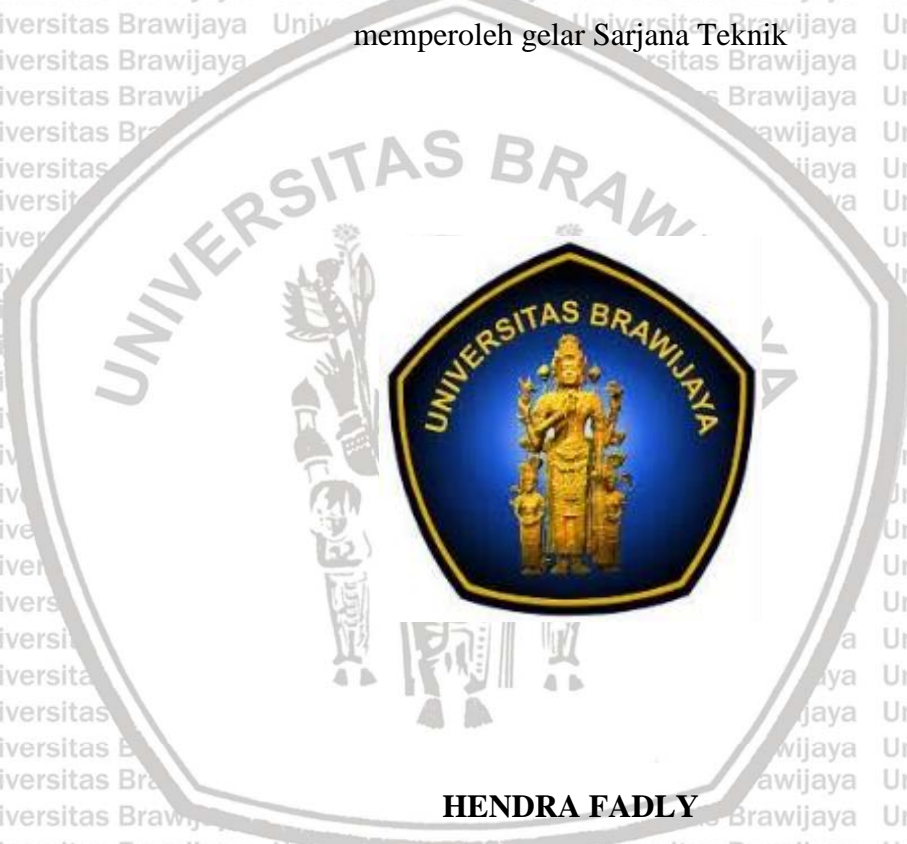


**STUDI EKSPERIMENTAL PERILAKU BAJA *COLD-FORMED* DALAM
MENAHAN BEBAN AKSIAL TARIK DAN BEBAN LENTUR**

SKRIPSI

TEKNIK SIPIL

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



HENDRA FADLY

NIM. 145060107111024

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

MALANG

2021



KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan Alhamdulillah segala puji dan rasa syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT, karena berkat rahmat dan hidayah-Nya penyusun skripsi dengan judul “*STUDI EKSPERIMENTAL PERILAKU BAJA COLD FORMED DALAM MENAHAN BEBAN AKSIAL TARIK DAN BEBAN LENTUR*” dapat diselesaikan untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan pendidikan pada Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.

Penulis telah menyelesaikan skripsi ini dan banyak kendala dalam menyusunnya, namun berkat Allah SWT sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, kiranya penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak, Ibu, dan segenap keluarga besar yang telah memberi dukungan dan doa dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Dr. Eng. Alwafi Pujiraharjo, ST, MT., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
3. Dr. Eng. Indradi Wijatmiko, ST, M.Eng (Prac.) selaku Ketua Program Studi Sarjana (S1) Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
4. Dr. Eng. Desy Setyowulan, ST, M.Sc, selaku Dosen Pembimbing 1.
5. Ir. R. Martin Simatupang, ST, MT M.Sc selaku Dosen Pembimbing 2.
6. Dr. Eng. Ming Narto W ST, MT, M.sc. selaku dosen pembimbing akademik.
7. Staff Rekording yang membantu dalam administrasi.
8. Saudara Teknik Sipil Angkatan 2014, Keluarga Besar Mahasiswa Sipil atas doa, kebersamaan, bantuan, dukungan selama berada di kampus Teknik Sipil.
Bram, Bude Ning, Genjik, Angga, Izha, Baon, Ubit, Rivan, Nana, Yeyen, Allein Lee Placido, Rahul Pavithran, Rachel, Ega, Bimo, Akay, Oman, Mbas, Rafi, dan semua yang tidak bisa saya sebutkan satu per satu.
Terimakasih atas doa dan dukungannya.

Akhir kata, penulis mengharapkan skripsi ini dapat memberikan manfaat walaupun penulis sadar skripsi ini jauh dari kata sempurna. Penulis pun berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan semoga Allah SWT memberi lindungan bagi kita semua.

Malang, 6 Juli 2021

Penulis



HALAMAN IDENTITAS TIM PENGUJI SKRIPSI

JUDUL SKRIPSI :

STUDI EKSPERIMENTAL PERILAKU BAJA COLD FORMED DALAM
MENAHAN BEBAN AKSIAL TARIK DAN BEBAN LENTUR

Nama Mahasiswa : Hendra Fadly

NIM : 145060100111002

Program Studi : Teknik Sipil

Minat : Struktur

TIM DOSEN PENGUJI

Dosen Penguji I : Dr. Eng. Desy Setyowulan, ST, M.Sc,

Dosen Penguji II : Ir. R. Martin Simatupang, ST, MT M.Sc

Dosen Penguji III : Ananda Insan Firdausy ST., MT., M.sc

Tanggal Ujian : 19 Juli 2021

SK Penguji : 1213/UN10.F07/PP/2021



PENRNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan ditulis didalam naskah skripsi adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu perguruan tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata didalam Naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur jiplakan, saya bersedia skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, Pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Malang, 19 Juli 2021



HENDRA FADLY

145060100111002

RINGKASAN

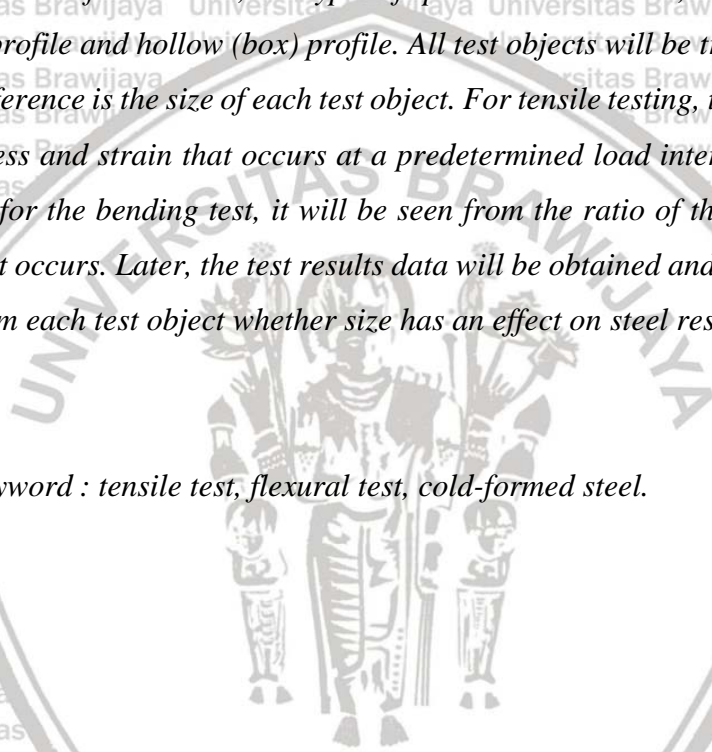
Konstruksi sudah sangat berkembang dewasa ini, penggunaan material pun sangat diperhatikan, untuk menunjang efektifitas pembangunan baik dari segi waktu maupun biaya. Baja *cold-formed* saat ini sudah banyak digunakan untuk keperluan konstruksi seperti pengganti kayu maupun pengisi tulangan beton. Pada kesempatan kali ini, penelitian akan dilakukan untuk mengetahui ketahanan baja *cold-formed*. Penelitian yang dilakukan terbagi menjadi 2 jenis yaitu pengujian tarik, dan pengujian lentur, dan untuk benda uji yang digunakan pada uji tarik adalah plat baja *cold-formed* berbentuk *dogbone*. Sedangkan untuk pengujian lentur dipakai dua jenis benda uji yaitu baja *cold-formed* profil C dan profil hollow (box). Untuk keseluruhan benda uji akan diperlakukan sama, namun yang membedakan adalah ukuran dari masing-masing benda uji. Untuk pengujian tarik akan diperhatikan perbandingan antara tegangan dan regangan yang terjadi pada interval beban yang sudah ditentukan. Sedangkan untuk pengujian lentur akan dilihat dari perbandingan beban dengan lendutan yang terjadi. Nantinya akan didapatkan data hasil pengujian dan untuk selanjutnya dibandingkan dari masing-masing benda uji apakah ukuran berpengaruh pada ketahanan baja atau.

Kata kunci : uji tarik, uji lentur, baja *cold-formed*.

SUMMARY

Construction has been very developed today, the use of materials is also very concerned, to support the effectiveness of development both in terms of time and cost. Cold-formed steel is now widely used for construction purposes such as wood substitutes and concrete reinforcement fillers. On this occasion, research will be conducted to determine the resistance of cold-formed steel. The research is divided into 2 types, namely tensile testing, and flexural testing, and for the test object used in the tensile test is a cold-formed steel plate in the form of a dogbone. As for the flexural test, two types of specimens were used, namely cold-formed steel C profile and hollow (box) profile. All test objects will be treated the same, but the difference is the size of each test object. For tensile testing, the comparison between stress and strain that occurs at a predetermined load interval will be considered. As for the bending test, it will be seen from the ratio of the load to the deflection that occurs. Later, the test results data will be obtained and for further comparison from each test object whether size has an effect on steel resistance or not.

Keyword : tensile test, flexural test, cold-formed steel.



DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB 1	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB 2	5
TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Pengertian Baja	5
2.2 Rumus Perhitungan	6
BAB 3	8
METODE PENELITIAN	8
3.1 Tempat dan waktu penelitian	8
3.2 Bahan penelitian	8
3.3 Peralatan penelitian	8
3.4 Tahapan Penelitian	9
3.5 Rancangan Penelitian	10
3.5.1 Uji Tarik	10

3.5.2	Uji Lentur.....	10
3.5.3	Benda Uji Rencana.....	11
3.6	Variabel Penelitian.....	15
3.7	Prosedur Penelitian.....	15
3.7.1	Pembuatan Benda Uji.....	15
3.7.2	Pelaksanaan Penelitian.....	15
3.8	Metode Analisis.....	20
3.8.1	Pengumpulan Data.....	20
3.8.2	Pengolahan Data.....	20
3.9	Hipotesis.....	21
BAB IV	.....	22
ISI DAN PEMBAHASAN	.....	22
4.1	Pengujian Tarik.....	22
4.2	Pengujian Lentur.....	32
BAB V	.....	44
KESIMPULAN DAN SARAN	.....	44
5.1	Kesimpulan Pengujian Tarik.....	44
5.2	Saran Pengujian Tarik.....	45
5.3	Kesimpulan Pengujian Lentur.....	45
5.4	Saran Pengujian Lentur.....	46
DAFTAR PUSTAKA	.....	47
LAMPIRAN	.....	48



DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian 9

Gambar 3. 2 Benda Uji Dogbone 10

Gambar 3. 3 Skema Pembebanan Uji Lentur (ASTM C293/C293M –16) 11

Gambar 3. 4 Sketsa Profil C 12

Gambar 3. 5 Sketsa Profil Hollow 13

Gambar 3. 6 Benda Uji tarik 14

Gambar 3. 7 Universal Testing Machine (UTM) 16

Gambar 3. 8 Alat dan Sampel Pengujian Tarik Dengan Strain Gauge 16

Gambar 3. 9 Indikator Pembaca Uji Tarik Dengan Strain Gauge 17

Gambar 3. 10 Patahan Yang Terjadi Pada Saat Pengujian Tarik 17

Gambar 3. 11 Benda Uji Profil C 17

Gambar 3. 12 Benda Uji Profil box 18

Gambar 3. 13 Load Cell 18

Gambar 3. 14 Setelan Alat Tanpa Menggunakan LVDT 19

Gambar 3. 15 Setelan Alat Dengan LVDT 19

Gambar 3. 16 Setelan Alat Dengan Strain Gauge 19

Gambar 4. 1 Sketsa Sampel Uji Tarik 23

Gambar 4. 2 Contoh Pengujian tarik 24

Gambar 4. 3 Strain Meter dan Pembaca beban 25

Gambar 4. 4 Diagram Tegangan-Regangan Sampel 1 26

Gambar 4. 5 Diagram Tegangan Regangan Sampel 2 26

Gambar 4. 6 Diagram Tegangan-Regangan Sampel 3 27

Gambar 4. 7 Diagram Tegangan-Regangan Sampel 4 27

Gambar 4. 8 Diagram Tegangan Regangan Sampel 5 28

Gambar 4. 9 Diagram Tegangan-Regangan Sampel 6 28

Gambar 4. 10 Model Keruntuhan Sampel Uji Tarik 30

Gambar 4. 11 Grafik Tegangan Regangan Gabungan 31

Gambar 4. 12 Grafik Beban-Lendutan Sampel 1(1) 33

Gambar 4. 13 Grafik Beban-Lendutan sampel 1(2) 33

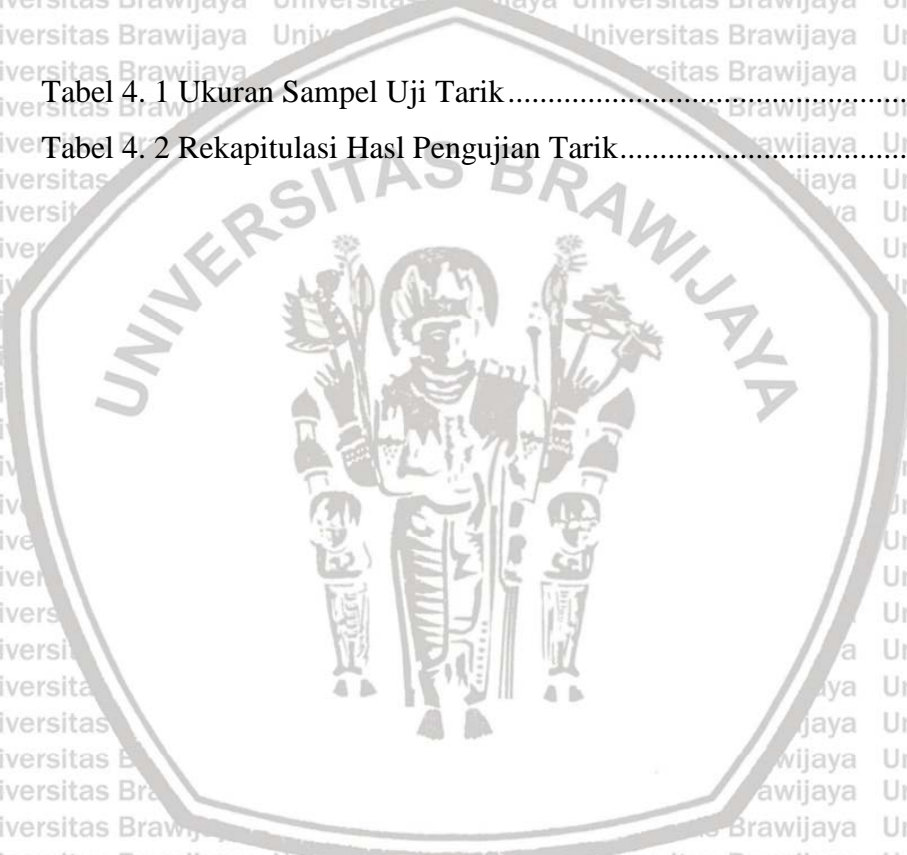
Gambar 4. 14 Grafik Beban-Lendutan Sampel 1(3) 34

Gambar 4. 15 Grafik Beban-Lendutan Sampel 2(1).....	34
Gambar 4. 16 Grafik Beban-Lendutan Sampel 2(2).....	34
Gambar 4. 17 Grafik Beban-Lendutan 2(3).....	35
Gambar 4. 18 Grafik Beban-Lendutan Sampel 3(1).....	35
Gambar 4. 19 Grafik Beban-Lendutan Sampel 3(2).....	36
Gambar 4. 20 Grafik Beban-Lendutan Sampel 3(3).....	36
Gambar 4. 21 Grafik Beban-Lendutan Sampel 4(1).....	37
Gambar 4. 22 Grafik Beban-Lendutan Sampel 4(2).....	37
Gambar 4. 23 Grafik Beban-Lendutan Sampel 4(3).....	37
Gambar 4. 24 Grafik Beban-Lendutan Sampel 5(1).....	38
Gambar 4. 25 Grafik Beban-Lendutan Sampel 5(2).....	38
Gambar 4. 26 Grafik Beban-Lendutan Sampel 5(3).....	38
Gambar 4. 27 Grafik Beban-Lendutan Sampel 6(1).....	39
Gambar 4. 28 Grafik Beban-Lendutan Sampel 6(2).....	39
Gambar 4. 29 Grafik Beban-Lendutan Sampel 6(3).....	39
Gambar 4. 30 Grafik Beban-Lendutan 7(1).....	40
Gambar 4. 31 Grafik Beban-Lendutan Sampel 7(2).....	40
Gambar 4. 32 Grafik Beban-Lendutan Sampel 7(3).....	40
Gambar 4. 33 Grafik Beban-Lendutan Sampel 8(1).....	41
Gambar 4. 34 Grafik Beban-Lendutan Sampel 8(2).....	41
Gambar 4. 35 Grafik Beban-Lendutan Sampel 8(3).....	41
Gambar 4. 36 Model Keruntuhan Hasil Pengujian Lentur.....	42
Gambar 4. 37 Grafik Beban-Lendutan Gabungan.....	43



DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Variasi benda uji profil C.....	12
Tabel 3. 2 Variasi benda uji Profil Hollow	13
Tabel 3. 3 Form Pengumpulan Data Dari Pengujian Uji Tarik Baja Cold-Formed	20
Tabel 3. 4 Form Pengumpulan Data Dari Pengujian Uji Lentur Baja Cold-Formed	20
Tabel 4. 1 Ukuran Sampel Uji Tarik.....	23
Tabel 4. 2 Rekapitulasi Hasl Pengujian Tarik.....	31



DAFTAR LAMPIRAN

Tabel Hasil Pengujian Tarik Sampel 1

Tabel Hasil Pengujian Tarik Sampel 2

Tabel Hasil Pengujian Tarik Sampel 3

Tabel Hasil Pengujian Tarik Sampel 4

Tabel Hasil Pengujian Tarik Sampel 5

Tabel Hasil Pengujian Tarik Sampel 6

Tabel Hasil Uji Lentur Sampel 1(1)

Tabel Hasil Uji Lentur Sampel 1(2)

Tabel Hasil Uji Lentur Sampel 1(3)

Tabel Hasil Uji Lentur Sampel 2(1)

Tabel Hasil Uji Lentur Sampel 2(2)

Tabel Hasil Uji Lentur Sampel 2(3)

Tabel Hasil Uji Lentur Sampel 3(1)

Tabel Hasil Uji Lentur Sampel 3(2)

Tabel Hasil Uji Lentur Sampel 3(3)

Tabel Hasil Uji Lentur Sampel 4(1)

Tabel Hasil Uji Lentur Sampel 4(2)

Tabel Hasil Uji Lentur Sampel 4(3)

Tabel Hasil Uji Lentur Sampel 5(1)

Tabel Hasil Uji Lentur Sampel 5(2)

Tabel Hasil Uji Lentur Sampel 5(3)

Tabel Hasil Uji Lentur Sampel 6(1)

Tabel Hasil Uji Lentur Sampel 6(2)

Tabel Hasil Uji Lentur Sampel 6(3)

Tabel Hasil Uji Lentur Sampel 7(1)

Tabel Hasil Uji Lentur Sampel 7(2)

Tabel Hasil Uji Lentur Sampel 7(3)

Tabel Hasil Uji Lentur Sampel 8(1)

Tabel Hasil Uji Lentur Sampel 8(2)

Tabel Hasil Uji Lentur Sampel 8(3)

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Berdasarkan BMKG (Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika), Indonesia merupakan negara yang berada pada pertemuan tiga lempeng besar, meliputi Lempeng Eurasia, Lempeng Indo-Australia dan Lempeng Pasifik. Pulau Bali dan sekitarnya, serta Pulau Sumbawa merupakan bagian dari seismotektonik Indonesia yang mempunyai tingkat kegempaan cukup tinggi karena diapit oleh dua jalur patahan aktif. Sehingga jika terjadi pergeseran lempeng maka akan menyebabkan terjadinya gempa.

Berdasarkan catatan sejarah, ada beberapa kejadian gempa di Indonesia dengan magnitudo di atas 7 mulai tahun 2004. Gempa tersebut diantaranya adalah gempa Aceh pada tahun 2004, gempa Nias tahun 2005, gempa Pangandaran tahun 2006, gempa Bengkulu tahun 2007, gempa Aceh tahun 2012, gempa Mentawai tahun 2016, serta gempa Lombok tahun 2018. Gempa Lombok tersebut merupakan salah satu gempa besar yang memberikan efek kerusakan yang sangat parah, terutama kerusakan bangunan. Oleh karena itu, diperlukan suatu solusi untuk dapat membangun rumah tinggal yang menjadi kebutuhan pokok masyarakat dengan cepat, murah dan tahan terhadap gempa.

Saat ini, baja *cold-formed* (*cold-form steel*) merupakan salah satu material struktur yang sedang berkembang dan banyak diteliti oleh ilmuwan di dunia. Dibandingkan dengan baja *hot-rolled*, maka baja *cold-rolled* ini mempunyai ukuran yang lebih tipis dan mutu yang lebih tinggi. Akan tetapi, ada beberapa karakteristik yang harus diperhatikan apabila akan menggunakan baja *cold-formed* untuk struktur, diantaranya adalah *buckling strength* (kuat tekuk), *torsional rigidity* (torsi), *web crippling*, *ductility* (daktilitas), *connection* (sambungan), *fire resistance* (ketahanan terhadap paparan api), serta *corrosion* (korosi).

Para ilmuwan banyak melakukan penelitian terkait dengan karakteristik tersebut, diantaranya adalah N Usefi dan Ronagh, 2020 tentang penelitian terkait dengan Standar terkini untuk desain seismik baja bentuk dingin.

Baja ringan dibuat dari lembaran baja atau pelat baja tipis yang dipotong-potong dan terbuat dari baja murni kemudian dibentuk dengan mesin *roll-forming*.

Proses pengerjaan dilakukan dalam kondisi dingin, sehingga sering dikenal dengan nama baja canai dingin (*cold-formed* atau *cold-rolled*). Proses *rolling* kompres dan membenteng baja, pemberian gaya atau tegangan terjadi dalam proses tersebut. Sedangkan kekakuan didapat dari proses memberi tekukan (pemberian gaya) itulah sebabnya mengapa baja ringan mempunyai mutu tinggi. Sedangkan baja yang biasa dibentuk dalam keadaan masih panas dinamakan baja canai panas (*hot-rolled*).

Pada umumnya, bahan baku baja ringan adalah baja G550. Baja G550 adalah baja mutu tinggi dengan *standar high tensile strength* 550 Mpa (5500 kg/cm²). Kekuatan ini merupakan elemen dasar untuk kekuatan tarik baja ringan saat ini. Dengan kekuatan minimum 550Mpa, baja ringan tersebut memiliki kekuatan leleh minimum 550 Mpa. Dibuktikan dalam uji laboratorium tidak boleh putus saat ditarik dengan kekuatan 500 Mpa. Selain itu, baja tersebut juga memiliki modulus geser 80.000 MPa dan modulus elastisitasnya 200.000 Mpa.

Dalam Dewobroto dkk (2006) dilaporkan bahwa pemakaian baja *cold-formed* di Amerika untuk struktur bangunan sudah berkembang sejak lima dekade yang lalu atas dukungan AISI (*American Iron and Steel Institute*). Sejak itu baja canai dingin banyak digunakan untuk struktur bangunan, baik struktur sekunder, misalnya sebagai kerangka dinding/partisi maupun struktur primer, misalnya rangka atap (*truss*) dan rangka utama bangunan (*frame*). Pemakaian baja ringan sebagai bahan bangunan seperti rangka atap, rangka plafon, rangka dinding dan rangka lantai. Jenis baja ini juga sudah banyak digunakan untuk bangunan sederhana maupun bangunan tinggi sebagai pengganti kayu yang semakin mahal, langka dan mudah dimakan rayap.

1.2 Rumusan Masalah

Pada pengujian kali ini, akan dilihat beberapa aspek yaitu :

1. Apakah ketahanan suatu profil baja terhadap kuat lentur dan kuat tarik *cold-formed* dipengaruhi oleh ukuran profil atau tidak.
2. Pola keruntuhan yang terjadi untuk pengujian kuat tarik, dan jenis tekuk yang terjadi untuk kuat lentur.

1.3 Batasan Masalah

Dalam pengujian kali ini ada beberapa batasan masalah yang akan digunakan yaitu:

1. Benda uji yang akan digunakan terdiri dari beberapa jenis yaitu:

- a. C80x30x1.65x1.14
- b. C80x30x1.18x1.22
- c. C82x29x1.14x2.27
- d. Hollow 33x30x0.76
- e. Hollow 34x13x0.93
- f. Hollow 41x41x1.31
- g. Hollow 40x21x1.08
- h. Hollow 32x15x0.42

2. Untuk perhitungan yang dipakai akan meliputi 2 (dua) metode yaitu

- a. Kuat Tarik
- b. Kuat lentur

3. Waktu pengujian terbatas dalam waktu 30 hari.

1.4 Tujuan Penelitian

Permasalahan yang akan dibahas pada penelitian ini adalah mengetahui karakteristik yang ada pada profil baja *cold-formed* yang ada di pasaran, diantaranya adalah kapasitas aksial tarik, kapasitas lentur, serta mode keruntuhan.

Penelitian tersebut dilakukan dengan membuat model eksperimental. Hal tersebut sangat diperlukan mengingat saat ini penggunaan baja *cold-formed* sudah banyak diaplikasikan untuk bangunan struktur di Indonesia. Penelitian tersebut bermanfaat untuk pengembangan formula yang ada di lapangan.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui ketahanan baja untuk dipakai didalam sebuah struktur, sehingga pengaplikasian pada bangunan dapat dilaksanakan secara efektif baik secara pemilihan ukuran profil maupun penggunaan biaya.



BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Baja

Baja adalah besi karbon campuran logam yang dapat berisi konsentrasi dari element campuran lainnya, ada ribuan campuran logam lainnya yang mempunyai perlakuan bahan dan komposisi berbeda. Sifat mekanis adalah sensitif kepada isi dari pada karbon, yang mana secara normal kurang dari 1,0% C. Sebagian dari baja umum digolongkan menurut konsentrasi karbon, yakni ke dalam rendah, medium dan jenis karbon tinggi. Baja merupakan bahan dasar vital untuk industri. Semua segmen kehidupan, mulai dari peralatan dapur, transportasi, generator pembangkit listrik, sampai kerangka gedung dan jembatan menggunakan baja. Besi baja menduduki peringkat pertama di antara barang tambang logam dan produknya melingkupi hampir 90% dari barang berbahan logam

Baja canai dingin atau *cold formed steel* sesuai dengan namanya dibentuk melalui proses *cold forming* dari bahan baja karbon atau *low-alloy* berbentuk lembaran, setrip, pelat, ataupun batangan dengan ketebalan tidak lebih dari 25 mm yang dibentuk pada suhu kamar. Baja ringan atau *light weight steel structure* adalah baja canai dingin yang keras kemudian diproses kembali komposisi atom dan molekulnya, sehingga menjadi baja yang lebih fleksibel. Karena proses pembentukan baja ringan sama dengan baja canai dingin, maka dalam perancangannya baja ringan dapat menggunakan regulasi dari baja canai dingin. Baja ringan memiliki dimensi dan ketebalan yang relatif tipis jika dibandingkan dengan baja konvensional yaitu sekitar 0,2 hingga 2 mm. Meskipun lebih ringan dari pada baja konvensional, baja ringan memiliki kekuatan tarik yang setara dengan baja konvensional. Berdasarkan nilai tegangan tariknya, baja ringan dikelompokkan menjadi 2 macam yaitu baja ringan dengan tegangan tarik tinggi (G550) dan baja ringan dengan tegangan tarik rendah (G300, G250). Bahan dasar pembentukan baja ringan adalah carbon steel yang terdiri dari 1,70% Carbon, 1,65 Manganese, 0,60% Silicon, 0,60% Copper. Carbon dan Manganese merupakan bahan utama untuk meningkatkan

tegangan dari konstruksi berkelanjutan (*sustainability construction*) merupakan salah satu tantangan terbesar di dunia modern sekarang ini, baik dari sisi lingkungan, ekonomi dan sosial. Oleh karena itu, penggunaan material baja *cold-formed* merupakan salah satu upaya untuk mewujudkan tantangan tersebut. Hal tersebut didasarkan pada fakta bahwa material baja merupakan salah satu bahan konstruksi yang ramah lingkungan karena dapat didaur ulang. Terbukti sebanyak 50% dari total produksi baja di dunia berasal dari bahan limbah atau baja daur ulang.

2.2 Rumus Perhitungan

Untuk kuat tekan berdasarkan angka yang tercatat pada saat pengujian maka angka tersebut dicatat sebagai beban P pada saat hancur. Untuk mendapatkan besarnya tegangan hancur dari benda uji tersebut, Berdasarkan Departemen Pekerjaan Umum (1990), dilakukan perhitungan dengan rumus :

$$f'c = P_{maks} / A$$

dengan: $f'c$ = kuat tekan baja salah satu benda uji (MPa) P_{maks} = beban tekan maksimal (kN)

A = luas permukaan benda uji yang ditekan (mm²)

Untuk kuat tarik besarnya angka yang dicatat pada saat pengujian adalah berupa perbandingan tegangan dan regangan yang dapat dirumuskan sebagai berikut

$$E = \sigma / \epsilon$$

dengan:

$\sigma = F / A$: rumus tegangan yaitu rasio antara gaya dengan luas penampang

$\epsilon = \Delta L / L$: rumus regangan yaitu pertambahan panjang berbanding dengan panjang awal

Sedang untuk kuat lentur besarnya angka yang dicatat pada saat pengujian adalah besarnya beban P pada saat benda uji hancur maka untuk mendapatkan besarnya tegangan

$$f_{lt} = \frac{3PL}{2bd^2}$$

Dengan: f_{lt} = Kuat lentur(MPa)

P = Beban maksimum yang dikenakan pada benda uji (N)

L = Panjang antar tumpuan benda uji (mm)

b = lebar benda uji (mm)

d = tinggi rata-rata pada penampang runtuh (mm)



BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan waktu penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan di Laboratorium Struktur dan Bahan Konstruksi Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, yang akan dimulai pada bulan Agustus 2020 sampai selesai.

3.2 Bahan penelitian

Berbagai jenis dan tipe profil baja *cold-formed* yang ada di pasaran, yaitu sebagai berikut:

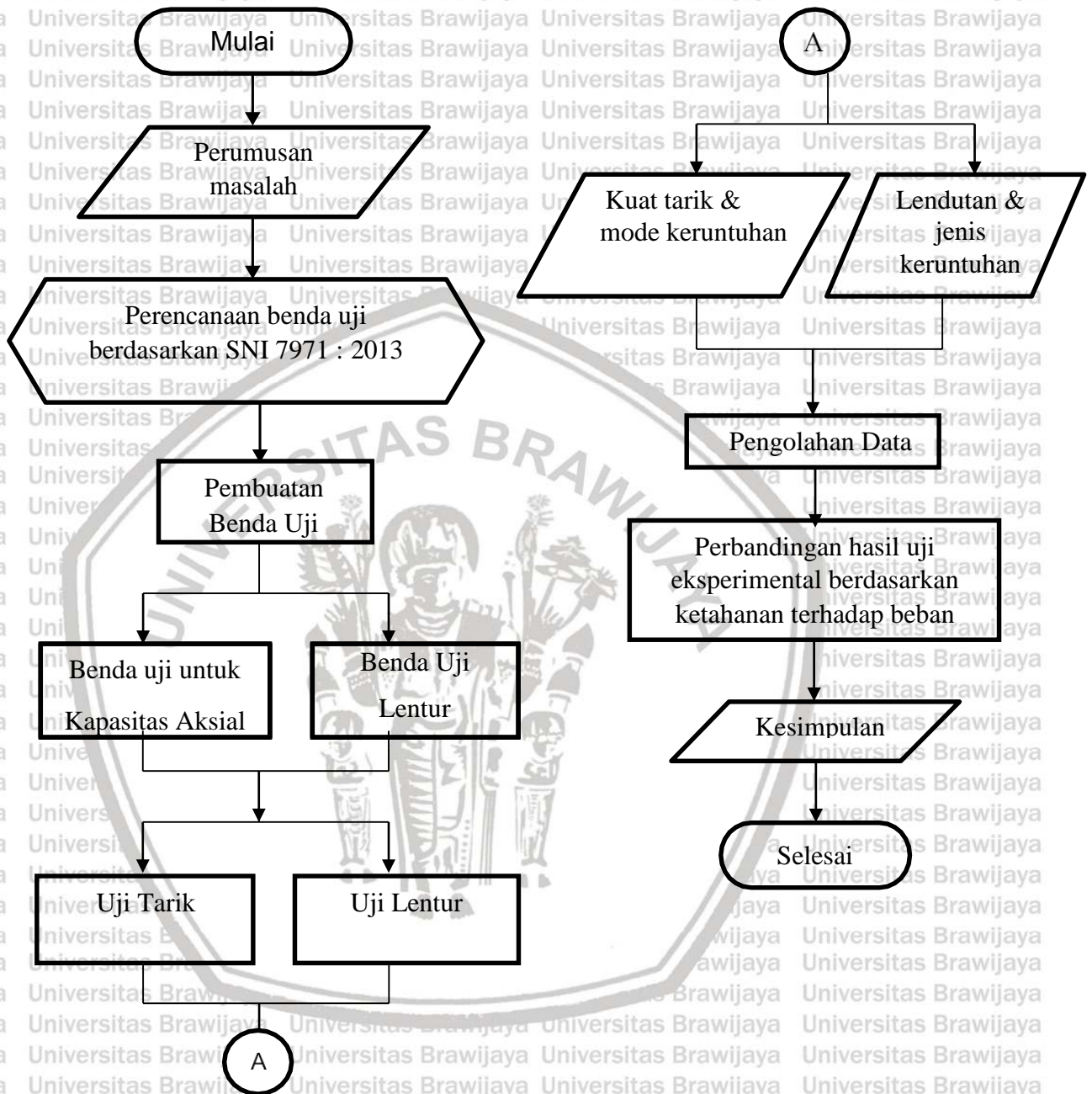
- a. Profil baja *cold-formed* dengan berbagai tipe dan ukuran yang ada di lapangan, yaitu:
 1. Tipe C75.70, C75.60, C80.30, C75.30, C75.100 ra, C75.75 ra
 2. Tipe TS 40.045, TS 35.045
 3. Tipe 80 Hollow 40.40.0,3, 80 Hollow 40.40.0,4

3.3 Peralatan penelitian

Seluruh alat yang digunakan pada penelitian ini, dimulai dari persiapan material hingga proses pengujian benda uji berada di Laboratorium Struktur dan Bahan Konstruksi Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Malang. Peralatan yang digunakan adalah sebagai berikut:

- a. Gunting
- b. *Compression Test Machine*
- c. *Universal Testing Machine*
- d. *Load cell*
- e. *Linear Variable Differential Transformer (LVDT)*
- f. *Strain gauge*
- g. *Loading frame*

3.4 Tahapan Penelitian



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

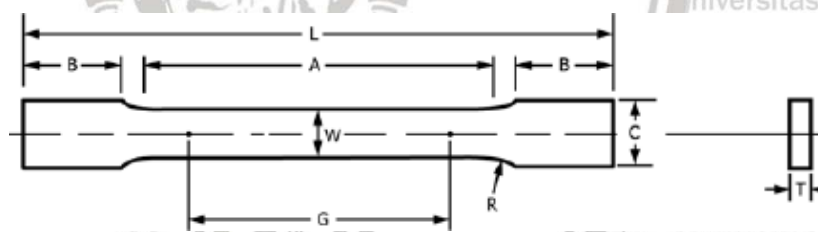
3.5 Rancangan Penelitian

Pada penelitian ini dibuat tiga benda uji untuk setiap pengujian, yaitu Uji Tarik dan Uji Lentur. Dimensi pada setiap pengujian adalah sebagai berikut:

3.5.1 Uji Tarik

Dasar pelaksanaan uji tarik adalah ASTM E8/E8M-16a “*Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials*”. Metode pengujian ini mencakup pengujian tarik bari bahan logam dalam bentuk apa pun pada suhu ruangan, khususnya metode penentuan kekuatan leleh, perpanjangan titik leleh, kuat tarik, perpanjangan, dan pengurangan luas. Temperature ruang antara 10° sampai 38° C. Pengujian tarik ini berfungsi untuk menyediakan informasi mengenai kekuatan dari material akibat tegangan tarik uniaxial. Pada benda uji diberikan ekstensometer yang berfungsi untuk memverifikasi regangan baja yang terjadi akibat pengujian.

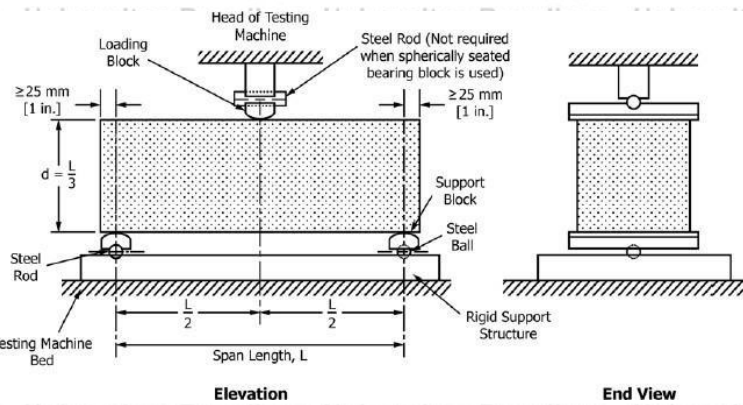
Pada penelitian ini, benda uji dikategorikan sebagai benda uji lembaran (*sheet-type specimens*) karena mempunyai ketebalan antara 0.13 sampai 19 mm. Bentuk benda uji adalah sebagai berikut.



Gambar 3. 2 Benda Uji Dogbone

3.5.2 Uji Lentur

Cara pengujian kuat lentur baja *cold-formed* untuk pembebanan terpusat di tengah bentang. Gaya yang diterapkan harus tegak lurus permukaan spesimen tanpa eksentrisitas. Balok harus memiliki bentang uji dengan toleransi 2% dari tiga kali tinggi balok. Diagram pembebanan diberikan pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Skema Pembebanan Uji Lentur (ASTM C293/C293M – 16)

Formula perhitungan untuk modulus runtuh (*The modulus of rupture*) yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$R = 3PL / 2bd^2$$

dimana:

R = modulus runtuh, MPa [psi]

P = beban maksimum yang diterapkan, ditunjukkan oleh mesin uji,
N [lbf]

L = panjang bentang, mm [in.]

b = lebar rata-rata spesimen di daerah runtuh, mm [in.]

d = tinggi rata-rata spesimen di daerah runtuh, mm [in.].

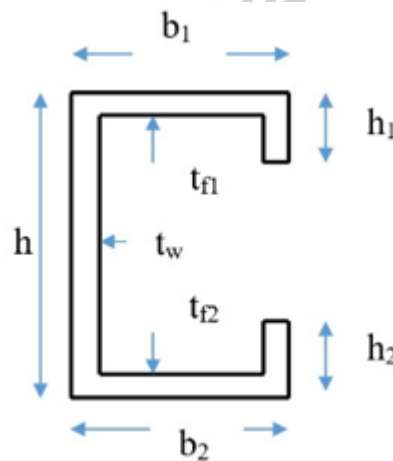
3.5.3 Benda Uji Rencana

Benda uji yang dipakai merupakan baja *cold-formed* yang ada di pasaran, dengan jumlah 5 benda uji pada setiap tipe dan pengujian. Supplier benda uji berasal dari 5 produsen, yaitu Kencana Truss, PT NS Bluescope Lysaght, MULCINDO, Smartruss Classic Tangguh, Smartruss Premium True Core. Perencanaan jumlah benda uji berikut tipe baja ditampilkan pada Tabel 3.3 berikut.

Tabel 3.1 Variasi benda uji profil C

No Benda Uji	Dimensi (Profil C)	Detail Ukuran (mm)				
		t_{r1}	t_{r2}	h_1	h_2	b_1
1	C80x30x1.65x1.14	2.01	1.28	9.8	9.32	28.05
2	C80x30x1.18x1.22	1.15	1.2	9.84	8.41	28.81
3	C82x29x1.14x2.27	1.16	1.11	10.11	8.61	30.49

No Benda Uji	Dimensi (Profil C)	Detail Ukuran (mm)				
		b_2	h	b_{used}	t_{fused}	t_w
1	C80x30x1.65x1.14	29.77	80.92	29.77	1.65	1.14
2	C80x30x1.18x1.22	30.06	80.74	30.06	1.18	1.22
3	C82x29x1.14x2.27	28.78	82.54	28.78	1.14	2.27

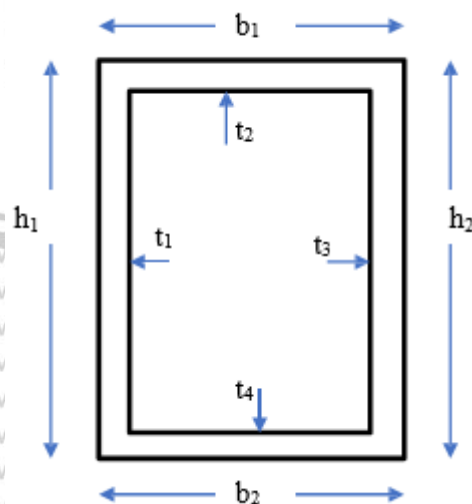


Gambar 3. 4 Sketsa Profil C

Tabel 3. 2 Variasi benda uji Profil Hollow

No Benda Uji	Dimensi (Profil Hollow)	Detail Ukuran (mm)					
		b ₁	b ₂	h ₁	h ₂	t ₁	t ₂
4	Hollow 33x30x0.76	30.08	29.78	32.75	33.19	0.92	0.69
5	Hollow 34x13x0.93	13.64	13.67	34.2	34.03	0.65	1.25
6	Hollow 41x41x1.31	41.01	41.03	41.15	41.11	1.27	1.51
7	Hollow 40x21x1.08	21.3	21.67	40.56	40.38	0.76	1.48
8	Hollow 32x15x0.42	15.28	15.85	32.07	32.17	0.4	0.41

No Benda Uji	Dimensi (Profil Hollow)	Detail Ukuran (mm)				
		t ₃	t ₄	b _{used}	h _{used}	t _{used}
4	Hollow 33x30x0.76	0.58	0.86	29.93	32.97	0.76
5	Hollow 34x13x0.93	0.66	1.17	13.66	34.12	0.93
6	Hollow 41x41x1.31	1.47	1.01	41.02	41.13	1.32
7	Hollow 40x21x1.08	1.27	0.81	21.49	40.47	1.08
8	Hollow 32x15x0.42	0.47	0.41	15.57	32.12	0.42

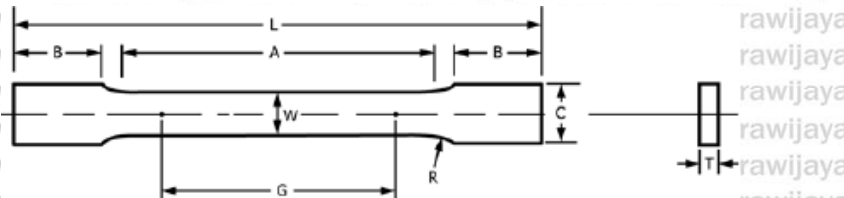


Gambar 3. 5 Sketsa Profil Hollow

Sedangkan dimensi dari setiap tipe benda uji ditentukan berdasarkan SNI, yaitu sebagai berikut:

1. Uji tarik

Berdasarkan ASTM E8/E8M-16a, digunakan dimensi sebagai berikut



Gambar 3. 6 Benda Uji tarik

- G (panjang gauge) = 50 mm
- W (lebar) = 12.7 mm
- T (tebal) = sesuai dengan ketebalan profil benda uji.
- R (jari-jari) = 12.5 mm
- L (panjang total) = 200 mm
- A (panjang bagian paralel yang telah dikurangi) = 57 mm
- B (panjang bagian yang dicengkeram) = 60 mm
- C (lebar bagian yang dicengkeram) = 20 mm

2. Uji lentur

Untuk uji lentur digunakan batang baja *cold-formed* dengan panjang bersih 3 kali tinggi profil yang diuji, ditambah dengan span sebesar 50 mm di sebelah kiri dan kanan tumpuan. Sehingga jika digunakan tinggi benda uji sebesar 80 mm, maka digunakan panjang bentang bersih 240 mm dengan tambahan 10 cm, total adalah 340 mm.

3.6 Variabel Penelitian

Terdapat dua variabel yang diperhitungkan dalam pengujian, yaitu variabel bebas dan variabel terikat sebagai berikut:

a. Variabel bebas (*independent variable*), yaitu variabel yang bebas ditentukan oleh peneliti. Dalam penelitian ini, yang menjadi variabel bebas adalah dimensi profil dan jenis pengujian.

b. Variabel terikat, yaitu variabel yang nilainya tergantung dari variabel bebas.

Variabel terikat dari penelitian ini adalah tegangan leleh, kuat tekan, tegangan lentur, kapasitas penampang dan model keruntuhan.

3.7 Prosedur Penelitian

3.7.1 Pembuatan Benda Uji

Benda uji dibuat sesuai dengan ukuran yang telah ditentukan sebelumnya, yang diperoleh dari profil baja cold-formed yang ada di pasaran. Dimensi benda uji berbeda-beda tergantung dari jenis pengujiannya, yang meliputi Uji Tarik dan Uji Lentur.

Pengujian akan dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Brawijaya.

3.7.2 Pelaksanaan Penelitian

Untuk pelaksanaan ada beberapa pengujian yaitu sebagai berikut.

3.7.2.1 Uji tarik

Untuk pengujian tarik dilakukan menggunakan *Universal testing machine* (UTM). Yaitu mesin yang digunakan untuk menguji kekuatan tarikan dan kekuatan ketahanan bahan.



Gambar 3. 7 Universal Testing Machine (UTM)

Untuk pengujian dilakukan dengan 2 (dua) cara yaitu, dengan menggunakan *load cell* dan menggunakan *strain gauge*.



Gambar 3. 8 Alat dan Sampel Pengujian Tarik Dengan *Strain Gauge*



Gambar 3. 9 Indikator Pembaca Uji Tarik Dengan Strain Gauge

Untuk pengujian tarik, data yang diambil adalah data beban maks yang dapat ditahan oleh kuat tarik, regangan maksimal, dan juga karakteristik patahan yang terjadi pada sampel, baik dari posisi patahan maupun bentuk patahan.



Gambar 3. 10 Patahan Yang Terjadi Pada Saat Pengujian Tarik

3.7.2.2 Uji Lentur

Dalam pengujian lentur digunakan dua jenis benda uji yaitu, benda uji profil C, dan benda uji dengan profil box



Gambar 3. 11 Benda Uji Profil C



Gambar 3. 12 Benda Uji Profil box

Untuk pengujiannya dilakukan dengan menggunakan *loading frame*, dan dilakukan setting secara manual untuk pengunci/ penyangga profil.



Gambar 3. 13 Load Cell

Untuk metode pengujian dilakukan dengan dua cara seperti halnya uji tarik, yaitu dengan *load cell*, dan dengan ditambah menggunakan *Linear Variable Differential Transformer (LVDT)* dan *strain gauge*.



Gambar 3. 14 Setelan Alat Tanpa Menggunakan LVDT



Gambar 3. 15 Setelan Alat Dengan LVDT



Gambar 3. 16 Setelan Alat Dengan Strain Gauge

Untuk Pengujian lentur, data yang akan diambil berupa beban maksimum yang dapat ditahan oleh profil, besarnya lendutan yang terjadi, dan karakteristik profil baja, berdasarkan perbedaan ukuran baik panjang, lebar, maupun tebal profil.

3.8 Metode Analisis

3.8.1 Pengumpulan Data

Tabel 3. 3 Form Pengumpulan Data Dari Pengujian Uji Tarik Baja Cold-Formed

Benda Uji	Diameter	Tegangan Leleh (fy)	Tegangan Ultimit	Tegangan Leleh Rata-Rata	Tegangan Ultimit Rata-Rata
	(mm)	(Mpa)	(Mpa)	(Mpa)	(Mpa)

Tabel 3. 4 Form Pengumpulan Data Dari Pengujian Uji Lentur Baja Cold-Formed

Benda Uji	Beban maksimum (kN)	Lendutan (mm) (Mpa)
-----------	---------------------------	------------------------

3.8.2 Pengolahan Data

Berdasarkan hasil pengujian akan didapatkan beberapa grafik yang dijadikan sebagai dasar untuk perbandingan tegangan – regangan dari setiap benda uji.

1. Grafik $P - \Delta L$
2. Grafik tegangan – regangan tarik
3. Jenis tekuk yang terjadi pada setiap pengujian
4. Perhitungan kapasitas penampang dan perbandingan dengan

SNI

3.9 Hipotesis

1. Ketebalan profil yang dipakai, akan berpengaruh pada besarnya kuat Tarik yang dapat ditahan oleh baja *cold formed*.
2. Pemilihan ukuran wide dan flens yang menahan momen lentur, akan berpengaruh terhadap kuat lentur profil.



BAB IV ISI DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian Tarik

Pengujian tarik banyak dilakukan untuk melengkapi informasi rancangan dasar kekuatan suatu bahan dan sebagai data pendukung bagi spesifikasi bahan.

Karena dengan pengujian tarik dapat diukur ketahanan suatu material terhadap gaya statis yang diberikan secara perlahan. Pengujian tarik ini merupakan salah satu pengujian yang penting untuk dilakukan, karena dengan pengujian ini dapat memberikan berbagai informasi mengenai sifat-sifat logam.

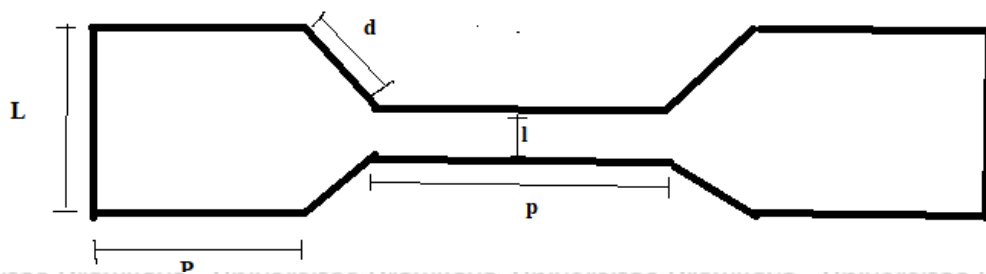
Dalam bidang industri diperlukan pengujian tarik ini untuk mempertimbangkan faktor metalurgi dan faktor mekanis yang tercakup dalam proses perlakuan terhadap logam jadi, untuk memenuhi proses selanjutnya

Pada kesempatan kali ini, sampel yang digunakan adalah sampel berbentuk dogbone. Berikut adalah ukuran sampel yang digunakan.



Tabel 4. 1 Ukuran Sampel Uji Tarik

no	benda uji	lebar besar (L) (cm)	lebar kecil (l) (cm)	panjang besar (P) (cm)	panjang kecil (p) (cm)	Tebal (mm)	diagonal (d) (cm)
1	1(1)	2	1,4	8	6,5	1,2	0,65
2	1(2)	2	1,4	8	6,5	1,2	0,65
3	2(1)	2,1	1,4	8,2	6,5	1,05	0,6
4	2(2)	2,1	1,4	8	6,6	1,1	0,6
5	3(1)	2,1	1,3	8,2	6,5	1	0,7
6	3(2)	2,1	1,3	8,2	6,5	0,97	0,7
7	4(1)	2,1	1,3	7,7	6,9	1,2	0,7
8	4(2)	2,1	1,3	7,7	6,9	0,8	0,7
9	5(1)	2	1,4	8,5	6,5	0,77	0,6
10	5(2)	2	1,4	8,5	6,5	0,84	0,6
11	6(1)	2,3	1,5	7,5	6,7	0,7	0,6
12	6(2)	2,3	1,5	7,5	6,5	0,64	0,6
13	7(1)	2,1	1,4	8	6,5	0,62	0,7
14	7(2)	2,1	1,4	8	6,5	0,62	0,7
15	8(1)	1,9	1,3	8,1	6,4	0,53	0,5
16	8(2)	1,9	1,3	8,1	6,7	0,57	0,5



Gambar 4. 1 Sketsa Sampel Uji Tarik

Untuk sampel uji tarik sampel nomor 1 s/d 3, merupakan sampel yang diambil dari profil C, diambil dari dua bagian, dimana benda uji yang dilambangkan dengan nomor (1) diambil dari bagian *web*, sedangkan benda uji yang diberi nomor (2) diambil dari bagian *flens*.

Pada pengujian kali ini, sampel diletakkan di *Universal Testing Machine* yang sudah dipasang oleh *load cell* yang berfungsi untuk membaca beban yang diberikan kepada sampel. Selain itu sampel juga dipasang oleh *strain gauge* yang terhubung langsung dengan *strain meter* yang berfungsi untuk melakukan pembacaan terhadap regangan yang terjadi selama pengujian tarik.



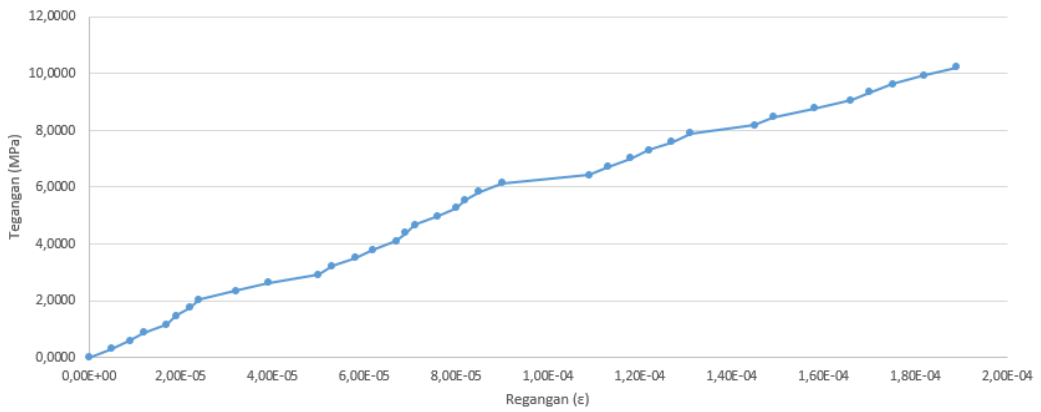
Gambar 4. 2 Contoh Pengujian tarik



Gambar 4. 3 Strain Meter dan Pembaca beban

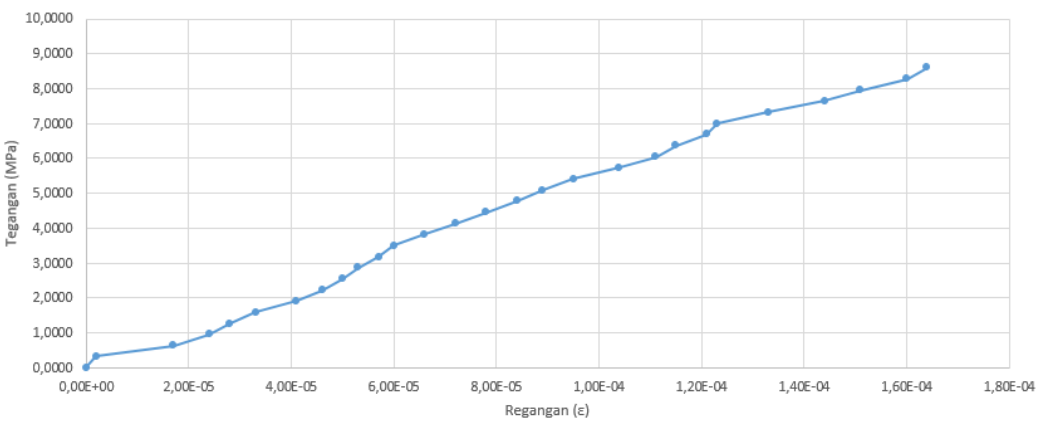
Pada pengujian kali ini digunakan beberapa sampel dengan ukuran yang berbeda-beda, untuk mengetahui apakah ukuran yang berbeda akan menghasilkan kekuatan yang berbeda atau tidak. Setelah pengujian, didapatkan nilai P dan ΔL untuk dijadikan dasar menghitung tegangan dan regangan. Setelah ditemukan nilai tegangan dan regangan, Baru dibuatkan Kurva tegangan regangan, sebagai berikut.

Diagram Tegangan-Regangan 1



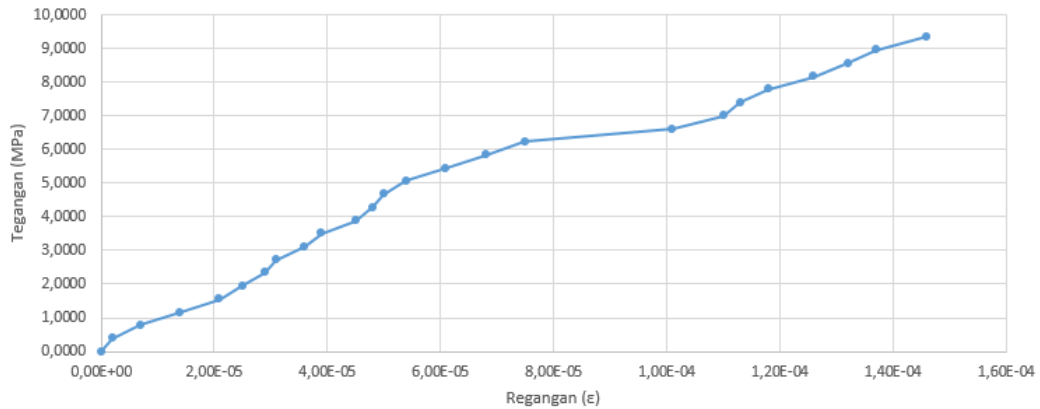
Gambar 4. 4 Diagram Tegangan-Regangan Sampel 1

Diagram Tegangan-Regangan 2



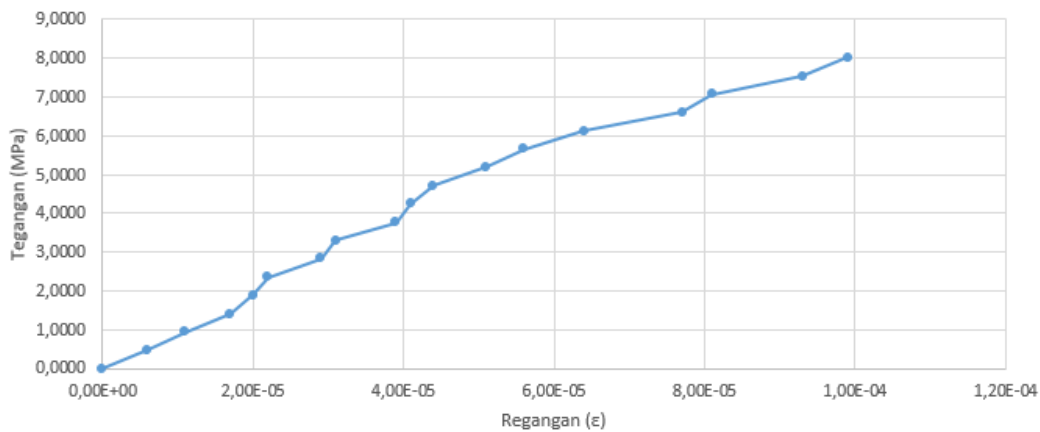
Gambar 4. 5 Diagram Tegangan Regangan Sampel 2

Diagram Tegangan-Regangan 3



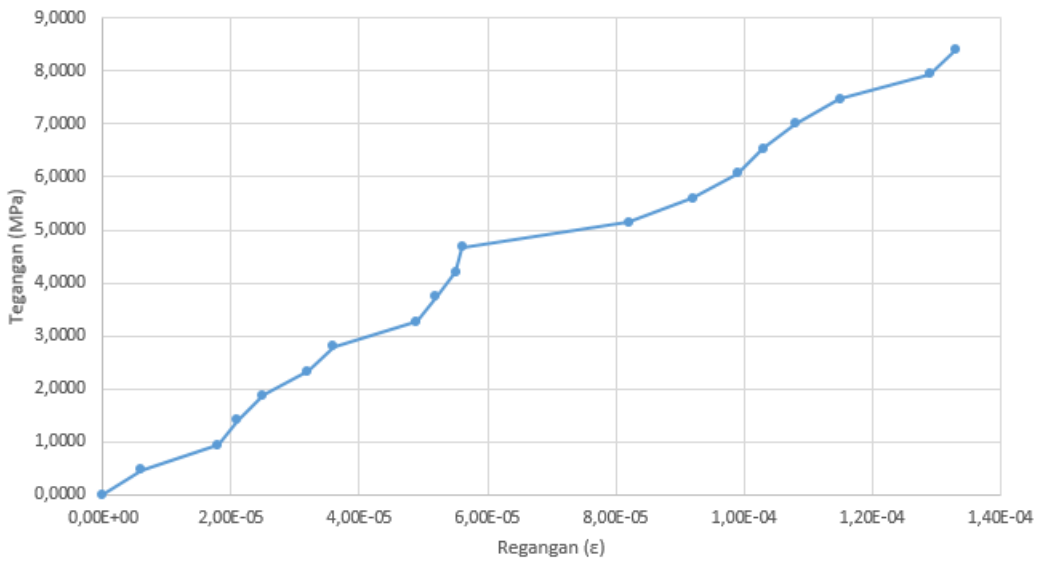
Gambar 4. 6 Diagram Tegangan-Regangan Sampel 3

Diagram Tegangan-Regangan 4



Gambar 4. 7 Diagram Tegangan-Regangan Sampel 4

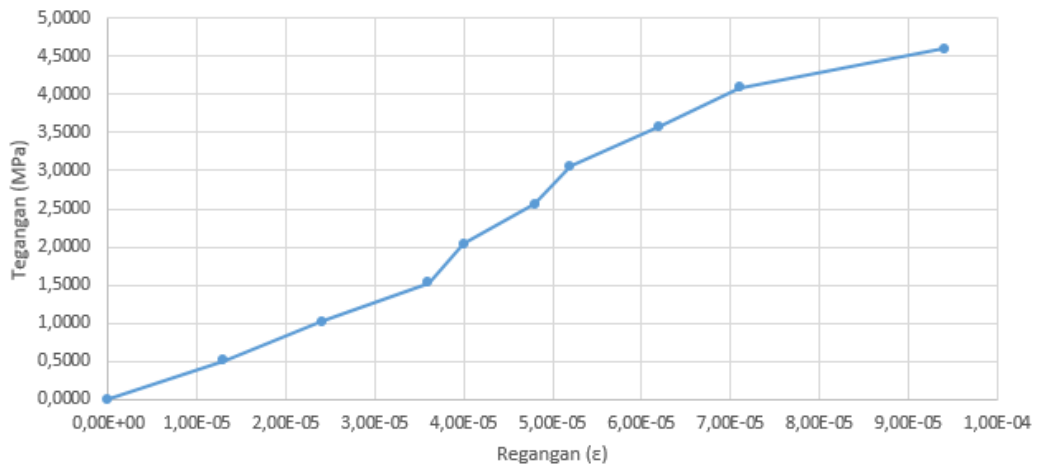
Diagram Tegangan-Regangan 5



Gambar 4. 8 Diagram Tegangan Regangan Sampel 5



Diagram Tegangan-Regangan 6



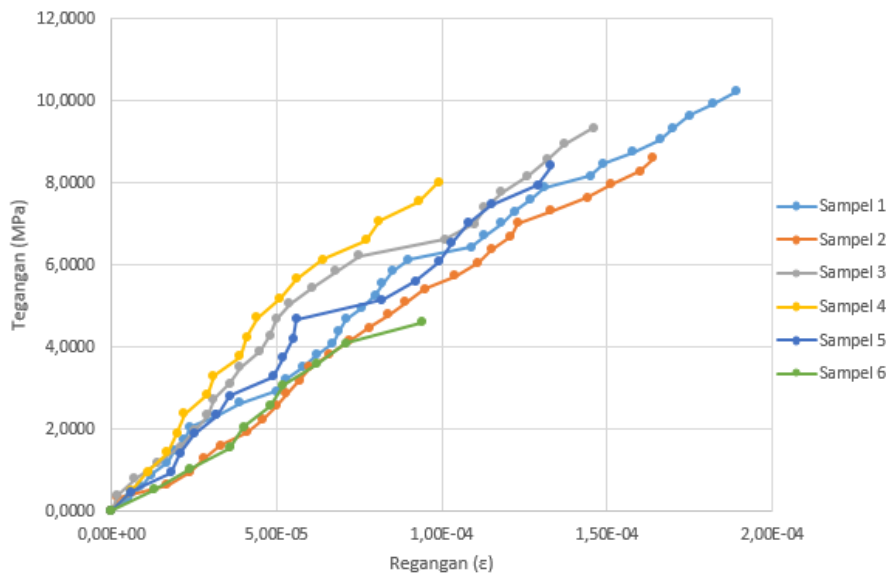
Gambar 4. 9 Diagram Tegangan-Regangan Sampel 6

Selain melakukan pengujian dan perhitungan terhadap sampel, ada beberapa model keruntuhan yang terjadi pada sampel yang dapat dianalisa berdasarkan posisi keruntuhan, dan juga bentuk keruntuhan yang terjadi. Berikut adalah dokumentasi terkait dengan model keruntuhan yang terjadi setelah pengujian tarik selesai dilakukan.





Gambar 4. 10 Model Keruntuhan Sampel Uji Tarik



Gambar 4. 11 Grafik Tegangan Regangan Gabungan

Sedangkan untuk perhitungan fy dapat dihitung dengan cara sebagai berikut, contoh untuk sampel nomor 1 :

$$\begin{aligned}
 F_y &= (P/A_0) \times g \\
 &= (17,5/(14 \times 1,2)) \times 9,81 \\
 &= 10,2188 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

Tabel 4. 2 Rekapitulasi Hasil Pengujian Tarik

no	Benda Uji	fy (Mpa)
1	1	10,2188
2	2	8,5997
3	3	9,3354
4	4	8,0178
5	5	8,4086
6	6	4,5984
Rata-Rata		8,1965

Dari data diatas dapat disimpulkan bahwa besarnya nilai tegangan leleh (fy), berbanding lurus dengan ketebalan dari suatu profil. Dan nilai rata-rata fy dari Keseluruhan profil adalah sebesar 8,1965 MPa.

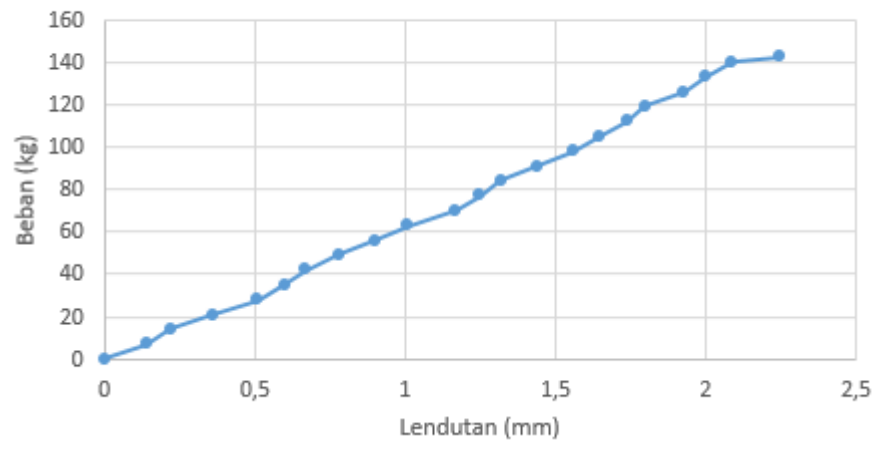
4.2 Pengujian Lentur

Pada pengujian lentur kali ini, digunakan untuk mencari kuat maksimal baja dalam menahan beban serta juga mempelajari bentuk keruntuhan serta kondisi yang terjadi pada baja *cold form*. Kondisi baja adalah suatu keadaan yang memperlihatkan apakah baja tersebut masih dalam kondisi normal atau sudah mengalami penurunan kualitas.

Pada pengujian kali ini telah digunakan tiga sampel baja profil C, serta lima sampel Baja profil box (*hollow*). Berikut adalah hasil dari pengujian yang telah dilakukan, akan disajikan dalam bentuk tabel, grafik perbandingan beban dengan lendutan serta model keruntuhan yang terjadi.

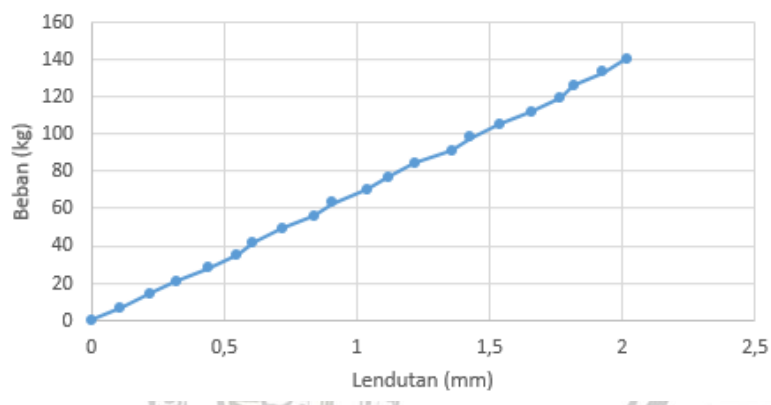


Grafik Benda Uji 1(1)



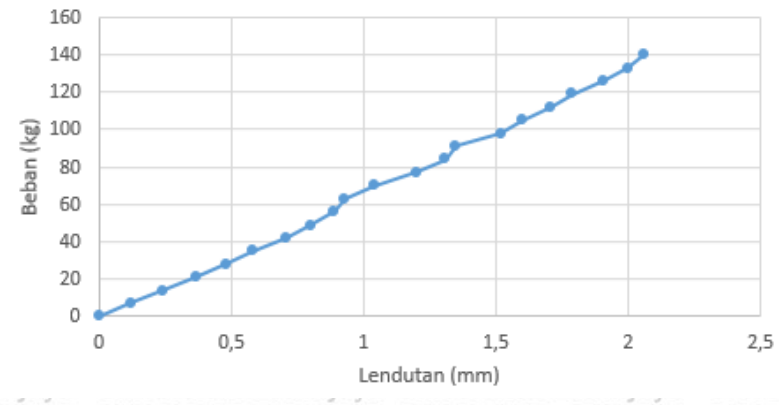
Gambar 4. 12 Grafik Beban-Lendutan Sampel 1(1)

Grafik Benda Uji 1(2)



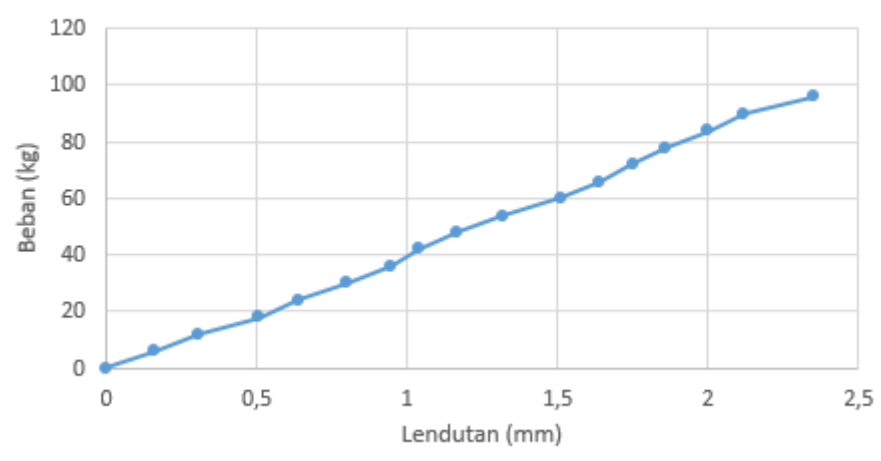
Gambar 4. 13 Grafik Beban-Lendutan sampel 1(2)

Grafik Benda Uji 1(3)



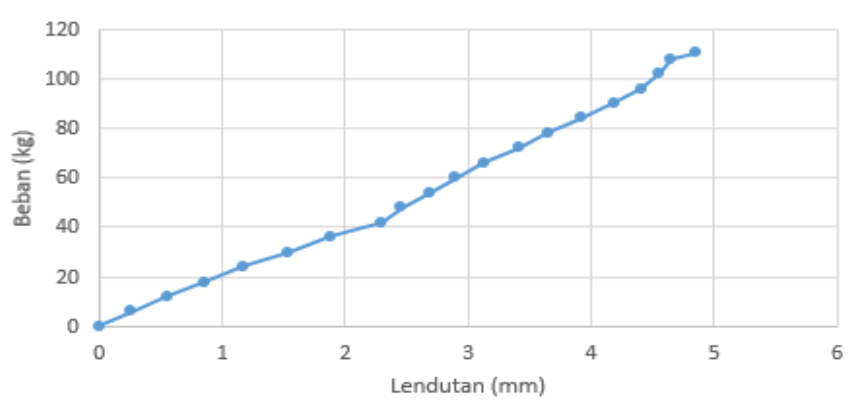
Gambar 4. 14 Grafik Beban-Lendutan Sampel 1(3)

Grafik Benda Uji 2(1)



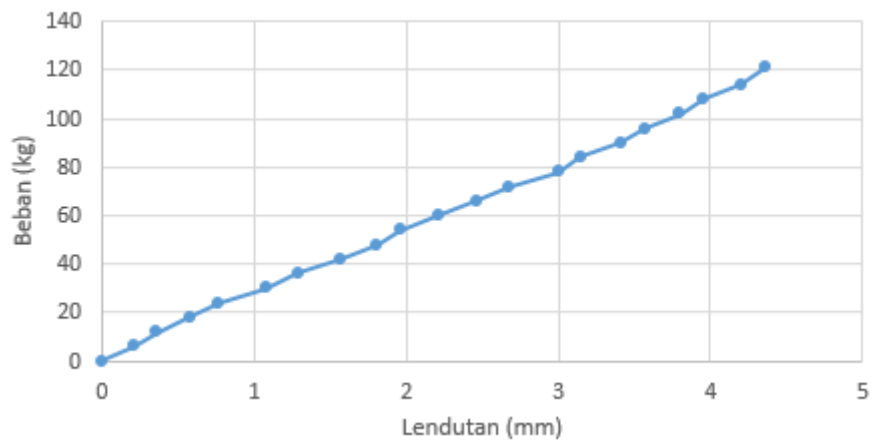
Gambar 4. 15 Grafik Beban-Lendutan Sampel 2(1)

Grafik Benda Uji 2(2)



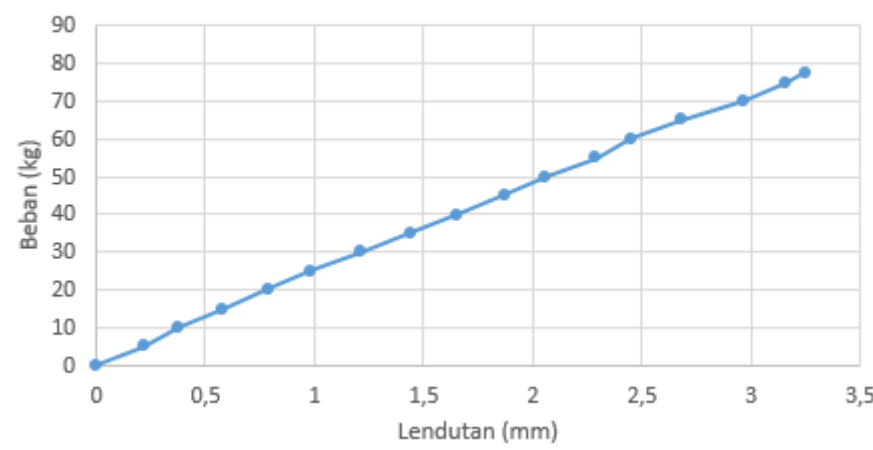
Gambar 4. 16 Grafik Beban-Lendutan Sampel 2(2)

Grafik Benda Uji 2(3)



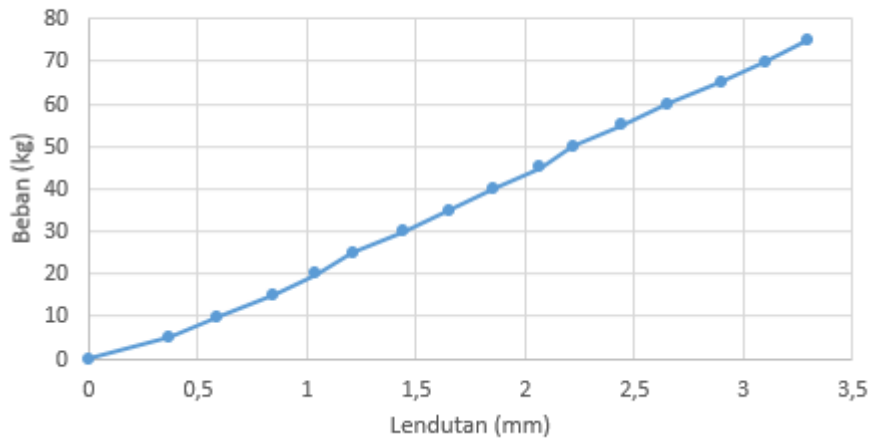
Gambar 4. 17 Grafik Beban-Lendutan 2(3)

Grafik Benda Uji 3(1)



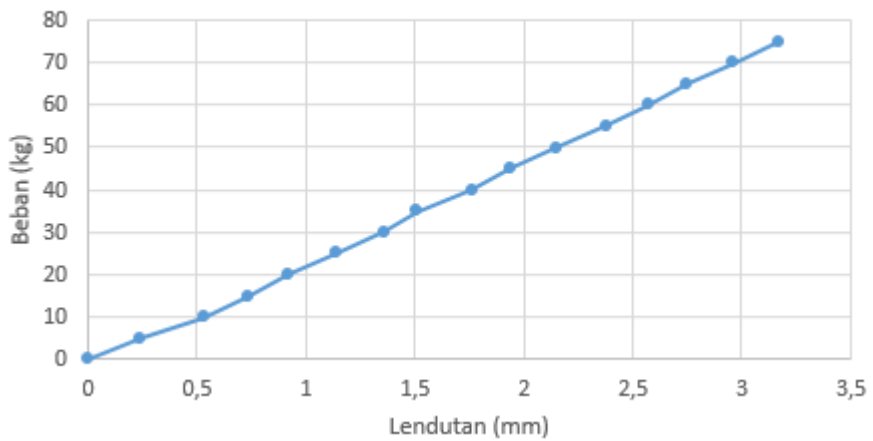
Gambar 4. 18 Grafik Beban-Lendutan Sampel 3(1)

Grafik Benda Uji 3(2)



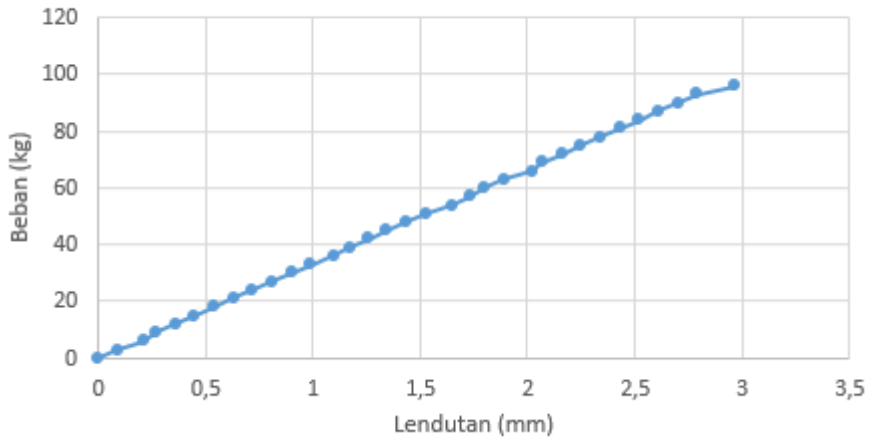
Gambar 4. 19 Grafik Beban-Lendutan Sampel 3(2)

Grafik Benda Uji 3(3)



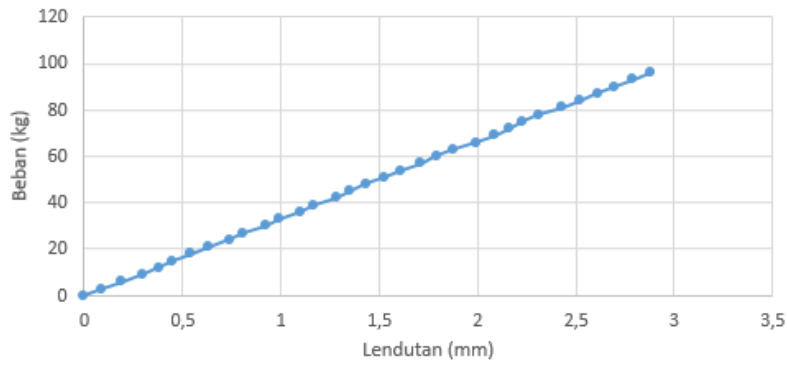
Gambar 4. 20 Grafik Beban-Lendutan Sampel 3(3)

Grafik Benda Uji 4 (1)



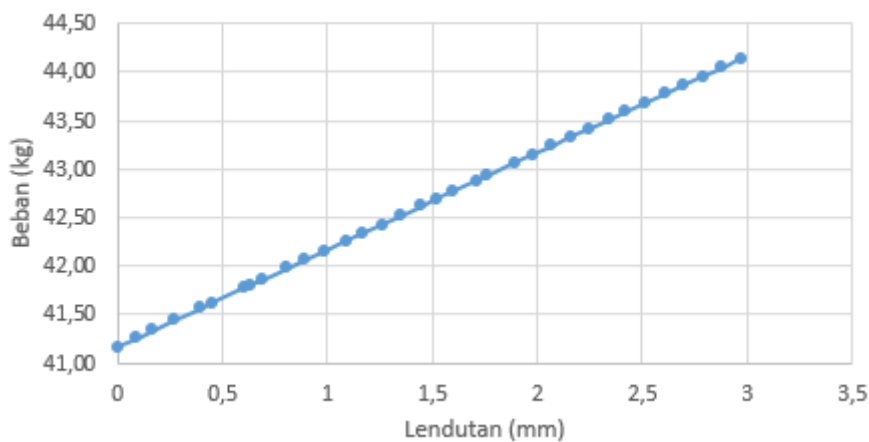
Gambar 4. 21 Grafik Beban-Lendutan Sampel 4(1)

Grafik Benda Uji 4 (2)



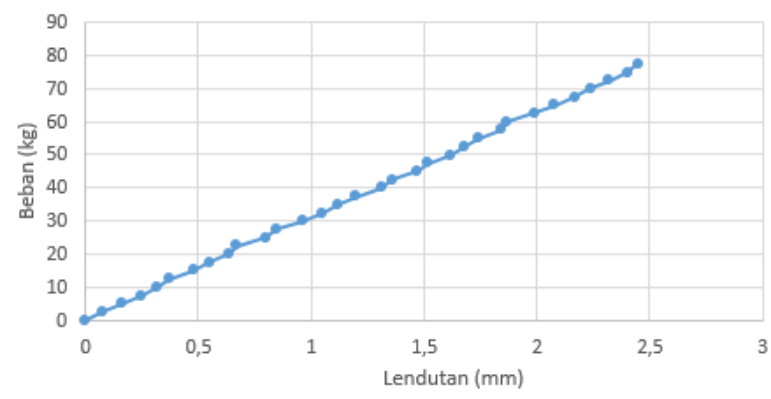
Gambar 4. 22 Grafik Beban-Lendutan Sampel 4(2)

Grafik Benda Uji 4 (3)



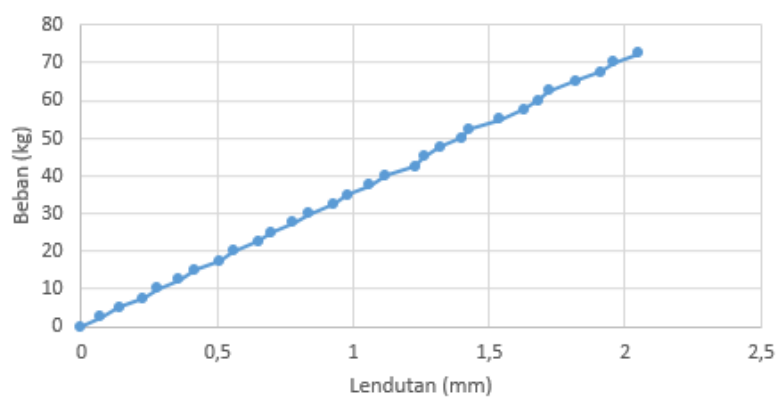
Gambar 4. 23 Grafik Beban-Lendutan Sampel 4(3)

Grafik Benda Uji 5 (1)



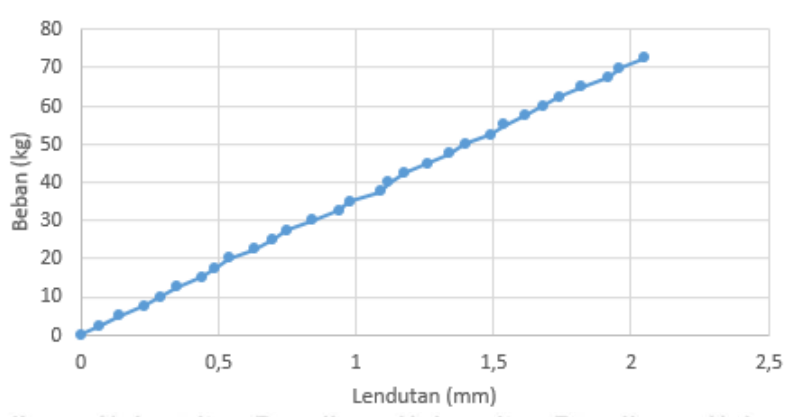
Gambar 4. 24 Grafik Beban-Lendutan Sampel 5(1)

Grafik Benda Uji 5 (2)

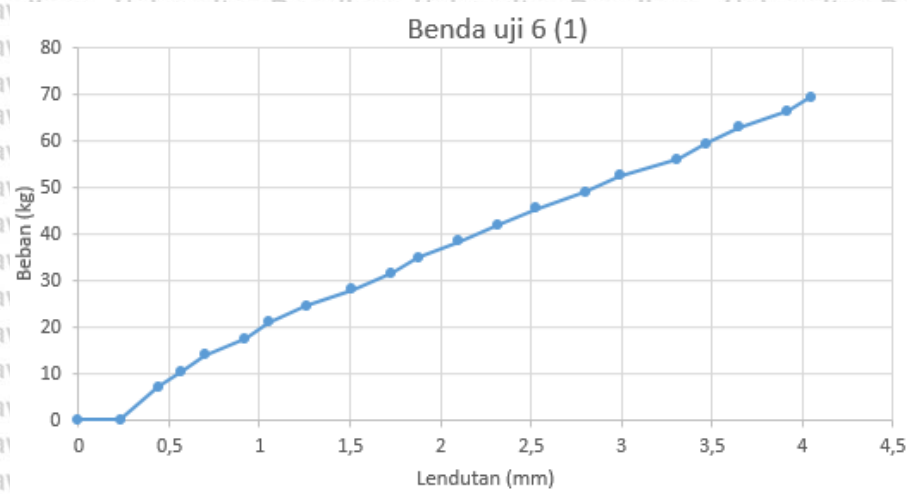


Gambar 4. 25 Grafik Beban-Lendutan Sampel 5(2)

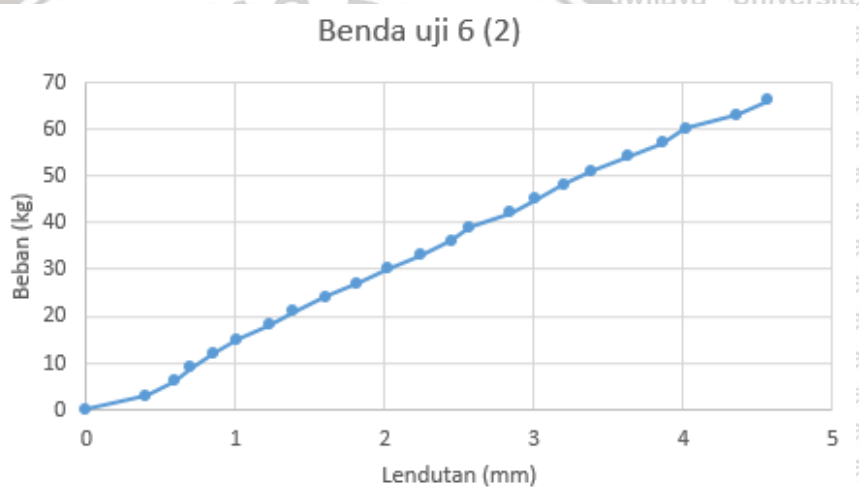
Grafik Benda Uji 5 (3)



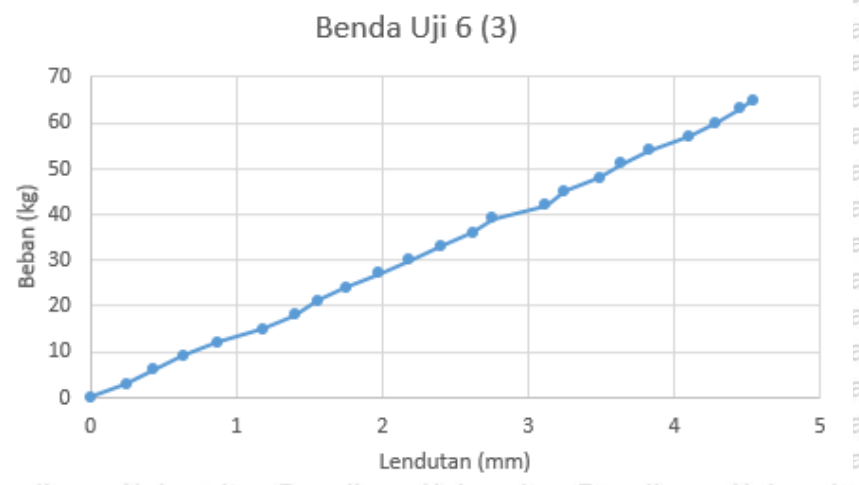
Gambar 4. 26 Grafik Beban-Lendutan Sampel 5(3)



Gambar 4. 27 Grafik Beban-Lendutan Sampel 6(1)

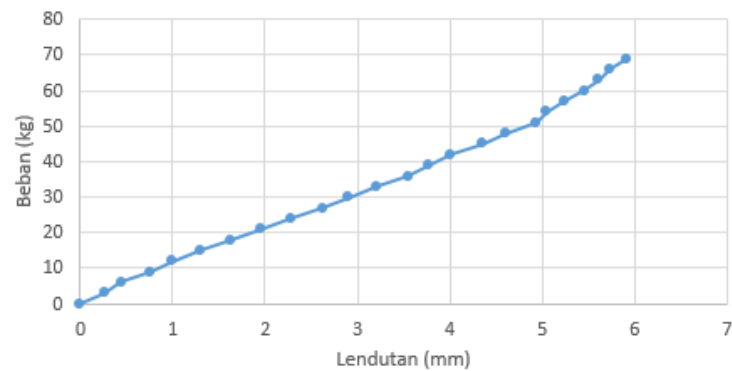


Gambar 4. 28 Grafik Beban-Lendutan Sampel 6(2)



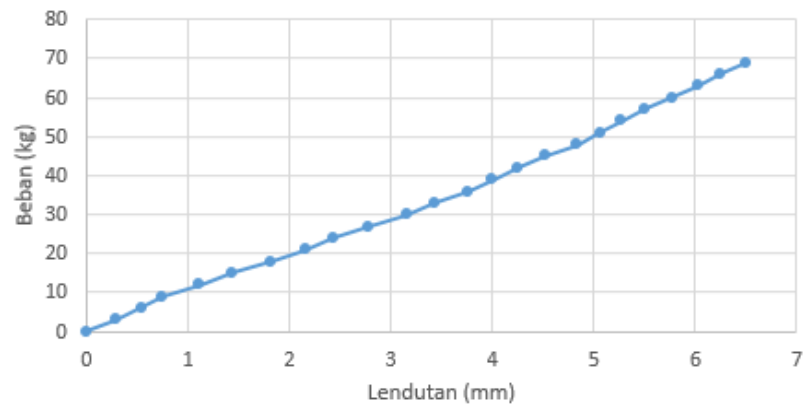
Gambar 4. 29 Grafik Beban-Lendutan Sampel 6(3)

Grafik Benda Uji 7 (1)



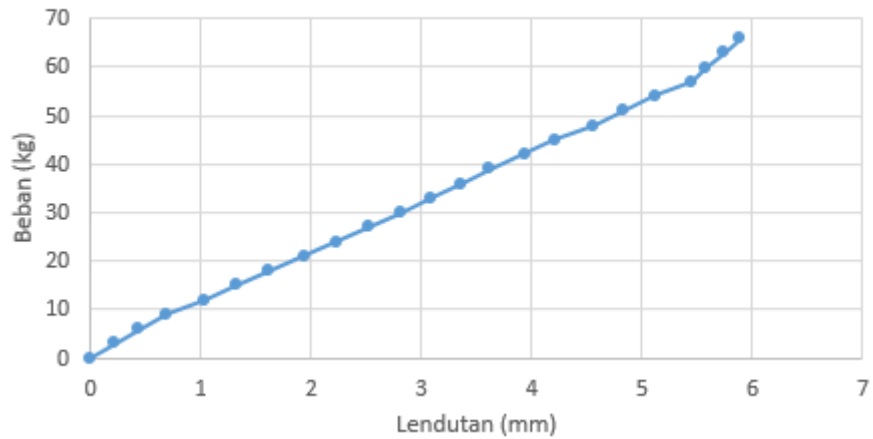
Gambar 4. 30 Grafik Beban-Lendutan 7(1)

Grafik Benda Uji 7 (2)



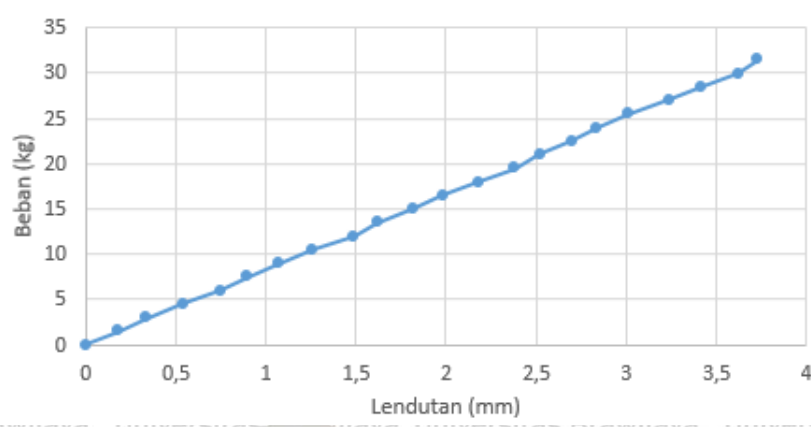
Gambar 4. 31 Grafik Beban-Lendutan Sampel 7(2)

Grafik Benda Uji 7 (3)



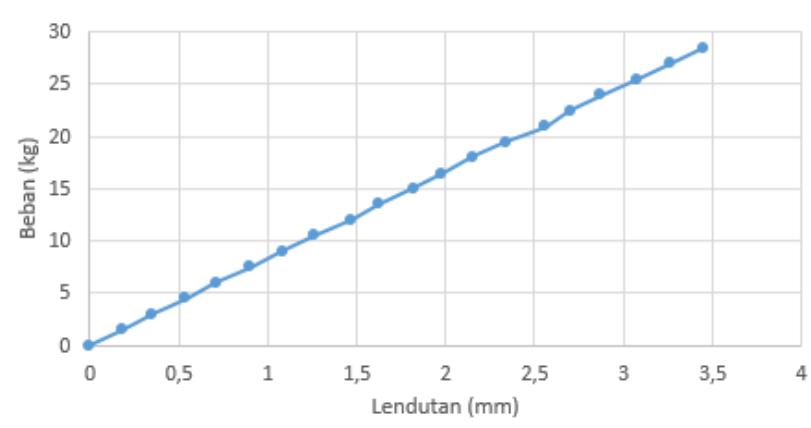
Gambar 4. 32 Grafik Beban-Lendutan Sampel 7(3)

Grafik Benda Uji 8 (1)



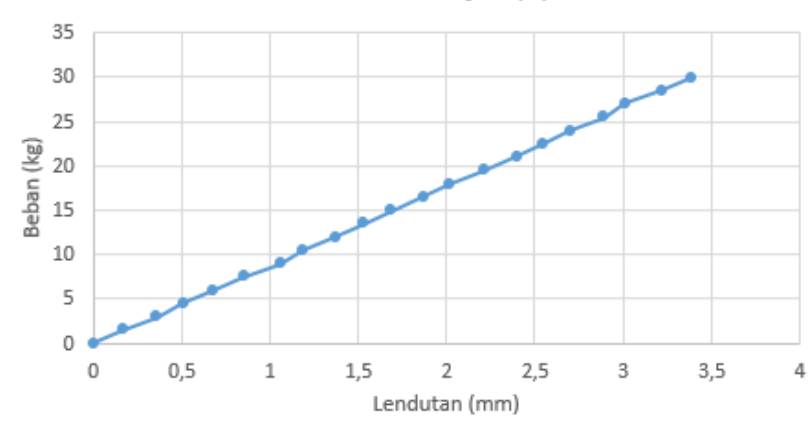
Gambar 4. 33 Grafik Beban-Lendutan Sampel 8(1)

Grafik Benda Uji 8 (2)

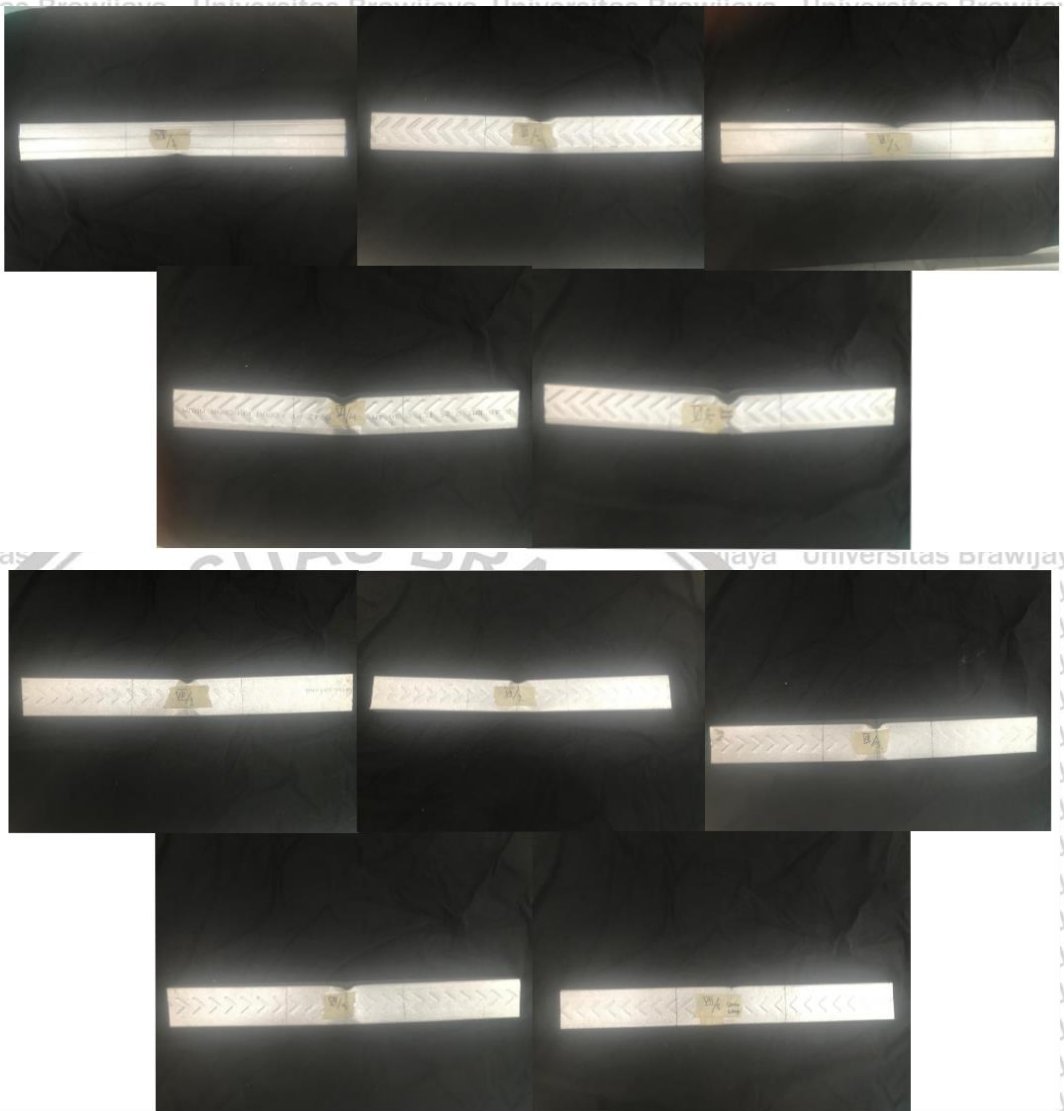


Gambar 4. 34 Grafik Beban-Lendutan Sampel 8(2)

Grafik Benda Uji 8 (3)

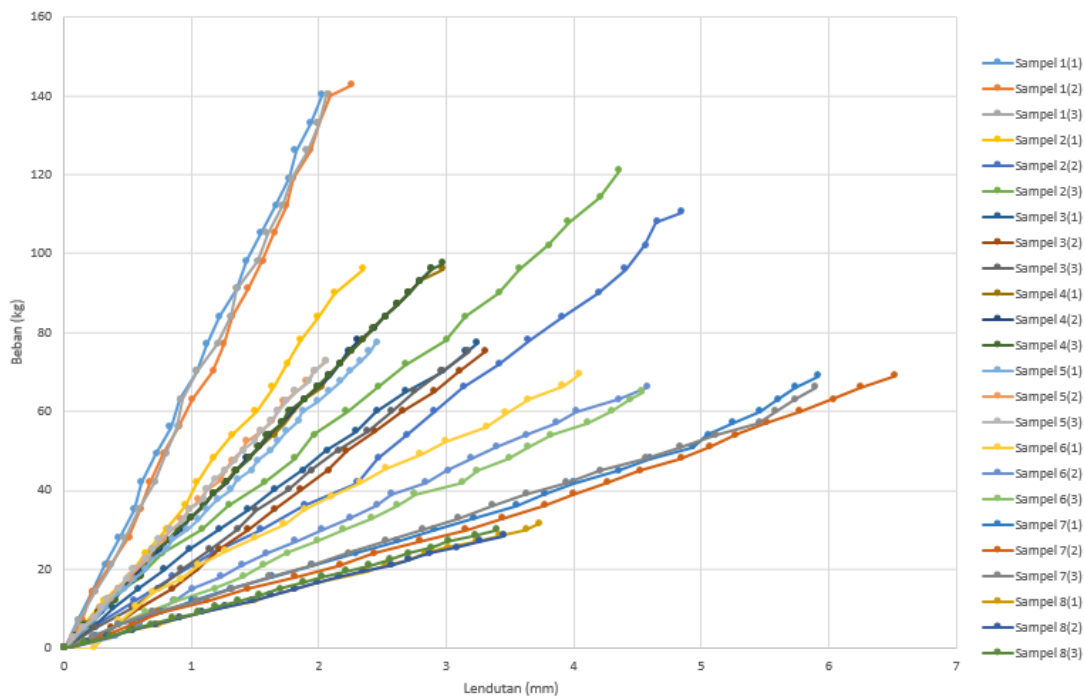


Gambar 4. 35 Grafik Beban-Lendutan Sampel 8(3)



Gambar 4. 36 Model Keruntuhan Hasil Pengujian Lentur

Diagram Beban-Lendutan Gabungan



Gambar 4. 37Grafik Beban-Lendutan Gabungan

Dari hasil percobaan sampel diatas, dapat dilihat bahwa dapat dilihat bahwa pola keruntuhan (berdasarkan grafik) relatif sama, namun yang membedakan adalah, kekuatan serta lendutan yang terjadi. Selain itu juga pada saat pembebanan, lendutan yang terjadi pada tiap interval juga tidak sama untuk semua sampel dikarenakan oleh ukuran sampel yang berbeda. Untuk pola keruntuhan secara visual, polanya relatif sama, yaitu terjadi tekuk lokal, yang menjelaskan bahwa penampang telah mencapai tegangan kritis.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan Pengujian Tarik

Sesuai dengan pengujian yang telah dilakukan terhadap beberapa sampel dengan ukuran yang berbeda, telah didapatkan data pengujian tarik berupa tegangan, regangan, dan keruntuhan secara visual yang disajikan berdasarkan interval beban yang terjadi selama pengujian berlangsung sampai dengan keruntuhan benda uji.

Berikut ini beberapa kesimpulan yang dapat diambil berdasarkan pengujian dan data yang telah dikumpulkan:

1. Dalam pengujian, benda uji mengalami 3 fase sebelum keruntuhan yaitu tahap deformasi elastis, tahap deformasi plastis, dan langsung mengalami keruntuhan.
2. Berdasarkan data pengujian dan perbandingan ukuran, dapat disimpulkan pada pengujian tarik ini bahwa ketebalan benda uji berbanding lurus dengan kekuatan maksimal dalam menahan beban, sebagai contoh benda uji 1 memiliki ketebalan paling besar dibandingkan oleh benda uji lain yaitu sebesar 1,2 mm, memiliki ketahanan terhadap beban maksimal sebesar 17,5 kg. sedangkan benda uji nomor 6 memiliki ketebalan paling kecil yakni sebesar 0,64 mm, memiliki ketahanan terhadap beban maksimal sebesar 4,5 kg.
3. Fase keruntuhan yang terjadi pada keseluruhan sampel relatif sama, yang membedakan hanya beban maksimal yang dapat ditahan, serta besarnya regangan yang terjadi.

5.2 Saran Pengujian Tarik

Dalam pengujian tarik yang dilakukan sudah didapatkan hasil yang diperlukan, namun pengujian tidak terlepas dari beberapa kendala. Untuk menunjang pengujian sejenis berikut adalah beberapa saran terkait dengan pengujian tarik:

1. Dalam melakukan pengujian dibutuhkan beberapa benda uji, karena terjadi banyak sekali kesalahan, baik kesalahan dari alat maupun kesalahan manusia (*human error*).
2. Untuk pengujian tarik menggunakan *Universal Testing Machine*, ada baiknya sampel yang digunakan memiliki ketebalan yang cukup, agar regangan yang terjadi dapat terbaca di monitor.
3. Berdasarkan hasil pengujian tarik yang sudah dilakukan, maka penggunaan plat baja *cold-formed* dapat disesuaikan antara ketebalan baja dengan beban yang direncanakan untuk ditahan.

5.3 Kesimpulan Pengujian Lentur

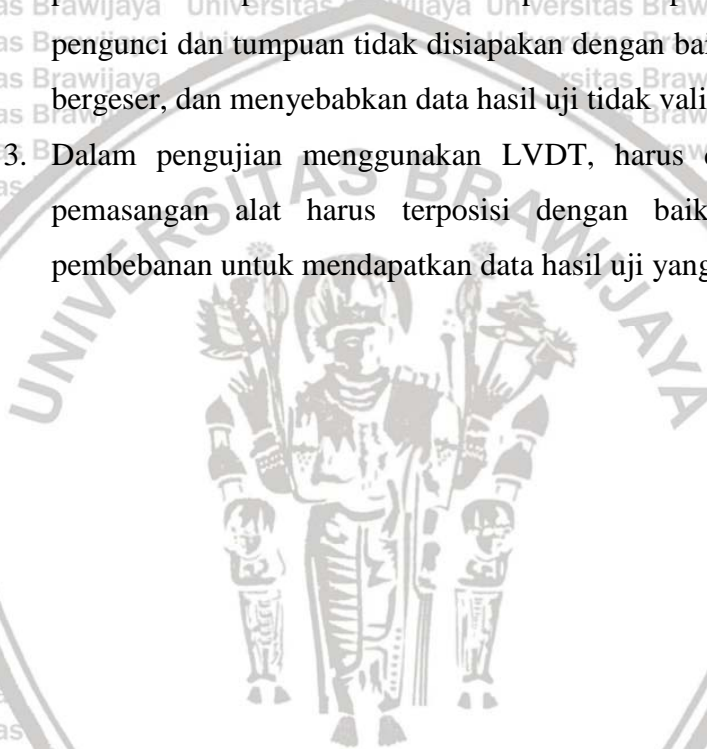
Sama halnya dengan pengujian tarik, telah dilakukan pengujian terhadap beberapa sampel yang berbeda berdasarkan ukuran. Telah didapat data pengujian berupa perbandingan antara beban dan lendutan. Dan berikut adalah kesimpulan yang dapat diambil berdasarkan pengujian lentur:

1. Berdasarkan data hasil pengujian, melihat grafik perbandingan beban dan lendutan, dapat disimpulkan bahwa perilaku kuat lentur dari masing-masing sampel hampir sama. Yang membedakan hanya kekuatannya saja.
2. Dari hasil pengujian, dapat disimpulkan bahwa, kuat lentur profil dipengaruhi oleh ketebalan dan bentuk profil.
3. Benda uji nomor 4 adalah profil hollow berbentuk persegi adalah profil yang mampu menahan beban paling besar disbanding dengan profil hollow lainnya.

5.4 Saran Pengujian Lentur

Dalam pengujian lentur kali ini terjadi beberapa kekurangan yang menyebabkan tidak maksimalnya hasil yang didapatkan. Untuk itu berikut saran yang dapat disampaikan setelah melakukan pengujian:

1. Pengujian harus dilakukan dengan beberapa profil dengan ukuran yang berbeda dan untuk setiap ukuran harus dilakukan dengan beberapa benda uji untuk memaksimalkan data yang didapat.
2. Tumpuan pada *loading frame* harus dipastikan tidak bergerak, dan pengunci profil harus dipastikan kuat dan siap sebelum pengujian. Karena apabila pengunci dan tumpuan tidak disiapkan dengan baik, maka benda uji akan bergeser, dan menyebabkan data hasil uji tidak valid.
3. Dalam pengujian menggunakan LVDT, harus diperhatikan pada saat pemasangan alat harus terposisi dengan baik sejajar dengan titik pembebanan untuk mendapatkan data hasil uji yang akurat.



DAFTAR PUSTAKA

- Wiryanto Dewobroto, dkk., 2006, Evaluasi Kinerja Bangunan Baja Tahan Gempa dengan SAP2000, Jurnal Teknik Sipil, vol 3 no.1
- N Usefi, K Kildashti, H Ronagh, B Samali. Thin-Walled Structures 130, ... Journal of Constructional Steel Research 168, 106000, 2020.
- SNI 03-4154-1996. Metode Pengujian Kuat Lentur Beton dengan Balok Uji Sederhana yang Dibebani Terpusat Langsung. Badan Standarisasi Nasional
- Badan Standarisasi Nasional, (2013), Struktur Baja Canai Dingin SNI 7971:2013 Badan Standarisasi Nasional, Jakarta
- Agus Setiawan, Perencanaan Struktur Baja Dengan Metode LRFD, Jakarta, 2008:18
- Kezia Ruus, dkk., Pengaruh Bentuk Badan Profil Baja Ringan Terhadap Kuat Tekan, Vol.5, Jurnal Sipil Statik, 2017: 23376732
- Gabriela S.S., dkk., Analisis Kuat Lentur Baja Ringan Dengan Variasi Bentuk Sayap dan Badan Penampang, Vol. 7, Jurnal Sipil Statik, 2019 : 1245-1250.
- Andi M.K., dkk., Investigasi Eksperimental Perilaku Profil Baja Ringan Berpenampang Persegi Akibat Interaksi Beban Tekan Memusat dan Momen Lentur, Vol28.1.2013Majalah Metalurgi, 2013: 33-48

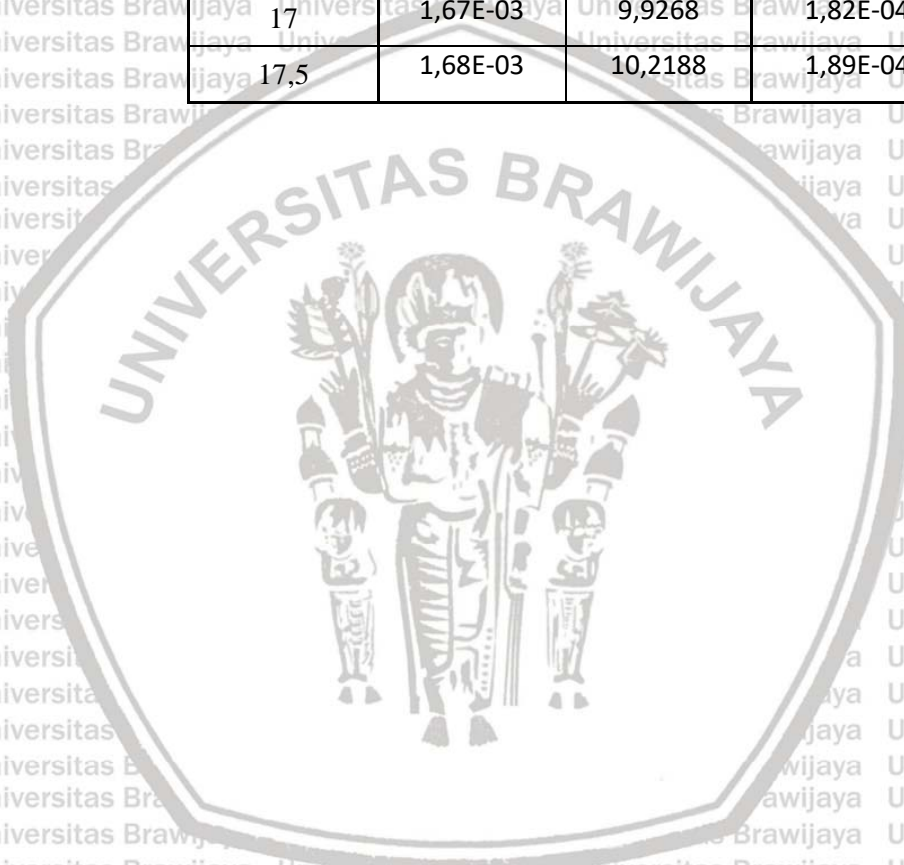
LAMPIRAN

Tabel Hasil Pengujian Tarik Sampel 1

beban (kg)	ΔL	tegangan (MPa)	Regangan (e)
0	1,49E-03	0,0000	0,00E+00
0,5	1,50E-03	0,2920	0,005E-04
1	1,50E-03	0,5839	0,009E-04
1,5	1,50E-03	0,8759	0,12E-04
2	1,51E-03	1,1679	0,17E-04
2,5	1,51E-03	1,4598	0,19E-04
3	1,51E-03	1,7518	0,22E-04
3,5	1,52E-03	2,0438	0,24E-04
4	1,52E-03	2,3357	0,32E-04
4,5	1,53E-03	2,6277	0,39E-04
5	1,54E-03	2,9196	0,50E-04
5,5	1,55E-03	3,2116	0,53E-04
6	1,55E-03	3,5036	0,58E-04
6,5	1,55E-03	3,7955	0,62E-04
7	1,56E-03	4,0875	0,67E-04
7,5	1,56E-03	4,3795	0,69E-04
8	1,56E-03	4,6714	0,71E-04
8,5	1,57E-03	4,9634	0,76E-04
9	1,57E-03	5,2554	0,80E-04
9,5	1,57E-03	5,5473	0,82E-04
10	1,58E-03	5,8393	0,85E-04
10,5	1,58E-03	6,1313	0,90E-04
11	1,60E-03	6,4232	1,09E-04
11,5	1,61E-03	6,7152	1,13E-04
12	1,61E-03	7,0071	1,18E-04
12,5	1,61E-03	7,2991	1,22E-04
13	1,62E-03	7,5911	1,27E-04
13,5	1,62E-03	7,8830	1,31E-04

Tabel Lanjutan Hasil Pengujian Tarik Sampel 1

beban (kg)	ΔL	tegangan (MPa)	Regangan (e)
14	1,64E-03	8,1750	1,45E-04
14,5	1,64E-03	8,4670	1,49E-04
15	1,65E-03	8,7589	1,58E-04
15,5	1,66E-03	9,0509	1,66E-04
16	1,66E-03	9,3429	1,70E-04
16,5	1,67E-03	9,6348	1,75E-04
17	1,67E-03	9,9268	1,82E-04
17,5	1,68E-03	10,2188	1,89E-04



Tabel Hasil Pengujian Tarik sampel 2

beban (kg)	ΔL	tegangan (MPa)	Regangan (e)
0	1,38E-03	0,0000	0,00E+00
0,5	1,38E-03	0,3185	0,002E-04
1	1,40E-03	0,6370	0,17E-04
1,5	1,40E-03	0,9555	0,24E-04
2	1,41E-03	1,2740	0,28E-04
2,5	1,41E-03	1,5925	0,33E-04
3	1,42E-03	1,9110	0,41E-04
3,5	1,42E-03	2,2295	0,46E-04
4	1,43E-03	2,5481	0,50E-04
4,5	1,43E-03	2,8666	0,53E-04
5	1,44E-03	3,1851	0,57E-04
5,5	1,44E-03	3,5036	0,60E-04
6	1,44E-03	3,8221	0,66E-04
6,5	1,45E-03	4,1406	0,72E-04
7	1,46E-03	4,4591	0,78E-04
7,5	1,46E-03	4,7776	0,84E-04
8	1,47E-03	5,0961	0,89E-04
8,5	1,47E-03	5,4146	0,95E-04
9	1,48E-03	5,7331	1,04E-04
9,5	1,49E-03	6,0516	1,11E-04
10	1,49E-03	6,3701	1,15E-04
10,5	1,50E-03	6,6886	1,21E-04
11	1,50E-03	7,0071	1,23E-04
11,5	1,51E-03	7,3256	1,33E-04
12	1,52E-03	7,6442	1,44E-04
12,5	1,53E-03	7,9627	1,51E-04
13	1,54E-03	8,2812	1,60E-04

Tabel Hasil Pengujian Tarik Sampel 3

beban (kg)	ΔL	tegangan (MPa)	Regangan (e)
0	1,32E-03	0,0000	0,00E+00
0,5	1,32E-03	0,3890	0,002E-04
1	1,33E-03	0,7780	0,007E-04
1,5	1,33E-03	1,1669	0,14E-04
2	1,34E-03	1,5559	0,21E-04
2,5	1,35E-03	1,9449	0,25E-04
3	1,35E-03	2,3339	0,29E-04
3,5	1,35E-03	2,7228	0,31E-04
4	1,36E-03	3,1118	0,36E-04
4,5	1,36E-03	3,5008	0,39E-04
5	1,37E-03	3,8898	0,45E-04
5,5	1,37E-03	4,2787	0,48E-04
6	1,37E-03	4,6677	0,50E-04
6,5	1,37E-03	5,0567	0,54E-04
7	1,38E-03	5,4457	0,61E-04
7,5	1,39E-03	5,8347	0,68E-04
8	1,40E-03	6,2236	0,75E-04
8,5	1,42E-03	6,6126	1,01E-04
9	1,43E-03	7,0016	1,10E-04
9,5	1,43E-03	7,3906	1,13E-04
10	1,44E-03	7,7795	1,18E-04
10,5	1,45E-03	8,1685	1,26E-04
11	1,45E-03	8,5575	1,32E-04
11,5	1,46E-03	8,9465	1,37E-04
12	1,47E-03	9,3354	1,46E-04

Tabel Hasil Pengujian Tarik Sampel 4

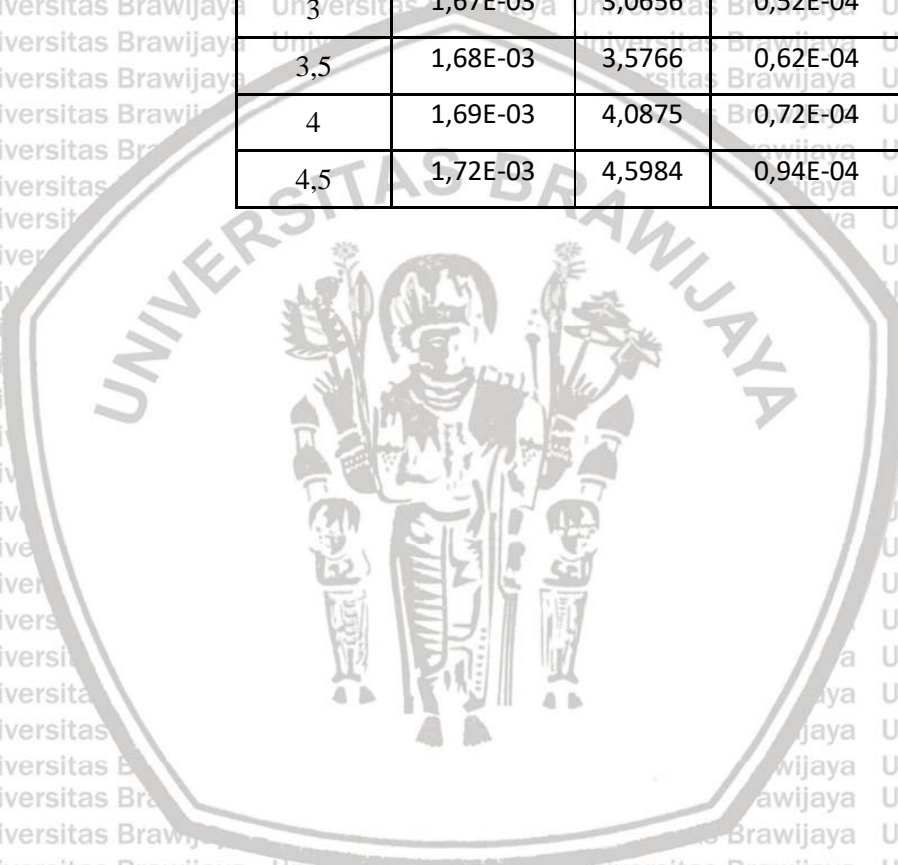
beban (kg)	ΔL	tegangan (MPa)	Regangan (e)
0	1,45E-03	0,0000	0,00E+00
0,5	1,46E-03	0,4716	0,006E-04
1	1,46E-03	0,9433	0,11E-04
1,5	1,47E-03	1,4149	0,17E-04
2	1,47E-03	1,8865	0,20E-04
2,5	1,47E-03	2,3582	0,22E-04
3	1,48E-03	2,8298	0,29E-04
3,5	1,48E-03	3,3014	0,31E-04
4	1,49E-03	3,7731	0,39E-04
4,5	1,49E-03	4,2447	0,41E-04
5	1,50E-03	4,7163	0,44E-04
5,5	1,50E-03	5,1880	0,51E-04
6	1,51E-03	5,6596	0,56E-04
6,5	1,52E-03	6,1313	0,64E-04
7	1,53E-03	6,6029	0,77E-04
7,5	1,53E-03	7,0745	0,81E-04
8	1,54E-03	7,5462	0,93E-04
8,5	1,55E-03	8,0178	0,99E-04

Tabel Hasil Pengujian Tarik Sampel 5

beban (kg)	ΔL	tegangan (Mpa)	Regangan (e)
0	1,49E-03	0,0000	0,00E+00
0,5	1,50E-03	0,4671	0,006E-04
1	1,51E-03	0,9343	0,18E-04
1,5	1,51E-03	1,4014	0,21E-04
2	1,52E-03	1,8686	0,25E-04
2,5	1,52E-03	2,3357	0,32E-04
3	1,53E-03	2,8029	0,32E-04
3,5	1,54E-03	3,2700	0,49E-04
4	1,54E-03	3,7371	0,52E-04
4,5	1,55E-03	4,2043	0,55E-04
5	1,55E-03	4,6714	0,56E-04
5,5	1,57E-03	5,1386	0,82E-04
6	1,58E-03	5,6057	0,92E-04
6,5	1,59E-03	6,0729	0,99E-04
7	1,59E-03	6,5400	1,03E-04
7,5	1,60E-03	7,0071	1,08E-04
8	1,61E-03	7,4743	1,15E-04
8,5	1,62E-03	7,9414	1,29E-04
9	1,62E-03	8,4086	1,33E-04

Tabel Hasil Pengujian Tarik Sampel 6

beban (kg)	ΔL	tegangan (MPa)	Regangan (e)
0	1,62E-03	0,0000	0,00E+00
0,5	1,63E-03	0,5109	0,13E-04
1	1,65E-03	1,0219	0,24E-04
1,5	1,66E-03	1,5328	0,36E-04
2	1,66E-03	2,0438	0,40E-04
2,5	1,67E-03	2,5547	0,48E-04
3	1,67E-03	3,0656	0,52E-04
3,5	1,68E-03	3,5766	0,62E-04
4	1,69E-03	4,0875	0,72E-04
4,5	1,72E-03	4,5984	0,94E-04

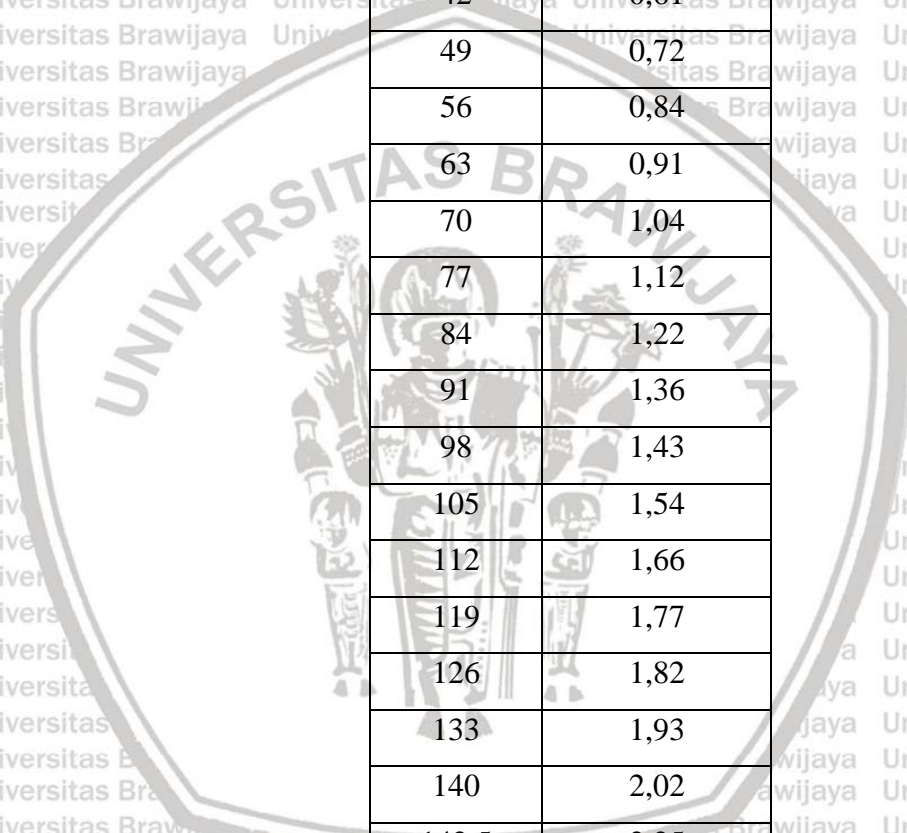


Tabel Hasil Uji Lentur Sampel 1(1)

Beban (kg)	Lendutan (mm)
0	0
7	0,14
14	0,22
21	0,36
28	0,51
35	0,6
42	0,67
49	0,78
56	0,9
63	1,01
70	1,17
77	1,25
84	1,32
91	1,44
98	1,56
105	1,65
112	1,74
119	1,8
126	1,93
133	2
140	2,09

Tabel Hasil Uji Lentur Sampel 1(2)

Beban (kg)	Lendutan (mm)
0	0
7	0,11
14	0,22
21	0,32
28	0,44
35	0,55
42	0,61
49	0,72
56	0,84
63	0,91
70	1,04
77	1,12
84	1,22
91	1,36
98	1,43
105	1,54
112	1,66
119	1,77
126	1,82
133	1,93
140	2,02
142,5	2,25

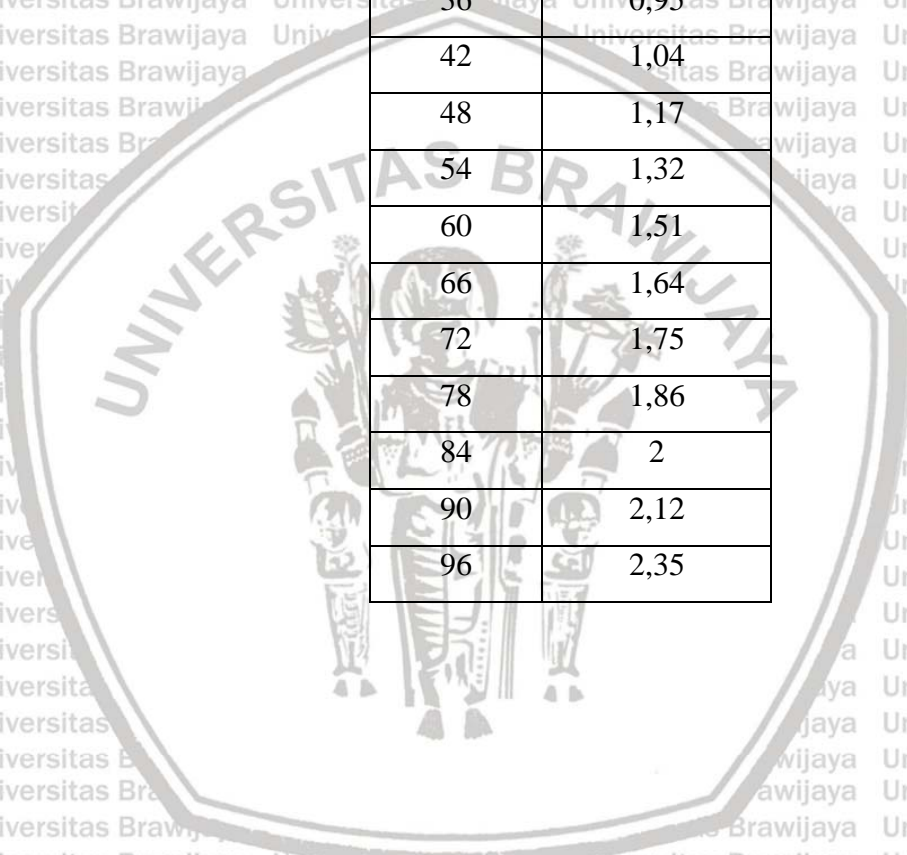


Tabel Hasil Pengujian Lentur Sampel 1(3)

Beban (kg)	Lendutan (mm)
0	0
7	0,12
14	0,24
21	0,37
28	0,48
35	0,58
42	0,71
49	0,8
56	0,89
63	0,93
70	1,04
77	1,2
84	1,31
91	1,35
98	1,52
105	1,6
112	1,71
119	1,79
126	1,91
133	2
140	2,06

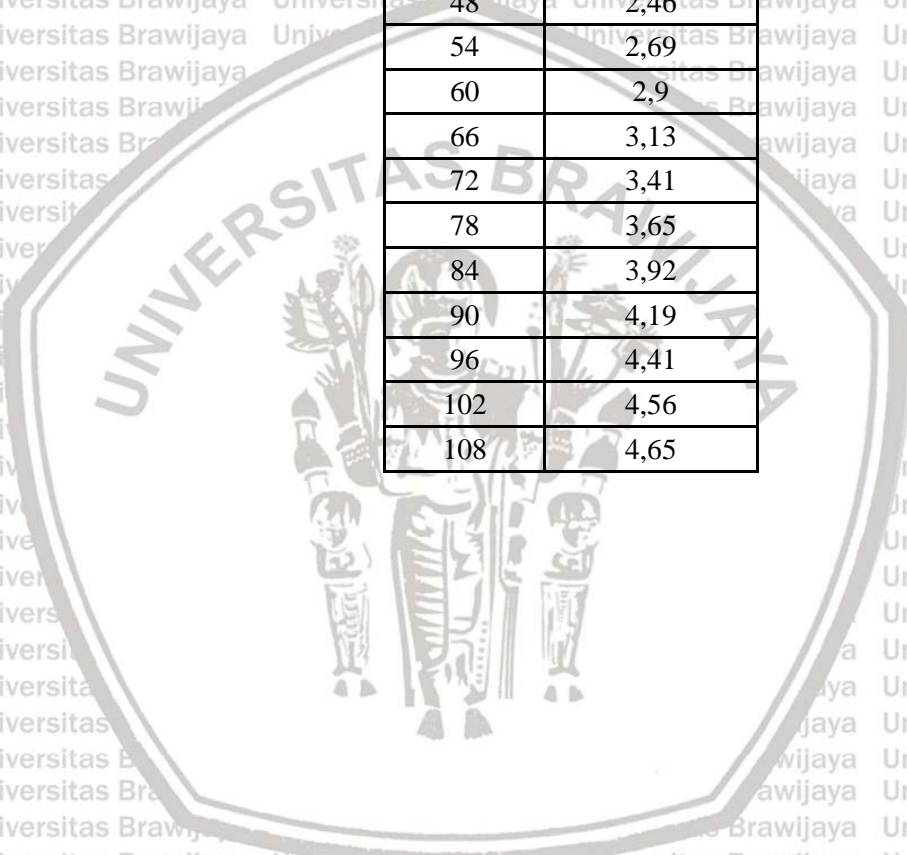
Tabel Hasil Uji Lentur Sampel 2(1)

Beban (kg)	Lendutan (mm)
0	0
6	0,16
12	0,31
18	0,51
24	0,64
30	0,8
36	0,95
42	1,04
48	1,17
54	1,32
60	1,51
66	1,64
72	1,75
78	1,86
84	2
90	2,12
96	2,35



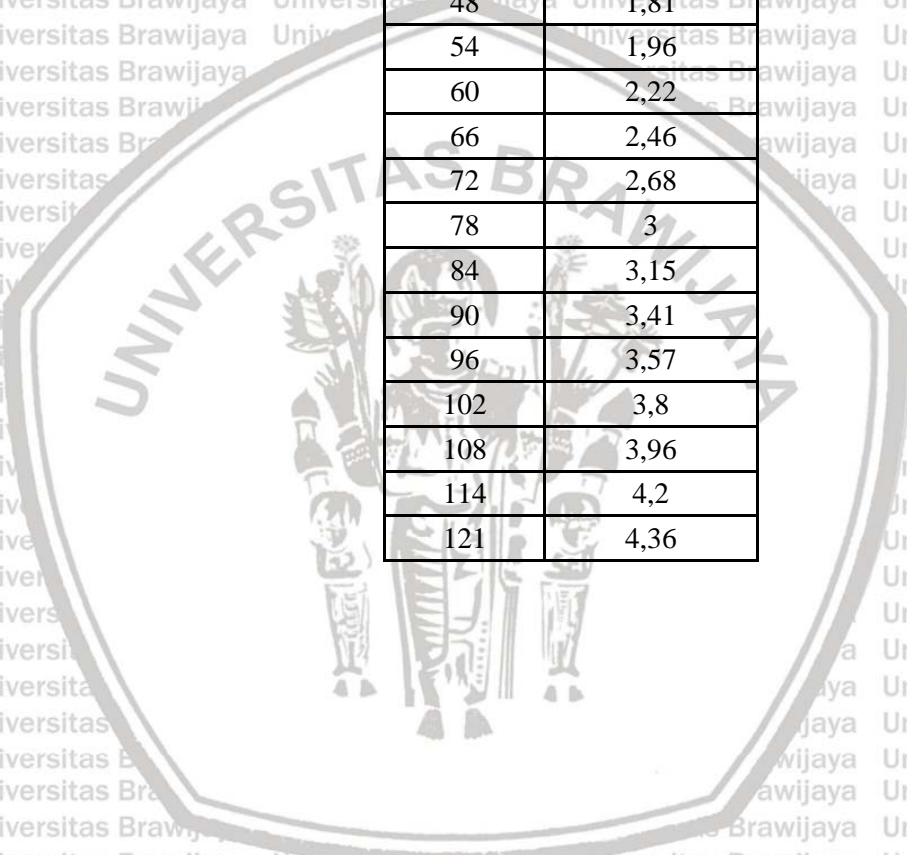
Tabel Hasil Uji Lentur Sampel 2(2)

Beban (kg)	Lendutan (mm)
0	0
6	0,26
12	0,55
18	0,85
24	1,17
30	1,54
36	1,88
42	2,3
48	2,46
54	2,69
60	2,9
66	3,13
72	3,41
78	3,65
84	3,92
90	4,19
96	4,41
102	4,56
108	4,65



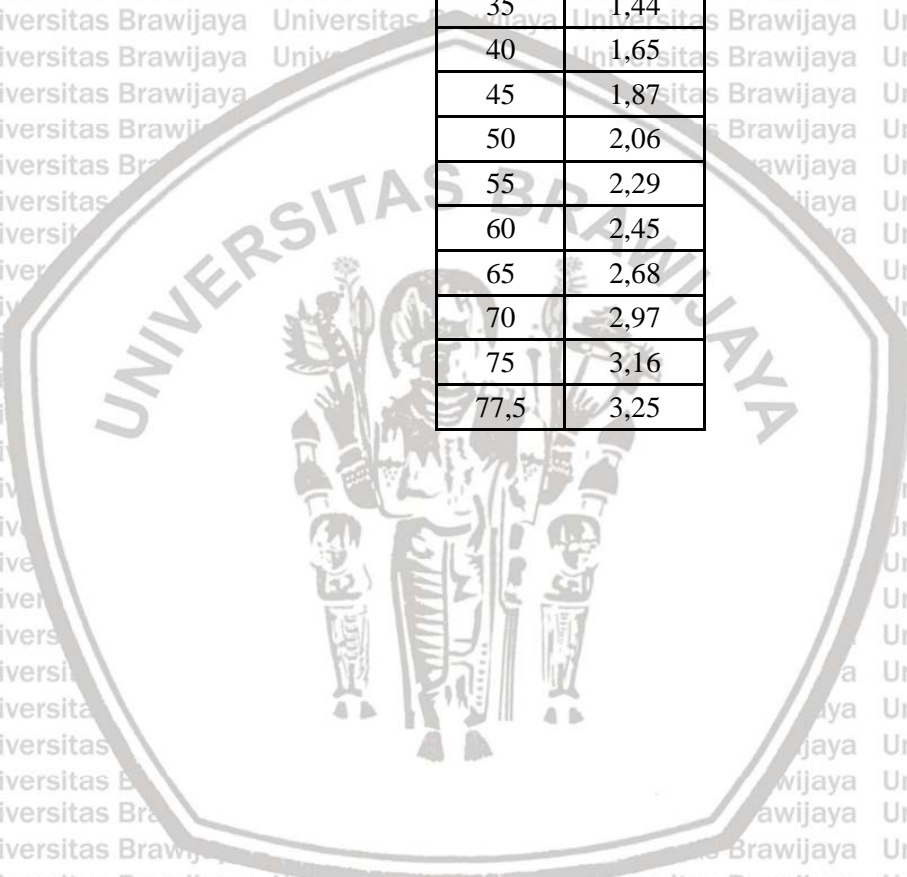
Tabel Hasil Uji Lentur Sampel 2(3)

Beban (kg)	Lendutan (mm)
0	0
6	0,21
12	0,36
18	0,58
24	0,77
30	1,08
36	1,29
42	1,57
48	1,81
54	1,96
60	2,22
66	2,46
72	2,68
78	3
84	3,15
90	3,41
96	3,57
102	3,8
108	3,96
114	4,2
121	4,36



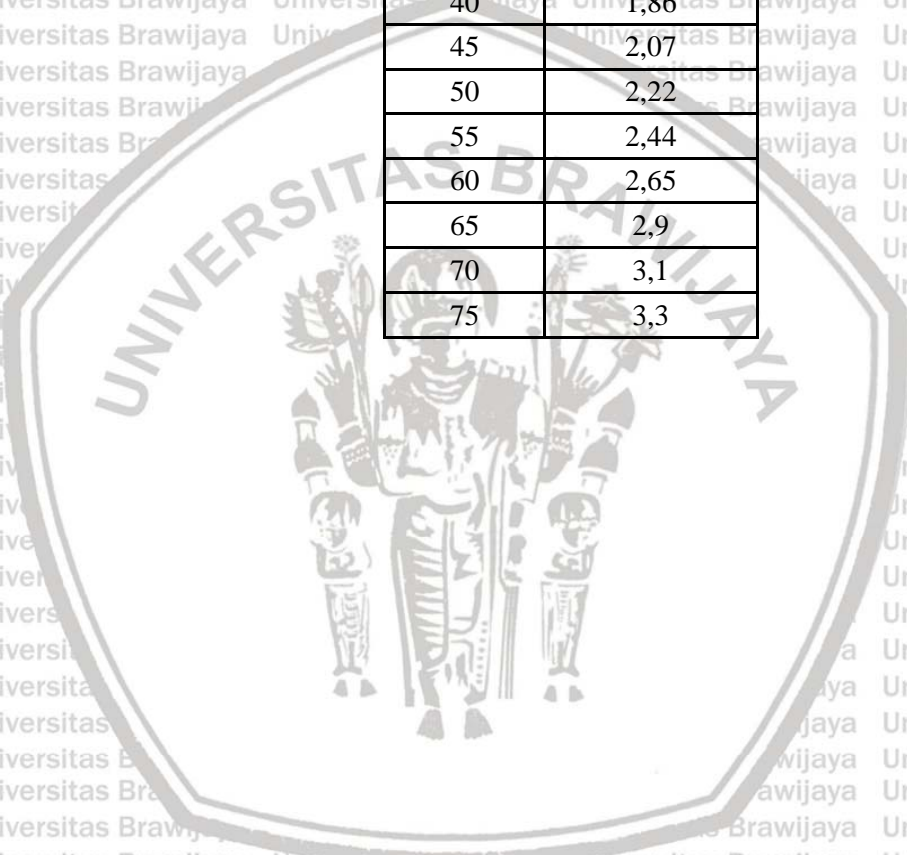
Tabel Hasil Uji Lentur Sampel 3(1)

Beban (kg)	Lendutan (mm)
0	0
5	0,22
10	0,38
15	0,58
20	0,79
25	0,98
30	1,21
35	1,44
40	1,65
45	1,87
50	2,06
55	2,29
60	2,45
65	2,68
70	2,97
75	3,16
77,5	3,25



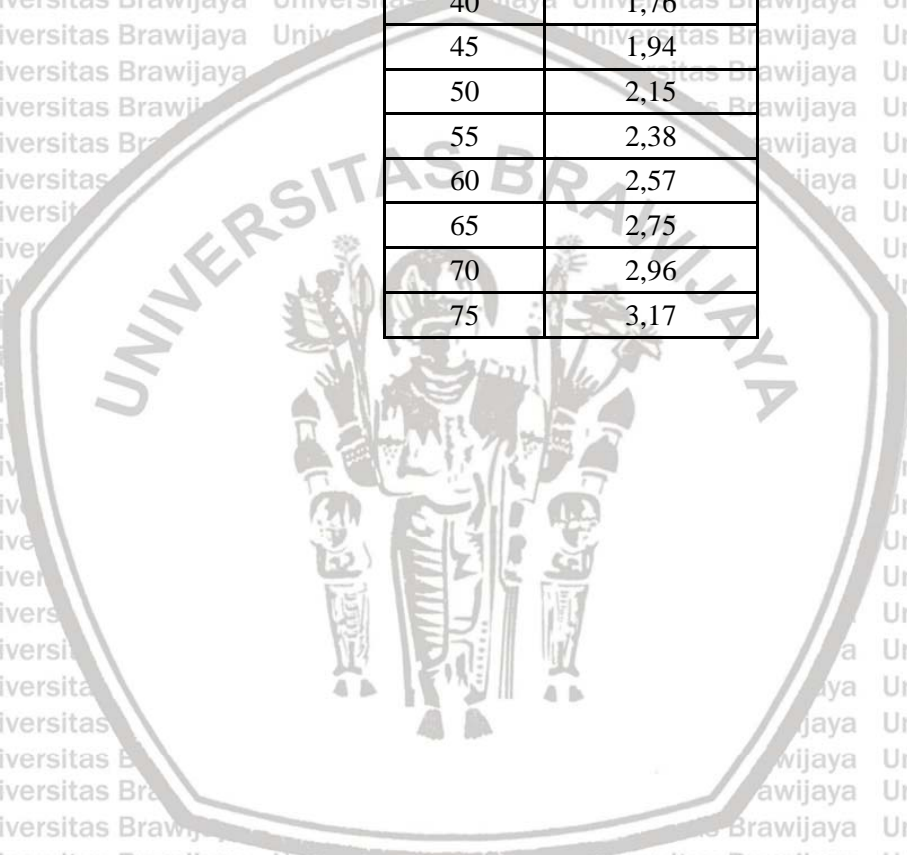
Tabel Hasil Uji Lentur Sampel 3(2)

Beban (kg)	Lendutan (mm)
0	0
5	0,37
10	0,59
15	0,85
20	1,04
25	1,21
30	1,44
35	1,65
40	1,86
45	2,07
50	2,22
55	2,44
60	2,65
65	2,9
70	3,1
75	3,3



Tabel Hasil Uji Lentur Sampel 3(3)

Beban (kg)	Lendutan (mm)
0	0
5	0,24
10	0,53
15	0,74
20	0,92
25	1,14
30	1,36
35	1,51
40	1,76
45	1,94
50	2,15
55	2,38
60	2,57
65	2,75
70	2,96
75	3,17



Tabel Hasil Uji Lentur Sampel 4(1)

Beban (kg)	Lendutan (mm)
0	0
3	0,09
6	0,21
9	0,27
12	0,36
15	0,45
18	0,54
21	0,63
24	0,72
27	0,81
30	0,9
33	0,99
36	1,1
39	1,17
42	1,26
45	1,34
48	1,44
51	1,53
54	1,65
57	1,73
60	1,8
63	1,89
66	2,02
69	2,07
72	2,16
75	2,25
78	2,34
81	2,43
84	2,52
87	2,61
90	2,7
93	2,79
96	2,97

Tabel Hasil Uji Lentur Sampel 4(2)

Beban (kg)	Lendutan (mm)
0	0
3	0,09
6	0,19
9	0,3
12	0,38
15	0,45
18	0,54
21	0,63
24	0,74
27	0,81
30	0,92
33	0,99
36	1,1
39	1,17
42	1,28
45	1,35
48	1,43
51	1,53
54	1,61
57	1,71
60	1,79
63	1,88
66	1,99
69	2,09
72	2,16
75	2,23
78	2,31
81	2,43
84	2,52
87	2,61
90	2,7
93	2,79
96	2,88

Tabel Hasil Uji Lentur Sampel 4(3)

Beban (kg)	Lendutan (mm)
0	0
3	0,09
6	0,17
9	0,27
12	0,40
15	0,45
18	0,61
21	0,63
24	0,69
27	0,81
30	0,89
33	0,99
36	1,09
39	1,17
42	1,26
45	1,35
48	1,45
51	1,52
54	1,60
57	1,71
60	1,76
63	1,89
66	1,98
69	2,07
72	2,16
75	2,25
78	2,34
81	2,42
84	2,52
87	2,61
90	2,70
93	2,79
96	2,88
97,5	2,97

Tabel Hasil Uji Lentur Sampel 5(1)

Beban (kg)	Lendutan (mm)
0	0
2,5	0,08
5	0,16
7,5	0,25
10	0,32
12,5	0,37
15	0,48
17,5	0,55
20	0,64
22,5	0,67
25	0,8
27,5	0,85
30	0,96
32,5	1,05
35	1,12
37,5	1,2
40	1,31
42,5	1,36
45	1,47
47,5	1,52
50	1,62
52,5	1,68
55	1,74
57,5	1,84
60	1,87
62,5	1,99
65	2,08
67,5	2,17
70	2,24
72,5	2,32
75	2,4
77,5	2,45

Tabel Hasil Uji Lentur sampel 5(2)

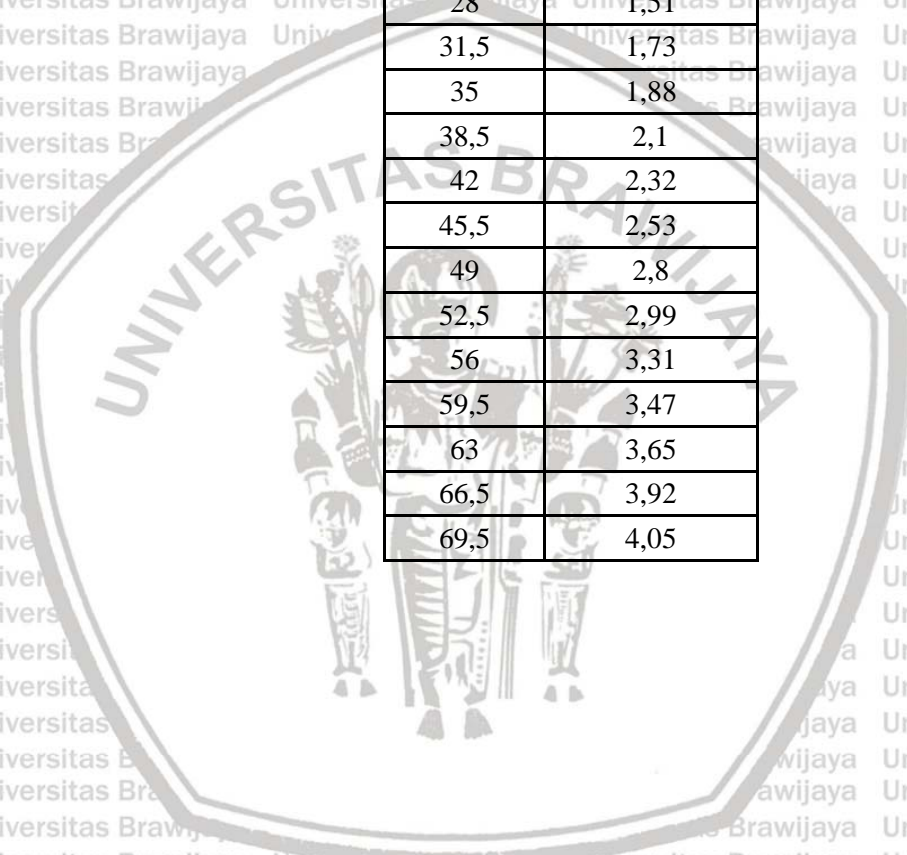
Beban (kg)	Lendutan (mm)
0	0
2,5	0,07
5	0,14
7,5	0,23
10	0,28
12,5	0,36
15	0,42
17,5	0,51
20	0,56
22,5	0,65
25	0,70
27,5	0,78
30	0,84
32,5	0,93
35	0,98
37,5	1,06
40	1,12
42,5	1,23
45	1,26
47,5	1,32
50	1,40
52,5	1,43
55	1,54
57,5	1,63
60	1,68
62,5	1,72
65	1,82
67,5	1,91
70	1,96
72,5	2,05

Tabel Hasil Uji Lentur Sampel 5(3)

Beban (kg)	Lendutan (mm)
0	0
2,5	0,07
5	0,14
7,5	0,23
10	0,29
12,5	0,35
15	0,44
17,5	0,49
20	0,54
22,5	0,63
25	0,70
27,5	0,75
30	0,84
32,5	0,94
35	0,98
37,5	1,09
40	1,12
42,5	1,18
45	1,26
47,5	1,34
50	1,40
52,5	1,49
55	1,54
57,5	1,62
60	1,68
62,5	1,74
65	1,82
67,5	1,92
70	1,96
72,5	2,05

Tabel Hasil Uji Lentur Sampel 6(1)

Beban (kg)	Lendutan (mm)
0	0
3,5	0,23
7	0,44
10,5	0,57
14	0,7
17,5	0,92
21	1,05
24,5	1,26
28	1,51
31,5	1,73
35	1,88
38,5	2,1
42	2,32
45,5	2,53
49	2,8
52,5	2,99
56	3,31
59,5	3,47
63	3,65
66,5	3,92
69,5	4,05

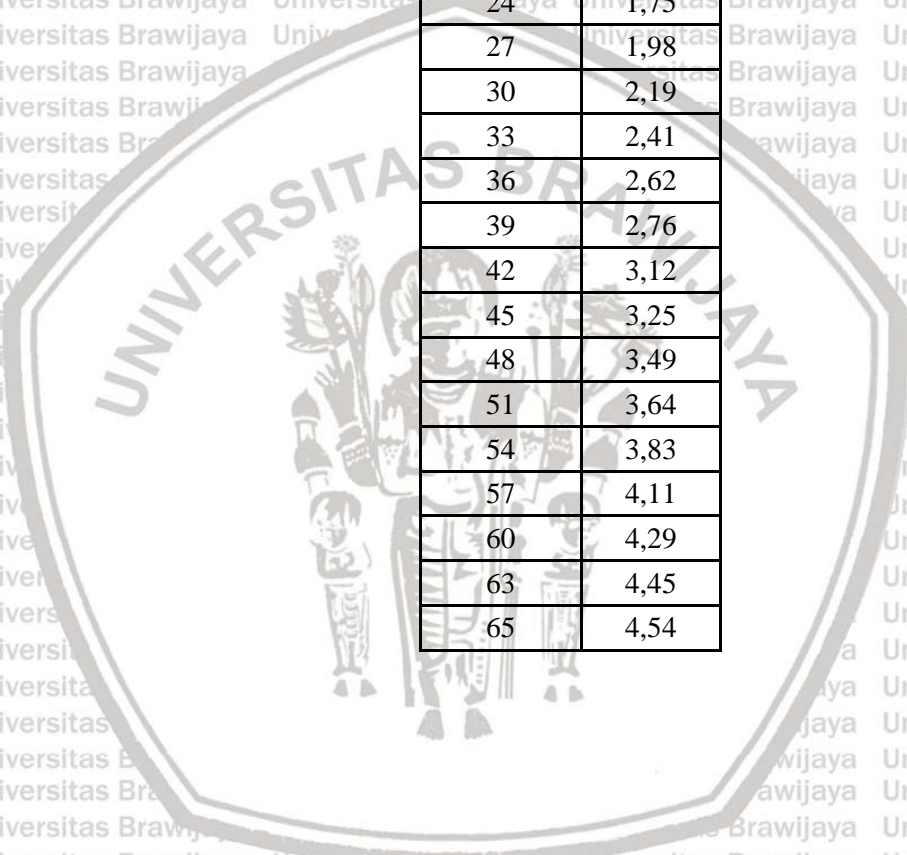


Tabel Hasil Uji Sampel 6(2)

Beban (kg)	Lendutan (mm)
0	0
3	0,4
6	0,59
9	0,7
12	0,86
15	1,01
18	1,23
21	1,39
24	1,6
27	1,82
30	2,02
33	2,24
36	2,45
39	2,57
42	2,84
45	3,01
48	3,2
51	3,39
54	3,63
57	3,86
60	4,02
63	4,36
66	4,57

Tabel Hasil Uji Sampel 6(3)

Beban (kg)	Lendutan
0	0
3	0,25
6	0,43
9	0,64
12	0,87
15	1,18
18	1,4
21	1,56
24	1,75
27	1,98
30	2,19
33	2,41
36	2,62
39	2,76
42	3,12
45	3,25
48	3,49
51	3,64
54	3,83
57	4,11
60	4,29
63	4,45
65	4,54

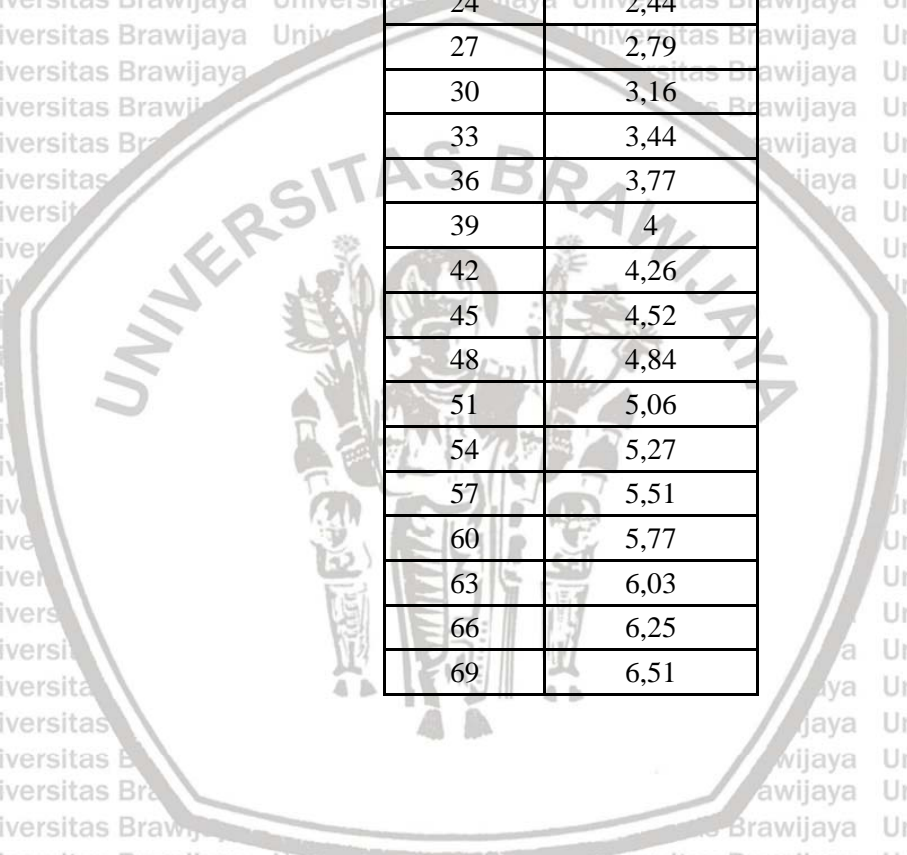


Tabel Hasil Uji Sampel 7(1)

Beban (kg)	Lendutan (mm)
0	0
3	0,26
6	0,44
9	0,76
12	1
15	1,31
18	1,63
21	1,95
24	2,29
27	2,62
30	2,9
33	3,21
36	3,55
39	3,77
42	4,01
45	4,36
48	4,6
51	4,94
54	5,05
57	5,25
60	5,46
63	5,61
66	5,74
69	5,92

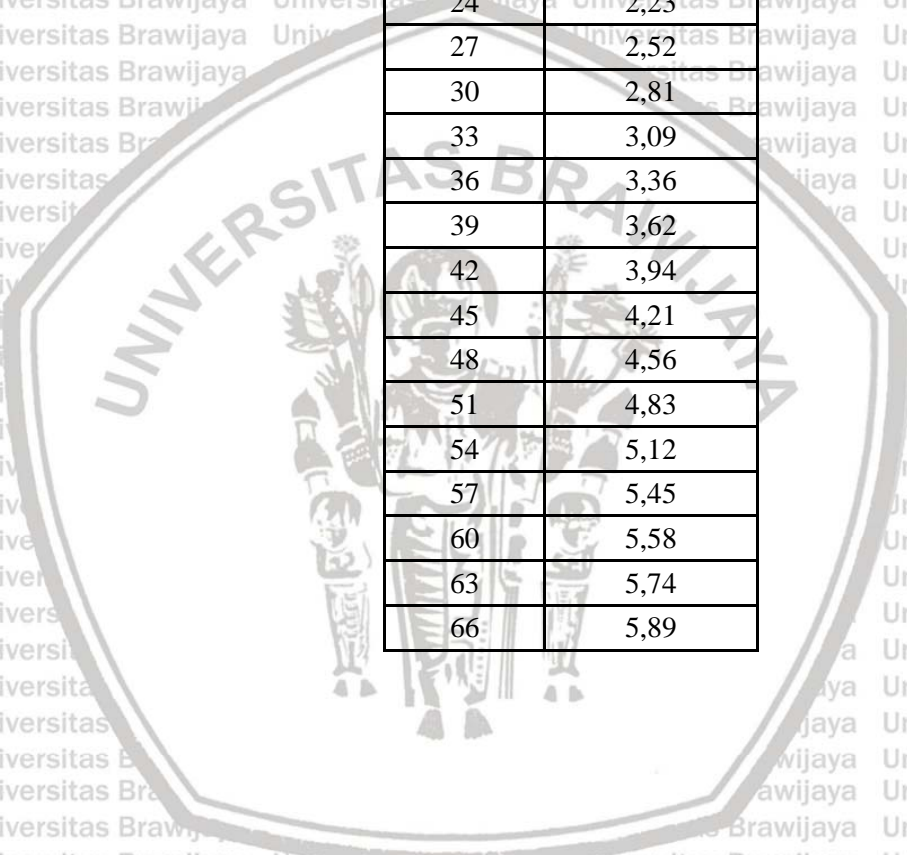
Tabel Hasil Uji Lentur Sampel 7(2)

Beban (kg)	Lendutan (mm)
0	0
3	0,29
6	0,54
9	0,75
12	1,12
15	1,44
18	1,82
21	2,16
24	2,44
27	2,79
30	3,16
33	3,44
36	3,77
39	4
42	4,26
45	4,52
48	4,84
51	5,06
54	5,27
57	5,51
60	5,77
63	6,03
66	6,25
69	6,51



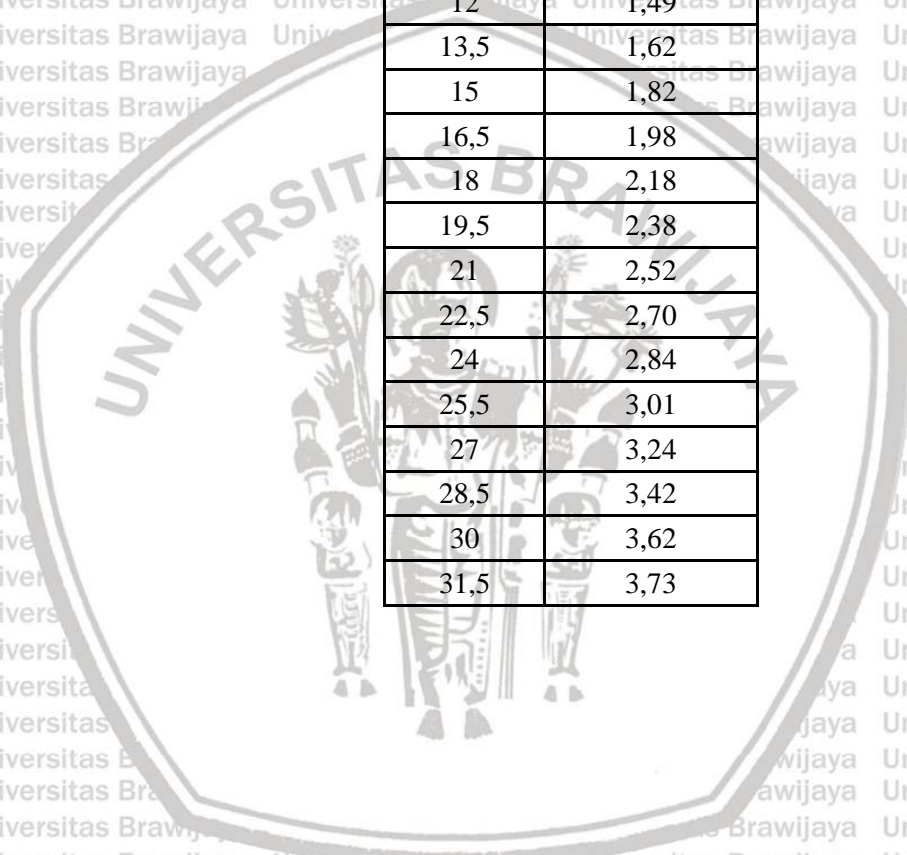
Tabel Hasil Uji Lentur Sampel 7(3)

Beban (kg)	Lendutan (mm)
0	0
3	0,22
6	0,44
9	0,69
12	1,04
15	1,32
18	1,61
21	1,94
24	2,23
27	2,52
30	2,81
33	3,09
36	3,36
39	3,62
42	3,94
45	4,21
48	4,56
51	4,83
54	5,12
57	5,45
60	5,58
63	5,74
66	5,89



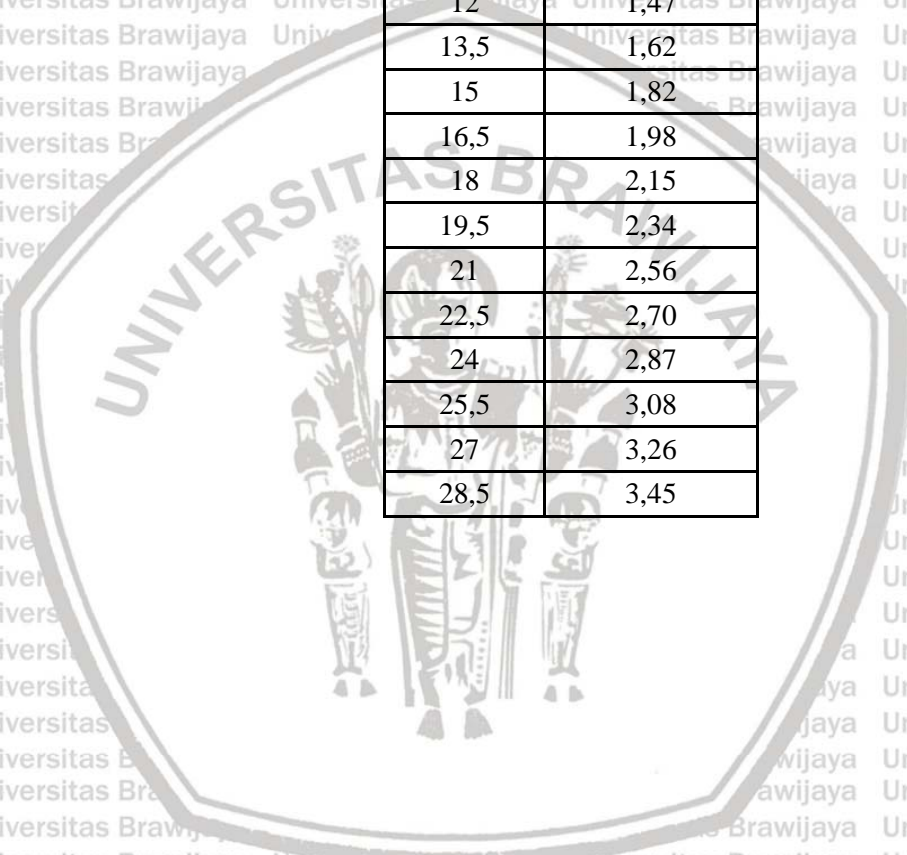
Tabel Hasil Uji Lentur Sampel 8(1)

Beban (kg)	Lendutan (mm)
0	0
1,5	0,18
3	0,34
4,5	0,54
6	0,75
7,5	0,90
9	1,07
10,5	1,26
12	1,49
13,5	1,62
15	1,82
16,5	1,98
18	2,18
19,5	2,38
21	2,52
22,5	2,70
24	2,84
25,5	3,01
27	3,24
28,5	3,42
30	3,62
31,5	3,73



Tabel Hasil Uji Lentur Sampel 8(2)

Beban (kg)	Lendutan (mm)
0	0
1,5	0,18
3	0,35
4,5	0,54
6	0,71
7,5	0,90
9	1,08
10,5	1,26
12	1,47
13,5	1,62
15	1,82
16,5	1,98
18	2,15
19,5	2,34
21	2,56
22,5	2,70
24	2,87
25,5	3,08
27	3,26
28,5	3,45



Tabel Hasil Uji Lentur Sampel 8(3)

Beban (kg)	Lendutan (mm)
0	0
1,5	0,17
3	0,36
4,5	0,51
6	0,68
7,5	0,85
9	1,06
10,5	1,19
12	1,37
13,5	1,53
15	1,69
16,5	1,87
18	2,02
19,5	2,21
21	2,40
22,5	2,55
24	2,70
25,5	2,89
27	3,01
28,5	3,22
30	3,39

