

TUGAS AKHIR

**PENGUJIAN STRUKTUR RANGKA KUDA-KUDA
BERBAHAN DASAR PIPA PVC UNTUK HUNIAN
SEMENTARA (HUNTARA)
(*STRUCTURE TESTING OF TRUSS FRAME USING
PVC PIPE FOR TEMPORARY SHELTER*)**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Teknik Sipil**



**RIF'AT SYAUQI HAZAIRIN
19511109**

**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2024**

TUGAS AKHIR

**PENGUJIAN STRUKTUR RANGKA KUDA-KUDA
BERBAHAN DASAR PIPA PVC UNTUK HUNIAN
SEMENTARA (HUNTARA)
(*STRUCTURE TESTING OF TRUSS FRAME USING
PVC PIPE FOR TEMPORARY SHELTER*)**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Teknik Sipil**



**RIF'AT SYAUQI HAZAIRIN
19511109**

Disetujui :

Pembimbing



Mochammad Teguh, Prof. Ir., MSCE., Ph. D.

Tanggal : 27-02-2024

TUGAS AKHIR

**PENGUJIAN STRUKTUR RANGKA KUDA-KUDA
BERBAHAN DASAR PIPA PVC UNTUK HUNIAN
SEMENTARA (HUNTARA)
(STRUCTURE TESTING OF TRUSS FRAME USING
PVC PIPE FOR TEMPORARY SHELTER)**

Disusun Oleh

RIF'AT SYAUQI HAZAIRIN
19511109

Telah diterima sebagai salah satu persyaratan
Untuk memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil

Diuji pada tanggal 16 Februari 2024
Oleh Dewan Penguji

Pembimbing

27/2/2024

Mochamad Teguh, Prof. Ir., MSCE., Ph.D.
NIK : 855110201

Penguji I

27-02-24

Astriana Hardawati S.T., M.Eng.
NIK : 165111301

Penguji II

Anggit Mas Arifudin S.T., M.T.
NIK : 185111304

Mengesahkan,
Ketua Prodi Teknik Sipil



Ir. Yunalia Muntafi S.T., M.T., Ph.D.
NIK : 095110101

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa laporan Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat untuk memenuhi salah satu prasyarat pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia seluruhnya merupakan hasil karya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan laporan Tugas Akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan dalam sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan karya ilmiah. Apabila di kemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian laporan Tugas Akhir ini bukan hasil karya sendiri atau adanya plagiasi dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi, termasuk pencabutan gelar akademik yang saya sandang sesuai dengan perundang-undangan yang berlaku.

Yogyakarta, 16 Februari 2024

Yang membuat pernyataan,



RIF'AT SYAUQI HAZAIRIN

(19511109)

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahiim

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Alhamdulillah rabbil'alamiin, segala puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga Tugas Akhir yang berjudul "Pengujian Struktur Rangka Kuda-Kuda Berbahan Dasar Pipa PVC untuk Hunian Sementara (HUNTARA)" dapat terselesaikan. Tugas Akhir merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan studi jenjang Strata Satu (S1) di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Selama proses menyusun dan menyelesaikan laporan ini, banyak hambatan yang dihadapi, namun berkat saran, kritik, serta dorongan semangat dari berbagai pihak, Tugas Akhir ini dapat diselesaikan. Terimakasih yang sedalam-dalamnya diberikan kepada :

1. Bapak Prof. Ir. Mochamad Teguh, MSCE., Ph.D. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, nasihat, saran, serta memberikan banyak pelajaran dan kesempatan untuk berbagi ilmu dengan saya.
2. Ibu Astriana Hardawati S.T., M.Eng. selaku Dosen Penguji I dan Bapak Anggit Mas Arifudin S.T., M.T. selaku Dosen Penguji II.
3. Mas Zakki, Mas Amirul Yachya, Mas Aji, dan Pak Hari selaku Laboran di Laboratorium Mekanika dan Rekayasa Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia yang telah membantu selama penelitian ini berlangsung
4. Bapak Sugeng Heriyanto dan Ibu Agustina Baroroh selaku orang tua penulis yang selalu memberikan dukungan baik secara material maupun secara spiritual hingga terselesaikannya Tugas Akhir ini.
5. Luzmana Lashifa, adik penulis yang senantiasa memberikan dukungan moril kepada saya.

6. Alvyna Kartika Khairunisa, yang telah menemani serta selalu memberikan doa dan semangat dalam rangkaian penyelesaian Tugas Akhir ini.
7. Raihan Prasetyawan A., Hasnaa Anggia A., Whisnu Wikan W. M., dan Haris Dwi N. teman-teman seperjuangan kuliah “Nomad” yang menemani saya.
8. Keluarga besar Paduan Suara Mahasiswa Miracle Voices yang selalu membuat penulis bahagia.
9. Semua pihak dan orang terdekat lain yang telah membantu proses penyusunan Tugas Akhir ini.

Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna. Kritik dan saran yang diberikan akan sangat membantu untuk kedepannya. Semoga Allah *Subhanahu wa ta'ala* selalu melimpahkan rezekinya dan harapannya Tugas Akhir ini dapat menjadi manfaat bagi siapapun yang membacanya.

Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Yogyakarta, 16 Februari 2024

Penulis,



RIF'AT SYAUQI HAZAIRIN

(19511109)

DAFTAR ISI

JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xv
ABSTRAK	xvi
<i>ABSTRACT</i>	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Tinjauan Umum	6
2.2 Penelitian Terdahulu	6
2.3 Keaslian Penelitian	17
BAB III LANDASAN TEORI	18
3.1 Struktur Rangka Atap	18
3.1.1 Material Rangka Atap	18
3.1.2 Kemampuan SAP 2000	19
3.2 Pipa PVC	21

3.2.1 Sifat Material	22
3.2.2 Jenis Pipa PVC	25
3.3 Kuat Tekan	26
3.4 Kuat Lentur	28
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN	29
4.1 Umum	29
4.2 Variabel Penelitian	30
4.3 Bahan-bahan	30
4.4 Peralatan Inti	31
4.5 Ragam Benda Uji	34
4.6 Pelaksanaan Penelitian	36
4.6.1 Persiapan	36
4.6.2 Pembuatan dan Perakitan Benda Uji	37
4.6.3 Pengujian Benda Uji	37
4.6.6 Pengolahan Data	47
4.6.7 Analisis Data	48
4.6.8 <i>Flowchart</i>	48
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN	50
5.1 Pendahuluan	50
5.2 Pengujian Laboratorium	50
5.2.1 Pengujian Tekan Pipa PVC	50
5.2.2 Uji Lentur	55
5.3 Uji Kuda-Kuda Laboratorium	64
5.3.1 Sampel Pengujian	65
5.3.2 Data Hasil Pengujian	67

5.3.3 Rekapitulasi Hasil Pengujian	72
5.4 Analisis Numerik Struktur Rangka Kuda-Kuda	73
5.4.1 Permodelan Struktur Rangka Kuda-Kuda	73
5.4.2 Mekanisme Pembebanan	74
5.4.4 Analisis Data	75
5.4.5 Pembahasan Hasil Analisis	79
5.5 Komparasi Pengujian Laboratorium dengan Analisis SAP 2000	80
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	82
6.1 Kesimpulan	82
6.2 Saran	83
DAFTAR PUSTAKA	85
LAMPIRAN	87

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kondisi Pipa Merk W Setelah Uji Lentur	7
Gambar 2.2 Kondisi Pipa Tanpa Merk Setelah Uji Lentur	7
Gambar 2.3 Kondisi Pipa Merk M Setelah Uji Tekan	8
Gambar 2.4 Hunian Sementara Korban Gempa Lombok	9
Gambar 2. 5 <i>Fink Truss</i>	9
Gambar 2. 6 <i>Fan Truss</i>	9
Gambar 2. 7 <i>Pratt Truss</i>	10
Gambar 2. 8 <i>Howe Truss</i>	10
Gambar 3. 1 Struktur Rangka Atap	19
Gambar 3. 2 Jenis Material Pada SAP 2000	20
Gambar 3. 3 Diagram Momen SAP 2000	20
Gambar 3. 4 Diagram Normal SAP 2000	21
Gambar 3. 5 <i>Displacement</i> Pada SAP 2000	21
Gambar 3.6 Sketsa Uji Tekan	27
Gambar 3. 7 Sketsa Uji Lentur	28
Gambar 4. 1 Desain Struktur Hunian Sementara	29
Gambar 4. 2 Denah Hunian Sementara	30
Gambar 4. 3 Pipa PVC	30
Gambar 4. 4 Lem Pipa	31
Gambar 4. 5 Neraca Ohaus	31
Gambar 4. 6 Alat Mesin Potong	32
Gambar 4. 7 Hydraulic Jack	32
Gambar 4. 8 <i>Waterpass</i>	33
Gambar 4. 9 <i>Load Cell</i>	33
Gambar 4. 10 <i>LVDT</i>	33
Gambar 4. 12 <i>Loading Frame</i>	34
Gambar 4. 13 Sampel Pengujian Elemen	35
Gambar 4. 14 Permodelan Rangka Atap 1	35
Gambar 4.15 Permodelan Rangka Atap 2	36

Gambar 4.16 Setting Pengujian Tekan	38
Gambar 4.17 Setting Pengujian Lentur	39
Gambar 4.18 Prakitan Benda Uji Kuda-Kuda Model 1	40
Gambar 4.19 Perakitan Benda Uji Kuda-Kuda Model 2	41
Gambar 4.20 Hasil Perakitan Kuda-Kuda Model 1	41
Gambar 4.21 Hasil Perakitan Kuda-Kuda Model 2	42
Gambar 4.22 <i>Input</i> Data Propertis Pipa PVC	43
Gambar 4. 23 <i>Input</i> Data Ukuran dan Ketebalan Pipa PVC	43
Gambar 4. 24 Data <i>Load Pattern</i> untuk Analisis	44
Gambar 4. 25 Kombinasi Beban Struktur dan Beban Yang Ditinjau	44
Gambar 4. 26 Hasil Permodelan Kuda-Kuda 1	45
Gambar 4. 27 Hasil Permodelan Kuda-Kuda 2	45
Gambar 4. 28 Titik Beban dan Beban yang Telah Di <i>Input</i>	46
Gambar 4. 29 Permodelan SAP 2000 Kuda-Kuda Model 1	47
Gambar 4. 30 Permodelan SAP 2000 Kuda-Kuda Model 2	47
Gambar 4.31 Flowchart Penelitian	48
Gambar 5. 1 Sampel Pengujian Tekan	50
Gambar 5. 2 Pemasangan Akrilik Pada Sampel Pipa	51
Gambar 5. 3 Grafik Hubungan Beban dan Displacement pada CH 1 Sampel 1	52
Gambar 5. 4 Kondisi Sampel 1 Setelah Dilakukan Uji Tekan	53
Gambar 5. 5 Grafik Hubungan Beban dan Displacement pada CH 1 Sampel 2	53
Gambar 5. 6 Kondisi Sampel 2 Setelah Dilakukan Uji Tekan	54
Gambar 5. 7 Perbandingan Nilai Kuat Tekan Maksimum Sampel 1 dan Sampel 2	54
Gambar 5. 8 Sket Pengujian Lentur Pipa	55
Gambar 5. 9 Sampel Pengujian Lentur	56
Gambar 5. 10 Grafik Hubungan Beban dan Displacement Sampel 1 Bentang 1 meter	57
Gambar 5. 11 Kondisi Sampel 1 Bentang 1 Meter Setelah Diuji Lentur	58
Gambar 5. 12 Grafik Hubungan Beban dan Displacement Sampel 2 Bentang 1 meter	58

Gambar 5. 13 Kondisi Sampel 2 Bentang 1 meter Setelah Diuji Lentur	59
Gambar 5. 14 Grafik Hubungan Beban dan Displacement Sampel 1 Bentang 2 meter	60
Gambar 5. 15 Kondisi Sampel 1 Bentang 2 meter Setelah Diuji Lentur	60
Gambar 5. 16 Grafik Hubungan Beban dan Displacement Sampel 2 Bentang 2 meter	61
Gambar 5. 17 Kondisi Sampel 2 Bentang 2 meter Setelah Diuji Lentur	61
Gambar 5. 18 Grafik Hubungan Beban dan Displacement Sampel 3 Bentang 2 meter	62
Gambar 5. 19 Kondisi Sampel 2 Bentang 2 meter Setelah Diuji Lentur	63
Gambar 5. 20 Grafik Perbandingan Uji Lentur	64
Gambar 5. 21 Kondisi Sampel Kuda-Kuda Setelah Percobaan 1	65
Gambar 5. 22 Kuda-Kuda Model 1	66
Gambar 5. 23 Kuda-Kuda Model 2	67
Gambar 5. 24 Setting Pengujian Kuda-Kuda Model 1	68
Gambar 5. 25 Setting Pengujian Kuda-Kuda Model 2	68
Gambar 5. 26 Grafik Hubungan Beban dan Displacement Model 1	69
Gambar 5. 27 Kondisi Sampel Model 1 Setelah Diuji	70
Gambar 5. 28 Grafik Hubungan Beban dan Displacement Model 2	71
Gambar 5. 29 Kondisi Sampel Model 2 Setelah Diuji	71
Gambar 5. 30 Grafik Hubungan Beban dan Lendutan Kedua Model Kuda-Kuda	72
Gambar 5. 31 Permodelan SAP 2000 Kuda-Kuda Model 1	73
Gambar 5. 32 Permodelan SAP 2000 Kuda-Kuda Model 2	74
Gambar 5. 33 Titik Pembebanan Model 1 Pada SAP 2000	74
Gambar 5. 34 Titik Pembebanan Model 2 Pada SAP 2000	75
Gambar 5. 35 Grafik Hubungan Beban dan <i>Displacement</i> Model 1	76
Gambar 5. 36 Hasil Pembebanan Model 1 Pada SAP 2000	77
Gambar 5. 37 Grafik Hubungan Beban dan <i>Displacement</i> Model 2	78
Gambar 5. 38 Hasil Pembebanan Model 2 Pada SAP 2000	78
Gambar 5. 39 Grafik Hubungan Beban dan <i>Displacement</i> Model 1 dan	79

Gambar 5. 40 Grafik Perbandingan Analisis SAP 2000 dengan Uji Laboratorium
Model 1 80

Gambar 5. 41 Grafik Perbandingan Analisis SAP 2000 dengan Uji Laboratorium
Model 2 81

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Rekap Tinjauan Pustaka	12
Tabel 3.1 Sifat Fisik Pipa PVC	22
Tabel 3.2 Daftar Ukuran Pipa PVC	23
Tabel 3.3 Daftar Ketebalan Pipa PVC	24
Tabel 3.4 Jenis Pipa dan Perbedaannya	25
Tabel 3.5 Sambungan Pipa	25
Tabel 4.1 Benda Uji Pengujian Elemen	34
Tabel 5.1 Data Sampel Uji Tekan	51
Tabel 5.2 Data Hasil Pengujian Tekan	55
Tabel 5.3 Data Sampel Uji Lentur	56
Tabel 5.4 Data Hasil Pengujian Lentur	63
Tabel 5.5 Data Masing-Masing Elemen Kuda-Kuda Model 1	66
Tabel 5.6 Data Masing-Masing Elemen Kuda-Kuda Model 2	67
Tabel 5.7 Rekapitulasi Hasil Pengujian Struktur Kuda-Kuda	72
Tabel 5.8 Hasil Analisis SAP 2000 Pada Titik Tinjau Kuda-Kuda Model 1	75
Tabel 5.9 Hasil Analisis SAP 2000 Pada Titik Tinjau Kuda-Kuda Model 2	77
Tabel 5.10 Rekapitulasi Kuda-Kuda Model 1 dan Model 2	79

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Permohonan Izin Pemakaian Laboratorium	88
Lampiran 2 Surat Keterangan Hasil Cek Plagiasi	89
Lampiran 3 Grafik Data Hasil Uji Tekan	90
Lampiran 4 Grafik Data Hasil Uji Kuda-Kuda	94
Lampiran 5 Kunjungan Lapangan	99
Lampiran 6 Persiapan Benda Uji	101

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

HUNTARA	= Hunian Sementara
LVDT	= <i>Linear Variable Differential Transformer</i>
SNI	= Standar Nasional Indonesia
ASTM	= <i>American Standard Testing and Material</i>
USGS	= <i>United States Geological Survey</i>
IFRC	= <i>International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies</i>
PVC	= <i>Polyvinyl Chloride</i>
F	= Nilai kuat tekan
Mpa	= Megapascal
P	= Beban maksimum
A	= Luas penampang
Fs	= Nilai kuat lentur
L	= Bentang diantara kedua blok tumpuan
kN	= Kilonewton
mm	= Milimeter

ABSTRAK

Kebutuhan hunian sementara di Indonesia ini sangatlah tinggi mengingat kondisi Indonesia yang merupakan negara dengan tingkat risiko bencana tinggi dan kebutuhan primer manusia akan tempat tinggal. Aspek yang perlu diperhatikan adalah waktu pekerjaan, ketepatan dalam pengerjaan, dan efisiensi biaya. Perlu adanya inovasi dan alternatif material terbaru dari pihak berwenang untuk membuat hunian sementara sesuai dengan aspek-aspek yang disebutkan. Salah satu contoh alternatif yang dapat digunakan adalah pipa PVC. Pipa ini biasanya digunakan untuk saluran air pada suatu bangunan, maka dari itu perlu adanya pengujian untuk mengamati kekuatan dan perilaku dari pipa ini apabila dijadikan sebagai struktur bangunan. Fokus pengujian pada penelitian ini adalah struktur rangka kuda-kuda.

Pengujian yang akan dilakukan meliputi uji tekan pipa PVC dengan bentang pipa 1 meter, uji lentur pipa PVC dengan bentang 1 meter dan 2 meter, serta pengujian rangka kuda-kuda dengan 2 model yang berbeda. Setelah diuji laboratorium, struktur rangka kuda-kuda nantinya akan diverifikasi secara numerik menggunakan SAP 2000. Benda uji yang digunakan adalah pipa PVC berdiameter 3 in. Dari hasil pengujian tekan dengan bentang benda uji 1 meter didapatkan nilai rata-rata beban maksimum 36,16 kN. Pengujian lentur memiliki 2 variasi panjang, yaitu panjang 1 meter dan panjang 2 meter. Hasil yang didapat dengan panjang bentang 1 meter adalah 4,145 kN dan panjang 2 meter adalah 2,12 kN. Sementara untuk kuda-kuda model 1 dapat menerima beban 14,433 kN dan model 2 10,71 kN. Hasil pengujian kuda-kuda di lab menunjukkan keselarasan grafik ketika dianalisis numerik menggunakan SAP 2000. Namun pada kuda-kuda model 2, grafik tidak terlalu sempurna dikarenakan terdapat eksentrisitas ketika diuji di lab.

Kata kunci : HUNTARA, Struktur Rangka Kuda-Kuda, Pipa PVC.

ABSTRACT

The need for temporary shelter in Indonesia is very high considering the condition of Indonesia which is a country with a high level of disaster risk and the primary human need for shelter. Aspects that need to be considered are work time, accuracy in work, and cost efficiency. There is a need for innovation and the latest alternative materials from the authorities to make temporary shelter in accordance with the aspects mentioned. One example of an alternative that can be used is PVC pipe. This pipe is usually used for water channels in a building, therefore it is necessary to test to observe the strength and behavior of this pipe when used as a building structure. The focus of testing in this research is the truss structure.

Tests to be carried out include PVC pipe compressive tests, PVC pipe bending tests, and truss testing with 2 different models. After laboratory testing, the truss structure will be verified numerically using SAP 2000. The test object used is a 3 in diameter PVC pipe. From the results of the compressive test with a span of 1 meter, the average value of the maximum load is 36.16 kN. Flexural testing has 2 variations in length, namely 1 meter length and 2 meters length. The result obtained with a span length of 1 meter is 4.145 kN and a length of 2 meters is 2.12 kN. While for model 1 easel can receive a load of 14.433 kN and model 2 10.71 kN. The results of testing the easel in the lab show the alignment of the graph when analyzed numerically using SAP 2000. However, for model 2 truss, the graph is not perfect because there is eccentricity when tested in the laboratory.

Keywords : *Temporary shelter, Truss Structure, PVC Pipe*

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara salah satu negara yang mempunyai risiko bencana yang cukup tinggi. Hal ini dikarenakan letak Indonesia yang berada pada jalur cincin api pasifik. Menurut USGS (2001), cincin api pasifik ini merupakan zona di muka bumi ini yang paling aktif secara seismik dan vulkanik yang dimana lebih dari 75% kegiatan vulkanik telah terjadi. Lempeng bumi ini yang merupakan bagian dari kerak bumi seiring berjalannya waktu akan bergeser dan efek dari pergeseran tersebut merupakan getaran yang biasa disebut dengan gempa. Jika dilihat kembali wilayah Indonesia, intensitas dan kekuatan gempa di setiap wilayah Indonesia yang membentang dari sabang sampai merauke ini tidaklah sama. Ada beberapa daerah yang mempunyai intensitas gempa yang tinggi seperti daerah Aceh, Sumatera, bagian selatan pulau Jawa, Sulawesi, Maluku, dan Papua. Adapula daerah yang mempunyai intensitas gempa yang rendah seperti Pulau Kalimantan.

Keberadaan Indonesia sebagai negara rawan bencana diperlukan ketersediaan hunian sementara pasca bencana. Urgensi dari Huntara ini sangatlah tinggi dikarenakan masyarakat yang menjadi korban dari bencana membutuhkan tempat tinggal yang layak huni tidak sekedar tenda pengungsian. Walaupun huntara bersifat sementara, namun tetap dituntut kelayakan untuk dihuni masyarakat terdampak bencana alam, sehingga dapat memberikan rasa nyaman dan aman terutama ketika pasca bencana. Tidak lupa aspek psikologis dari korban yang terdampak, *International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies* (IFRC) mengatakan bahwa pengungsi yang diperkirakan menunggu 1 tahun di pengungsian sebaiknya menggunakan hunian sementara (HUNTARA) (Santoso dan Panjaitan, 2016).

Pembangunan hunian sementara dituntut untuk dikerjakan dalam waktu yang singkat, dikarenakan kebutuhan primer dari manusia akan tempat tinggal dan

mempertimbangkan ketepatan dalam pengerjaannya karena walaupun hanya hunian untuk sementara namun tetap melihat struktur bangunan yang tidak membahayakan penghuni di dalamnya (Agung dan Nugraheni, 2019). Selain aspek kecepatan dan ketepatan, aspek efisiensi biaya pun harus diperhatikan karena semakin mahal biaya yang dikeluarkan untuk hunian sementara ini, maka semakin jauh pula dengan sebutan hunian sementara (Rois dan Mutia, 2023).

Pada umumnya, hunian sementara ini menggunakan kayu ataupun baja ringan. Namun, harga material dan harga jasa tenaga kerja mengalami kenaikan yang signifikan. Perlu adanya solusi alternatif dari pembangunan hunian sementara ini yang murah dan juga tahan terhadap beban dari gempa. Sejauh ini belum adanya inovasi baru dari pihak-pihak yang berwenang untuk membuat hunian sementara dengan harga yang terjangkau dan cukup mampu menahan beban dari gempa. Bahan alternatif yang digunakan pun harus banyak tersedia di pasaran dan bahan yang dikenal oleh masyarakat.

Alternatif yang dapat digunakan untuk struktur hunian sementara antara lain adalah menggunakan pipa PVC. Menurut SNI 06-0084-2002, pipa PVC ini sangat mudah ditemui di lapangan dan dikenal mempunyai bahan yang bersifat ringan, murah, dan dikenal kuat terhadap air. Pipa ini biasanya digunakan dalam konstruksi untuk menyalurkan air, baik air yang bertekanan maupun yang tidak bertekanan. Pipa PVC ini sendiri mempunyai beberapa jenis diameter dan beberapa jenis sambungan yang tersedia. Pipa PVC ini terkenal kuat terhadap air namun belum teruji apabila pipa ini dijadikan sebagai struktur sebuah bangunan. Mengingat penggunaan pipa PVC merupakan hal yang baru dalam dunia konstruksi, maka harus diadakannya sebuah pengujian baik itu pengujian di laboratorium maupun pengujian menggunakan *software* khusus untuk analisis struktur.

SAP 2000 adalah *software* untuk teknik sipil dengan tujuan untuk menganalisis dan mendesain semua jenis sistem struktur. *Software* ini dapat menggunakan permodelan 2D dan 3D dari model yang sederhana hingga kompleks. Penelitian ini dibantu oleh *software* SAP 2000 untuk memvalidasi pengujian yang dilakukan di laboratorium. Model yang akan dimasukkan adalah dengan model 2D, tentunya dengan sifat fisik yang sesuai dengan sifat dari pipa PVC.

Penelitian ini merupakan bagian dari penelitian dosen pembimbing penulis, Prof. Ir. Mochamad Teguh, MSCE. PhD. Penelitian inti berjudul “*Feasibility of Structural Elements in Startup Business of Prototipe T-24 Temporary Shelter made from Parallon and GRC Boards*” dengan penulis Prof. Ir. Mochamad Teguh, MSCE. PhD, Novi Rahmayanti, S.T., M.Eng, dan Muhammad Zakki Rizal Hidayat, S.T. Tujuan dari penelitian ini untuk menguji kelayakan dari HUNTARA berbahan dasar pipa PVC. Penelitian ini melibatkan penulis sebagai bagian di dalamnya. Ada 4 jenis pengujian, pengujian rangka atap, pengujian lentur elemen, pengujian tekan elemen, dan pengujian dinding portal. Penulis turut ikut serta dalam penelitian ini dan akan melakukan pengujian struktur kuda-kuda untuk topik Tugas Akhir penulis. Karena struktur kuda-kuda ini menggunakan pipa PVC, maka pipa PVC ini akan diuji lentur dan tekan terlebih dahulu untuk mengetahui seberapa kuat pipa ini menerima beban. Pengujian ini menggunakan pipa kosong dengan panjang 1 meter dan 2 meter. Struktur kuda-kuda yang akan diuji ada 2 model kuda-kuda. Untuk memvalidasi hasil dari pengujian struktur kuda-kuda di laboratorium, akan ada analisis struktur menggunakan *software* SAP 2000 sesuai dengan model kuda-kuda dan sifat fisik dari pipa PVC itu sendiri.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang sudah dijelaskan, maka dirumuskan masalahnya adalah sebagai berikut.

1. Berapa nilai kuat tekan dan kuat lentur dari elemen pipa PVC yang tidak terisi (kosong)?
2. Bagaimana metode perakitan kuda-kuda yang baik dan efisien?
3. Berapakah nilai kekuatan struktur rangka kuda-kuda berbahan dasar pipa PVC yang tidak terisi (kosong)?
4. Apakah hasil analisis numerik mendekati atau sama dengan pengujian laboratorium?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Nilai kuat tekan dan kuat lentur dari elemen pipa PVC dari pengujian laboratorium.
2. Metode perakitan struktur rangka kuda-kuda yang dapat terverifikasi oleh uji laboratorium.
3. Nilai kekuatan dari setiap model struktur rangka kuda-kuda.
4. Perbandingan antara pengujian di laboratorium dengan analisis numerik.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini nantinya diharapkan dapat dijadikan alternatif untuk pemanfaatan material baru yang dipakai pada struktur dari bangunan hunian sementara. Serta dapat juga digunakan sebagai referensi penelitian selanjutnya untuk menemukan metode yang sempurna dalam penelitian terkait, khususnya pada struktur rangka kuda-kuda. Dikarenakan material pipa PVC ini tergolong baru untuk dimanfaatkan sebagai struktur dari bangunan rumah dan masih belum ditemukan penelitian yang fokus pada hal ini.

1.5 Batasan Penelitian

Pada penelitian ini perlu dilakukan adanya batasan masalah agar penelitian ini dapat terarah pada tujuan penelitian.

1. Penelitian ini menggunakan pipa *PVC* berdiameter 3” dengan merk “RUCIKA”.
2. Sambungan pipa yang digunakan adalah merk “RUCIKA” berdiameter 3” dengan jenis :
 - a. *Tee*
 - b. *Y-Branch*
 - c. *90° Elbow*
3. Lem pipa menggunakan lem “*Isarplas*”.
4. Sampel pengujian kuat tekan mempunyai 2 buah sampel bentang 1 meter.

5. Sampel pengujian lentur mempunyai 2 buah sampel bentang 1 meter dan 3 buah sampel bentang 2 meter.
6. Sampel kuda-kuda yang digunakan mempunyai 2 model yang berbeda.
7. Analisis numerik menggunakan *software* SAP 2000.
8. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Mekanika Rekayasa Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Pipa berbahan *polyvynyl chloride* atau biasa disebut pipa PVC merupakan bahan yang biasa digunakan untuk menyalurkan air pada suatu konstruksi. Kegunaan pipa PVC ini untuk menyalurkan air berkaitan dengan sifat dari pipa ini yang ringan, murah, dan dikenal sangat kuat terhadap air (SNI 06-0084-2002). Produsen pipa PVC akan menentukan dimensi dan komposisi dari pipa tersebut sesuai dengan kebutuhan, nantinya akan berpengaruh terhadap kekuatan yang akan menghasilkan kekuatan yang berbeda-beda (Hadi and Takwin, 2016). Pipa PVC ini mempunyai beberapa kelebihan sebagai berikut :

1. pemasangan mudah,
2. tahan korosi dan tahan terhadap bahan kimia, dan
3. kuat dan tidak mudah pecah.

Pipa PVC ini berdasarkan sifat dan kelebihanannya cocok untuk menjadi bahan dari struktur bangunan hunian sementara. Struktur hunian sementara itu sendiri pada umumnya terbuat dari bahan baja. Aspek dari hunian sementara itu sendiri sudah tertutupi oleh sifat dan kelebihan dari pipa PVC yaitu aspek dari waktu yang dapat diminimalisasi dengan pemasangan yang mudah, aspek biaya yang sudah diketahui bahwa harga pipa PVC ini sangat ekonomis, dan aspek ketepatan yang apabila bangunan hunian sementara ini dibuat sesuai dengan standarnya, maka hunian sementara yang terbuat dari pipa PVC ini akan kuat, tidak mudah pecah, dan tahan korosi terhadap bahan kimia.

2.2 Penelitian Terdahulu

Berikut merupakan hasil penelitian-penelitian terdahulu yang topik atau masalah nya mempunyai keterikatan dengan penelitian ini, guna memperoleh informasi dan hal-hal penting yang dapat dijadikan acuan.

1. Hadi dkk. (2016) penelitian ini mempunyai latar belakang bahwa sistem aliran air untuk kehidupan bermsasyarakat biasanya menggunakan pipa *polyvinyl chloride* (PVC). Pipa PVC perlu diuji untuk mengetahui kuat tekan dari luar pipa dan kuat lentur karena pipa pastinya akan melentur di lapangan nantinya. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memperoleh rekomendasi merk pipa PVC yang mempunyai kuat tekan dan kuat lentur yang baik. Pada penelitian ini ada 3 merk pipa yang digunakan (merk M, merk W, dan tanpa merk) dengan diameter $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$, dan 1. Teknik pengumpulan data dari penelitian ini dengan cara mencatat defleksi dari uji tekan sejak awal kontak antara mesin penekan dan permukaan atas pipa secara berkala hingga pipa pecah atau mengalami defleksi maksimum. Data dari ukuran pipa baru dan bekas pengujian dicatat dengan \varnothing nominal, \varnothing luar, \varnothing dalam, dan tebal pipa kemudian ditampilkan dalam bentuk grafik. Hasil dari penelitian ini adalah penurunan dari gaya lentur dengan makin naiknya \varnothing dari pipa merk M, namun sebaliknya pipa merk W mengalami kenaikan gaya lentur secara drastis, dan hanya dengan gaya < 70 N pipa tanpa merk sudah pecah. Sedangkan untuk gaya tekan pipa merk M makin menurun dengan makin membesarnya \varnothing pipa, gaya tekan pipa merk W makin naik dengan makin membesarnya \varnothing pipa, dan untuk pipa tanpa merk hanya membutuhkan gaya tekan < 70 N untuk memecahkan pipa.



Gambar 2.1 Kondisi Pipa Merk W Setelah Uji Lentur

(Sumber : Hadi dkk, 2016)



Gambar 2.2 Kondisi Pipa Tanpa Merk Setelah Uji Lentur

(Sumber : Hadi dkk, 2016)



Gambar 2.3 Kondisi Pipa Merk M Setelah Uji Tekan

(Sumber : Hadi dkk, 2016)

2. Agung dan Nugraheni (2019), latar belakang dari penelitian ini adalah berkaitan dengan kebutuhan hunian sementara di daerah Mataram, Nusa Tenggara Barat. Kejadian gempa terakhir pada provinsi Nusa Tenggara Barat yang terjadi pada bulan Juli 2018, cukup menarik perhatian karena mengakibatkan kehancuran terhadap hunian penduduk dan memerlukan langkah cepat agar masyarakat mempunyai hunian untuk tinggal sementara. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui keamanan bangunan ketika diuji pembebanan yang dilakukan terhadap desain dimensi baja yang digunakan sebagai struktur bangunan. Struktur bangunan yang diuji adalah bagian struktur kolom dan balok. Jenis struktur yang digunakan adalah rangka baja canai dingin, dengan luas bangunan 36 m^2 dan tinggi bangunan 4,6 m. Metode penelitian yang digunakan dengan mengumpulkan data sekunder (data bahan yang dipakai; data gempa wilayah NTB; data tanah wilayah lombok; dan data pembebanan SNI, PBI, dan FEMA) dan data primer (katalog baja dingin dan dimensi bangunan), kemudian dilakukan analisis data menggunakan aplikasi SAP 2000. Hasil analisis struktur pada aplikasi SAP 2000 didapatkan hasil bahwa nilai kapasitas bangunan yang lebih besar daripada bebannya dan dapat disimpulkan bahwa bangunan tersebut aman dan layak untuk dihuni.
3. Fajrin, dkk (2020), penelitian ini mengedepankan karakteristik dan kebutuhan masyarakat dengan tujuan agar masyarakat dibuat cukup dekat dan menyatu dengan kultur masyarakat setempat. Pada bangunan hunian sementara ini menggunakan kerangka utama bangunan yang dibuat dari bahan baja ringan, dinding yang terbuat dari *plywood*. Proses pembuatan bangunan ini memerlukan waktu 3 hari. Estimasi biaya dari pembangunan ini senilai Rp 10.000.000,-.

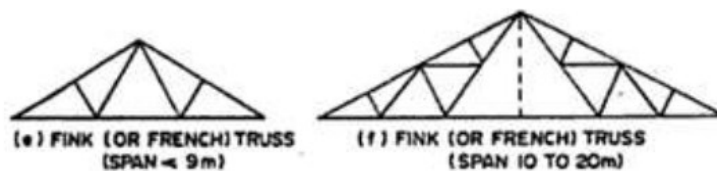
Gambar 2.1 adalah wujud nyata hunian sementara untuk korban gempa di Lombok.



Gambar 2.4 Hunian Sementara Korban Gempa Lombok

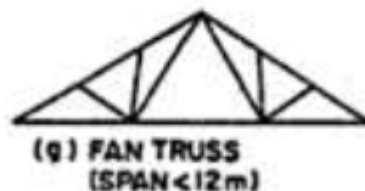
(Sumber : Fajrin dkk, 2020)

4. Hamzah dkk (2021), latar belakang penelitian ini adalah banyaknya bentuk dari rangka kuda-kuda, membuat perencana harus memilih bentuk yang paling ekonomis dan aman dalam pemakaian bahannya di lapangan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis 4 tipe dari kuda-kuda yang berbeda, yaitu *Fink*, *Fan*, *Pratt*, dan *Howe Truss*. Dengan bentang 9 m x 20 m. Hasil dari analisis didapatkan rasio perbandingan berat total material baja ringan, kuda-kuda tipe *Fan Truss* adalah kuda-kuda paling efisien untuk digunakan pada kuda-kuda bentang 9 m.



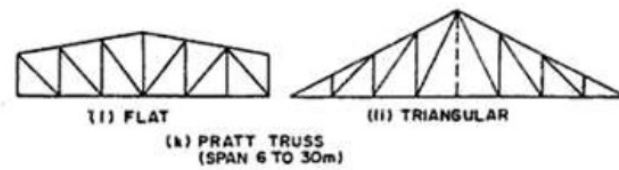
Gambar 2.5 Fink Truss

(Sumber : Hamzah dkk, 2021)



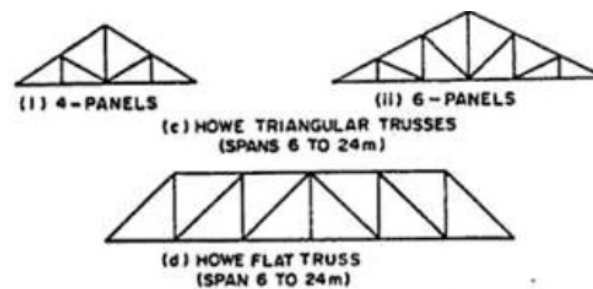
Gambar 2.6 Fan Truss

(Sumber : Hamzah dkk, 2021)



Gambar 2. 7 Pratt Truss

(Sumber : Hamzah dkk, 2021)



Gambar 2. 8 Howe Truss

(Sumber : Hamzah dkk, 2021)

Tabel 2. 1 Perbandingan Berat Material Baja Ringan

NAMA BATANG	FINK TRUSS Kg	FAN TRUSS Kg	PRATT TRUSS Kg	HOWE TRUSS Kg
Batang Atas	335,64	335,64	335,64	335,64
Batang Bawah	162,50	185,22	162,54	162,54
Batang Web	390,81	331,04	470,89	405,83
Berat Total	888,06	851,9	969,07	904,01

(Sumber : Hamzah dkk, 2021)

5. Azhar (2022), penelitian ini mempunyai latar belakang majunya dalam analisis desain struktur rangka baja, maka diperlukan analisis pembuktian terhadap pedoman terbaru yang akan digunakan yaitu dengan cara analisis DAM dengan hasil uji laboratorium. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui permodelan batang tekan uji laboratorium yang dimodelkan pada SAP 200 dengan metode DAM. Serta mengetahui akurasi dari metode DAM terhadap

hasil uji laboratorium. Manfaat dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai proses perencanaan rangka atap baja ringan metode DAM terhadap hasil uji laboratorium, serta diharapkan dapat digunakan sebagai acuan literatur bagi penelitian berikutnya. Hasil dari penelitian ini adalah pengujian lab dibandingkan dengan metode ELM didapatkan nilai error sebesar 1142,18%, sedangkan hasil uji lab dibandingkan dengan metode ELM didapatkan nilai error sebesar 5,226%.

Tabel 2. 2 Rekap Tinjauan Pustaka

Peneliti	Hadi dkk (2016)	Agung dan Nugraheni (2019)	Fajrin dkk (2020)	Hazairin, R.S. (2023)
Judul Penelitian	Uji Kekuatan Tekan dan Kekuatan Lentur Pipa Air PVC.	Desain Hunian Sementara Dengan Rumah Sistem <i>Knock Down</i> .	Pengembangan Desain Hunian Sementara Untuk Korban Gempa Lombok.	Pengujian Struktur Rangka Kuda-Kuda Menggunakan PVC untuk Hunian Sementara (HUNTARA)
Latar Belakang Penelitian	Latar belakang dari penelitian ini adalah bahwa sistem aliran air untuk kehidupan bermasyarakat biasanya menggunakan pipa PVC, pipa tersebut perlu diuji untuk mengetahui kuat tekan dari luar pipa dan kuat lentur karena pipa akan melentur di lapangan nantinya.	Latar belakang dari penelitian ini berkaitan dengan kebutuhan hunian sementara di daerah Mataram, Nusa Tenggara Barat.	Latar belakang dari penelitian ini mengenai gempa di Lombok yang telah mengguncang dan merusak sebagian besar rumah yang ada di Lombok.	Latar belakang dari penelitian ini mengenai struktur atap dari hunian sementara yang pada umumnya menggunakan baja, namun pada penelitian ini menggunakan pipa PVC dan perlu diuji karena ini merupakan hal yang baru dalam konstruksi hunian sementara.

Peneliti	Hamzah dkk (2021)	Azhar (2022)	Hazairin, R.S. (2023)
Judul Penelitian	Analisis Efisiensi Struktur Rangka Atap Baja Ringan Dengan Menggunakan Kuda-Kuda Tipe <i>Fink Truss</i> , <i>Fan Truss</i> , <i>Pratt Truss</i> , dan <i>How Truss</i>	Studi Eksperimental Uji Rangka Atap Baja Kelangsingan Menengah dengan Baut Tunggal dan Plat Buhul Tunggal yang Dianalisis Menggunakan Metode DAM	Pengujian Struktur Rangka Kuda-Kuda Menggunakan PVC untuk Hunian Sementara (HUNTARA)
Latar Belakang Penelitian	Latar belakang penelitian ini adalah banyaknya bentuk dari rangka kuda-kuda, membuat perencana harus memilih bentuk yang paling ekonomis dan aman dalam pemakaian bahannya di lapangan.	Latar belakang dari penelitian ini dengan kemajuan dalam analisis desain struktur rangka baja, maka diperlukan analisis pembuktian terhadap pedoman terbaru yang akan digunakan yaitu dengan cara analisis DAM dengan hasil uji laboratorium.	Latar belakang dari penelitian ini mengenai struktur atap dari hunian sementara yang pada umumnya menggunakan baja, namun pada penelitian ini menggunakan pipa PVC dan perlu diuji karena ini merupakan hal yang baru dalam konstruksi hunian sementara.

Lanjutan Tabel 2.2 Rekap Tinjauan Pustaka

Peneliti	Hadi dkk (2016)	Agung dan Nugraheni (2019)	Fajrin dkk (2020)	Hazairin, R.S. (2023)
Tujuan Penelitian	Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memperoleh rekomendasi pipa PVC yang mempunyai kuat tekan dan kuat lentur yang lebih baik.	Tujuan dari penelitian kali ini adalah untuk mengetahui keamanan bangunan ketika diuji pembebanan yang dilakukan terhadap desain dimensi baja yang digunakan sebagai struktur bangunan.	Tujuan dari penelitian ini untuk mengembangkan desain dari hunian sementara untuk korban gempa yang mengedepankan karakteristik dan kebutuhan masyarakat yang dibuat cukup dekat dan menyatu dengan kultur masyarakat.	Penelitian ini mempunyai tujuan untuk mengetahui kelayakan kemampuan sebuah rangka atap berbahan pipa PVC dalam menahan beban, terutama beban gempa yang sangat ditekankan.
Bahan Penelitian	Pipa PVC.	Baja canai dingin (<i>Cold Formed Steel</i>).	Baja ringan.	Pipa PVC.
Hasil Penelitian	Hasil dari penelitian ini adalah penurunan dari gaya lentur dengan makin naiknya \emptyset dari pipa merk M, namun sebaliknya pipa merk W mengalami kenaikan gaya lentur secara drastis, dan	Dengan jenis struktur yang digunakan adalah rangka baja canai dingin, dengan luas bangunan dengan luas bangunan 36 m ² dan tinggi bangunan 4,6 m. Hasil analisis struktur pada aplikasi SAP 2000 didapatkan hasil bahwa	Hunian sementara yang dibuat dengan struktur kerangka baja dan pemasangan <i>plywood</i> sebagai dingin membutuhkan waktu 3 hari dengan tenaga kerja sebanyak 3 orang	

Lanjutan Tabel 2.2 Rekap Tinjauan Pustaka

Peneliti	Hadi dkk (2016)	Agung dan Nugraheni (2019)	Fajrin dkk (2020)	Hazairin, R.S. (2023)
Hasil Penelitian	hanya dengan gaya <70 N pipa tanpa merk sudah pecah. Sedangkan untuk gaya tekan pipa merk M makin menurun dengan makin membesarnya Øpipa, gaya tekan pipa merk W makin naik dengan makin membesarnya Øpipa, dan untuk pipa tanpa merk hanya membutuhkan gaya tekan < 70 N untuk memecahkan pipa.tekan < 70 N untuk memecahkan pipa.	nilai kapasitas bangunan yang lebih besar daripada bebannya dan dapat disimpulkan bahwa bangunan tersebut aman dan layak untuk dihuni.	dengan estimasi biaya sebesar Rp 10.000.000,-	

Lanjutan Tabel 2.2 Rekap Tinjauan Pustaka

Peneliti	Hamzah dkk (2021)	Azhar (2022)	Hazairin, R.S. (2023)
Tujuan Penelitian	Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis 4 tipe dari kuda-kuda yang berbeda, yaitu <i>Fink, Fan, Pratt</i> , dan <i>Howe Truss</i> . Dengan bentang 9 m x 20 m.	Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui permodelan batang tekan uji laboratorium yang dimodelkan pada SAP 200 dengan metode DAM. Serta mengetahui akurasi dari metode DAM terhadap hasil uji laboratorium.	Penelitian ini mempunyai tujuan untuk mengetahui kelayakan kemampuan sebuah rangka atap berbahan pipa PVC dalam menahan beban, terutama beban gempa yang sangat ditekankan.
Bahan Penelitian	Baja Ringan (<i>Carbon Steel</i>)	<i>Hollow</i> , plat buhul tunggal serta baut sambung tunggal.	Pipa PVC.
Hasil Penelitian	Hasil dari analisis didapatkan rasio perbandingan berat total material baja ringan, kuda-kuda tipe <i>Fan Truss</i> adalah kuda-kuda paling efisien untuk digunakan pada kuda-kuda bentang 9 m.	Hasil dari penelitian ini adalah pengujian lab dibandingkan dengan metode ELM didapatkan nilai error sebesar 1142,18%, sedangkan hasil uji lab dibandingkan dengan metode ELM didapatkan nilai error sebesar 5,226%.	

2.3 Keaslian Penelitian

Perbedaan penelitian ini cukup signifikan dibandingkan dengan penelitian-penelitian terdahulu. Penelitian ini meneliti tentang penggunaan pipa PVC sebagai struktur utama dari sebuah rangka kuda-kuda. Penelitian tentang hunian sementara sebelumnya menggunakan bahan baja, sementara penelitian yang akan dilakukan menggunakan pipa PVC beserta sambungan yang tersedia di lapangan sehingga tidak bisa leluasa untuk membuat desain dari rangka atap. Dan penelitian sebelumnya terdapat pengujian tekan dan lentur dari pipa PVC terhadap 3 merk pipa PVC, penelitian tersebut kemudian dijadikan acuan untuk menggunakan merk dari pipa PVC tertentu.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Struktur Rangka Atap

Menurut Hesna dkk (2019), atap merupakan bagian dari bangunan yang letaknya paling atas untuk memberikan perlindungan pada bangunan dari cuaca, hujan, dan panas terik matahari. Rangka atap merupakan jenis rangka struktur berguna untuk menyalurkan beban-beban dari atap ke struktur yang ada dibawahnya. Rangka atap merupakan susunan dari elemen-elemen batang yang dihubungkan yang kemudian membentuk suatu geometri tertentu.

3.1.1 Material Rangka Atap

Terdapat 2 material yang umumnya digunakan sebagai material utama rangka atap, yaitu.

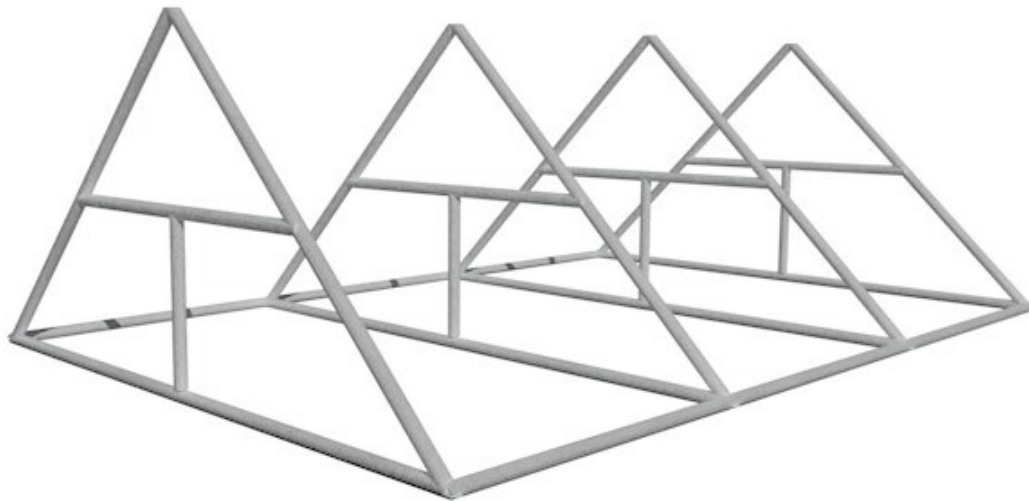
1. Baja Ringan

Menurut SNI 8399-2017, baja ringan yang digunakan harus memiliki penampang profil yang kompak dan memiliki keseragaman sepanjang batang dan tidak memiliki cacat pada sepanjang batang tersebut. Sebagian masyarakat pada saat ini memilih baja ringan sebagai rangka atap untuk rumah. Dibandingkan dengan kayu, baja ringan ini memiliki kelebihan antara lain mudah dipasang, tahan terhadap kelembapan yang mengakibatkan rangka atap rumah lapuk, dan apabila dari segi kekuatan baja ringan kualitasnya lebih merata karena sudah sesuai dengan spesifikasi dari pabrik.

2. Kayu

Sebelum ditemukan dan maraknya penggunaan baja ringan, masyarakat menggunakan kayu sebagai material rangka atap bagi rumah tinggal mereka. Kayu merupakan salah satu material *sustainable construction* karena material kayu ramah lingkungan dan menghasilkan emisi karbon yang rendah. Namun

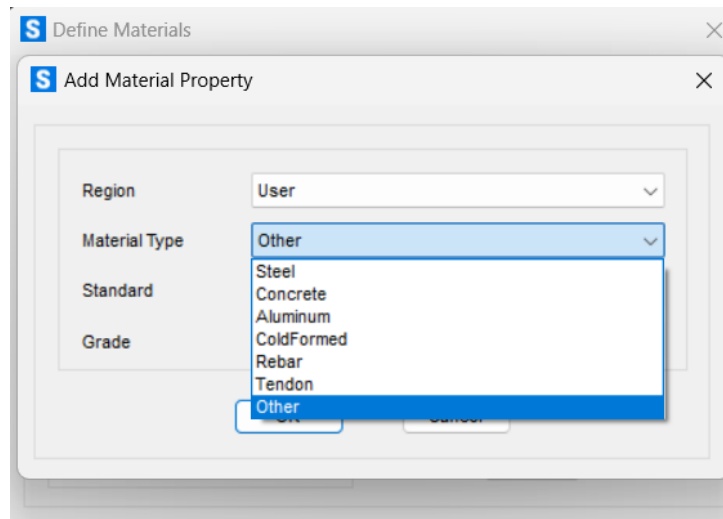
kualitas dari satu kayu dengan yang lain belum terjamin keseragamannya, karena penggunaan kayu ini tergantung dari jenis kayu yang akan digunakan. Namun material yang digunakan pada penelitian kali ini menggunakan pipa PVC tidak pernah digunakan sebagai struktur bangunan melainkan biasa digunakan sebagai penyaluran air. Pipa PVC dapat dibentuk segitiga sesuai dengan rangka atap pada umumnya. Namun, model dari rangka atap akan berbeda dari rangka atap baja ringan dan kayu dikarenakan ketersediaan sambungan pipa yang sangat terbatas. Berikut Pada Gambar 3.1 adalah gambar sket struktur rangka atap menggunakan pipa.



Gambar 3. 1 Struktur Rangka Atap

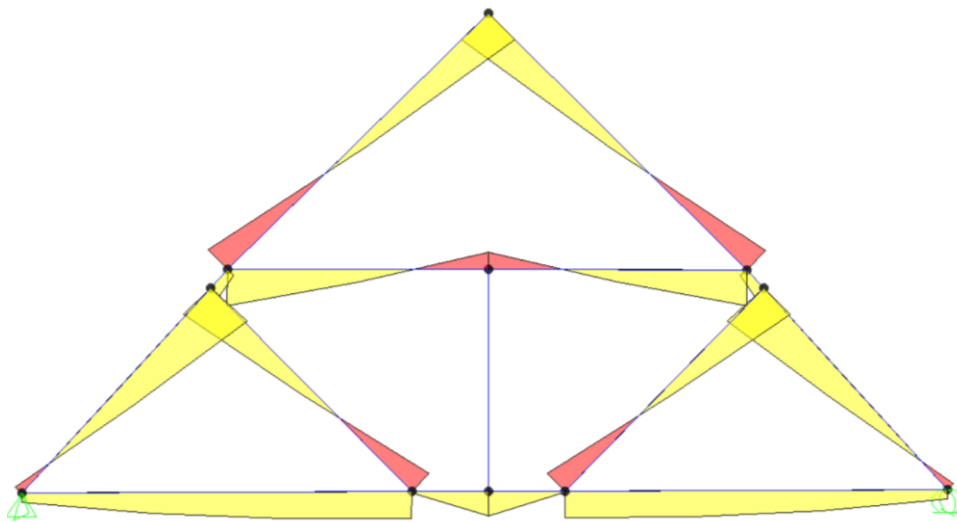
3.1.2 Kemampuan SAP 2000

Penelitian ini menggunakan bantuan *software* SAP 2000 untuk verifikasi hasil pengujian dari penelitian yang ada di laboratorium. SAP 2000 memang mempunyai fitur untuk dapat menganalisis material seperti beton, aluminium, baja, dan lain-lain. Namun, material seperti pipa tidak tersedia pada SAP 2000 dan harus memasukkan data material secara manual. Berikut pada Gambar 3.2 merupakan jenis-jenis material yang terdapat pada SAP 2000.

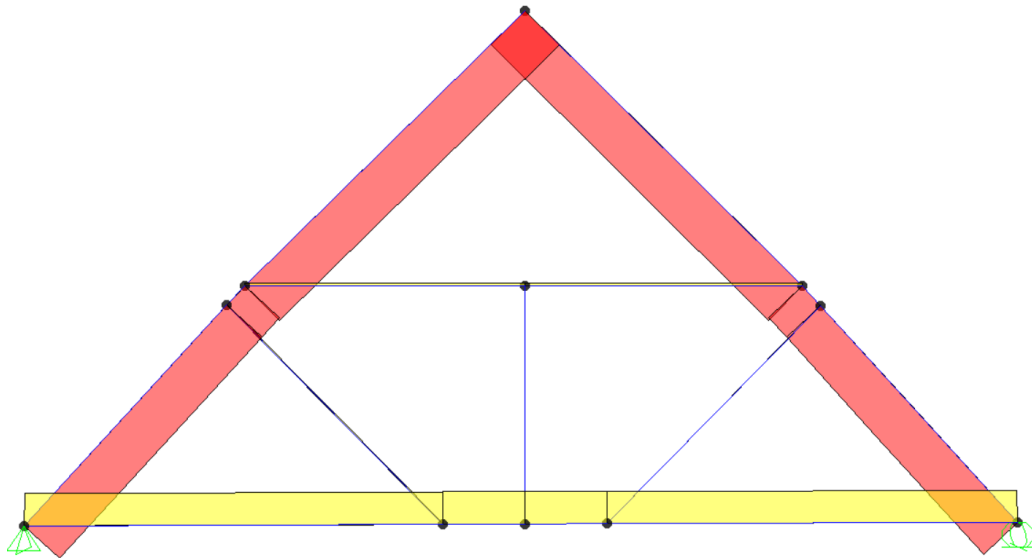


Gambar 3. 2 Jenis Material Pada SAP 2000

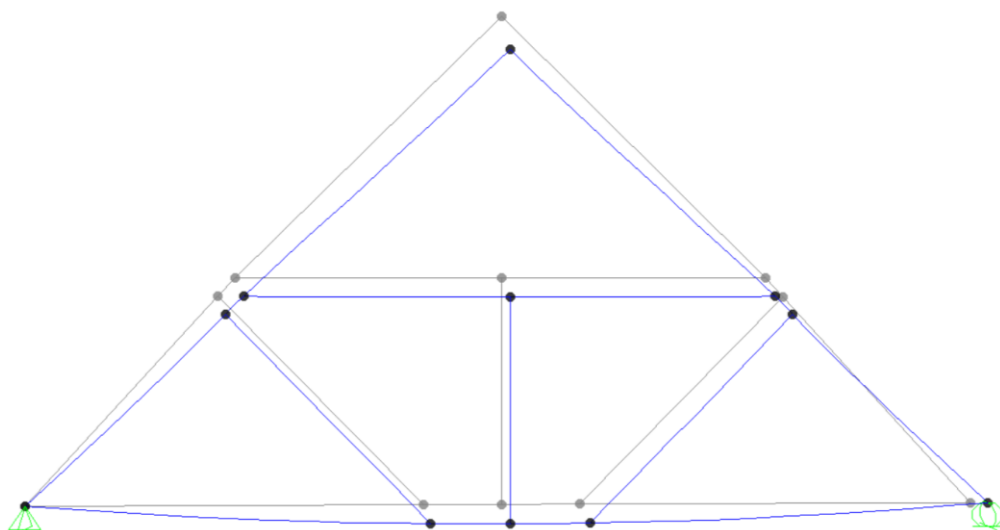
Namun, tidak akan menjadi masalah apabila *input* data material sudah sesuai dengan data yang ada. SAP 2000 akan menganalisis setiap elemen dan batang pada rangka atap beserta data-data yang nantinya akan dicocokkan dengan hasil data yang ada pada pengujian laboratorium. Pada Gambar 3.3, Gambar 3.4, dan Gambar 3.5 merupakan diagram yang datanya akan digunakan.



Gambar 3. 3 Diagram Momen SAP 2000



Gambar 3. 4 Diagram Normal SAP 2000



Gambar 3. 5 Displacement Pada SAP 2000

3.2 Pipa PVC

Pipa PVC merupakan alat yang biasa digunakan dalam penyaluran sistem pengairan. Pembuatan pipa PVC menggunakan bahan utama *polivyntl chloride* dengan kandungan minimum 92,5%. Pipa PVC dikenal mempunyai bahan yang bersifat ringan, murah, dan dikenal sangat kuat terhadap air (SNI 06-0084-2002). Merk pipa yang digunakan pada penelitian kali ini dengan merk *Rucika*. Panjang

pipa PVC dengan merk tersebut yang tersedia di pasaran hanya ada 2 macam, yaitu 4 meter dan 6 meter belum termasuk socket dengan panjang ± 9 cm. Namun, pipa dengan panjang 6 meter sangat jarang ditemukan dipasaran terutama di Pulau Jawa. Sifat tampak dari pipa PVC antara lain:

1. pipa harus lurus;
2. berpenampang bulat;
3. bidang ujung pipa harus tegak lurus terhadap sumbu pipa; dan
4. pipa PVC umumnya berwarna putih atau abu-abu;
5. tidak cacat seperti retak, guratan, dan cacat lainnya.

Pada *leaflet RUCIKA Standard* (2022), pipa PVC ini memiliki beberapa keunggulan dan manfaat antara lain :

1. kuat dan tidak mudah pecah;
2. tidak mudah berkarat;
3. isolator yang baik;
4. tidak larut dalam air; dan
5. kuat dan ringan.

3.2.1 Sifat Material

Keunggulan dari material pipa PVC ini dapat dibuktikan dengan sifat fisik dari material yang dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3. 1 Sifat Fisik Pipa PVC

Keterangan	Satuan	Nilai
Berat Jenis	g/cm^3	1,40
Koefisien Memuai Panjang	$\text{Mm/m.}^\circ\text{C}$	8×10^{-2}
Konduktivitas	$\text{W/m.}^\circ\text{C}$	0,15
Modulus Elastisitas	N/mm^2	3000
Resistensi Permukaan	Ω	$> 10^{12}$

Sumber : (Rucika Standard)

Pada Tabel 3.2 terdapat ukuran dari pipa PVC itu sendiri mempunyai beberapa macam ukuran.

Tabel 3.2 Daftar Ukuran Pipa PVC

No.	Diameter	
	(mm)	(inch)
1.	22	1/2"
2.	26	3/4"
3.	32	1"
4.	42	1 1/4"
5.	48	1 1/2"
6.	60	2"
7.	76	2 1/2"
8.	89	3"
9.	114	4"
10.	140	5"
11.	165	6"
12.	216	8"
13.	267	10
14.	318	12"

Sumber : Rucika (2022)

Dari kedua jenis pipa yang ada kualitas dari "Rucika JIS" memang di atas dari "Rucika *Standard*", namun dari segi harga "Rucika *Standard*" 2 kali lipat lebih murah daripada "Rucika JIS". Di lapangan, penggunaan pipa dengan jenis "Rucika JIS" sangat jarang ditemui karena faktor biaya yang cukup mahal. Selain mengetahui jenis-jenis dari pipa, terdapat pembagian kelas dari pipa PVC beserta fungsinya yang berbeda.

1. Kelas AW

Pipa PVC dengan kelas AW ini dirancang untuk menahan tekanan dari dalam pipa sebesar 10 bar atau sekitar 10,2 kg/cm². Pada umumnya pipa kelas ini mempunyai ukuran diantara 1/2" sampai dengan 12" dan mempunyai dinding yang tebal. Untuk fungsi pipa ini di lapangan adalah untuk instalasi pipa air bersih bertekanan yang berasal dari pompa agar dapat tersalurkan ke seluruh unit yang membutuhkan.

2. Kelas D

Pipa PVC dengan kelas D ini dirancang untuk menahan tekanan dari dalam pipa sebesar 5 bar atau sekitar $5,1 \text{ kg/cm}^2$. Di lapangan pada umumnya pipa kelas ini dapat ditemui dengan ukuran diameter $1\frac{1}{4}$ " sampai dengan 12" dan mempunyai dinding pipa yang tipis dari pipa PVC kelas AW. Fungsi dari pipa ini biasanya digunakan untuk pipa air limbah yang bertekanan atau dapat juga dijadikan pipa untuk ventilasi.

3. Kelas C/OD

Pipa PVC dengan kelas C/OD ini dirancang sebagai pelindung dari kabel listrik dan telekomunikasi, atau bisa juga untuk menyalurkan air tanpa tekanan. Untuk ukurannya sendiri berada diantara $\frac{5}{8}$ " sampai dengan 4".

Dapat disimpulkan bahwa kelas pipa yang biasa digunakan pada bangunan adalah pipa kelas AW dan kelas D. Dari kedua kelas pipa yang sering digunakan perbedaan yang paling terlihat adalah pada ketebalan dari pipa tersebut. Sesuai dengan kegunaan, pipa kelas AW lebih tebal daripada kelas D. Pada Tabel 3.3 merupakan daftar ketebalan dari pipa PVC.

Tabel 3.3 Daftar Ketebalan Pipa PVC

No.	Diameter (inci)	Ketebalan (mm)	
		AW	D
1.	$\frac{1}{2}$	1,5	-
2.	$\frac{3}{4}$	1,8	-
3.	1	2	-
4.	$1\frac{1}{4}$	2,3	1,3
5.	$1\frac{1}{2}$	2,3	1,3
6.	2	2,3	1,3
7.	$2\frac{1}{2}$	2,6	1,4
8.	3	3,1	1,6
9.	4	4,1	2
10.	5	5,4	2,6
11.	6	6,4	3
12.	8	8,3	4,2
13.	10	10,3	5,2
14.	12	12,2	6,2

Sumber : (Rucika Standard)

3.2.2 Jenis Pipa PVC


Pipa PVC juga mempunyai beberapa kelas dan jenis, yang membedakan dari masing-masing kelas dan jenis adalah dari segi kekuatannya. Masing-masing dari pipa PVC ini mempunyai fungsinya tersendiri. Berikut pada Tabel 3.4 merupakan jenis dari pipa PVC beserta perbedaan dari masing-masing jenis dengan merk pipa RUCIKA.

Tabel 3.4 Jenis Pipa dan Perbedaannya

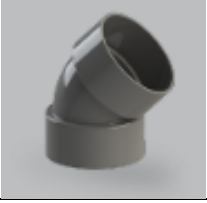

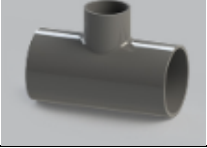

	Rucika Standard	Rucika JIS
Standarisasi Pipa	Biasa disebut dengan pipa putih. Standard ini diproduksi dengan standar yang telah ditetapkan oleh pabrik.	Biasa disebut dengan pipa abu-abu. Standard ini mengacu pada standard JIS (<i>Japanese Industrial Standard</i>), yang akan mempengaruhi ketebalan dari pipa tersebut.
Ketebalan Pipa	Tidak diatur oleh standard manapun, namun pada diameter luar dari pipa harus disesuaikan dengan yang telah beredar di lapangan.	Diatur oleh standard jepang. Ketebalan dinding dipengaruhi oleh <i>safety factor</i> yang tinggi untuk mengantisipasi terjadinya bencana alam yang sering melanda Jepang.

Membuat pipa PVC menjadi suatu rangkaian terdapat beberapa sambungan agar rangkaian ini dapat menjadi satu kesatuan. Berikut pada Tabel 3.5 merupakan beberapa sambungan yang biasa digunakan di lapangan.

Tabel 3.5 Sambungan Pipa

No.	Jenis Sambungan	Gambar
1.	90° <i>Elbow</i>	

Lanjutan Tabel 3. 5 Sambungan Pipa

No.	Jenis Sambungan	Gambar
2.	<i>45° Elbow</i>	
3.	<i>Y-Branch</i>	
4.	<i>Tee</i>	
5.	<i>Large Radius Tee</i>	

Sumber : (Rucika Standard)

Pipa paralon memberikan kemudahan dalam pemasangan dan usia pakai (life time) yang cukup panjang. Pemilihan kualitas pipa paralon dan sambungannya yang tepat sesuai dengan sifat-sifat mekanisnya akan memastikan bahwa material ini bisa dimanfaatkan untuk fungsi lain dalam membangun Huntara selain fungsi utamanya untuk sistem pemipaan (plumbing system) (Teguh dkk, 2023).

3.3 Kuat Tekan

Kuat tekan adalah kemampuan dari suatu benda uji untuk menahan beban aksial per satuan luas. Kuat tekan ini dapat mengidentifikasi kualitas dan kekuatan tekan dari benda uji itu sendiri. Pengujian kuat tekan ini dilakukan menggunakan a

Loading Frame dengan bantuan alat *Data Logger* dan *LVDT* untuk mengetahui nilai beban dan nilai lendutannya. Persamaan nilai kuat tekan menggunakan persamaan 3.1 berikut

$$F = \frac{P}{A} \quad (3.1)$$

Keterangan,

- F = nilai kuat tekan (Mpa atau N/mm²);
 P = beban Maksimum (N);
 A = luas penampang (mm²).

Karena pipa PVC ini berbentuk silinder berongga, maka rumus luas penampangnya itu sendiri akan berbeda. Berikut pada persamaan 3.2 merupakan rumus empiris untuk mencari luas penampang dari pipa berbentuk silinder berongga.

$$A = \frac{1}{4} \times \pi \times (D^2 - (D - 2tb)^2) \quad (3.2)$$

Keterangan,

- A = luas penampang (mm²);
 D = diameter luar pipa (mm);
 tb = tebal pipa (mm).



Gambar 3.6 Sketsa Uji Tekan

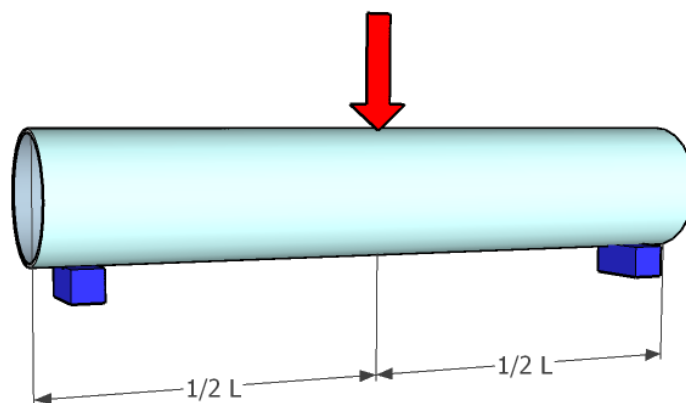
3.4 Kuat Lentur

Kuat lentur merupakan nilai tegangan tarik yang dihasilkan dari momen lentur dibagi dengan momen penahan penampang benda uji ketika benda uji diberi beban hingga benda uji mengalami keruntuhan maksimum. Pada beton, kuat lentur merupakan faktor yang penting karena mempengaruhi retak lentur, karakteristik dari defleksinya, rasio kerapuhan, dan kekuatan geser. (Amin *et al.*, 2023). Sama halnya dengan pipa, pengujian lentur ini untuk mengetahui beban maksimum yang dapat diterima pada pipa dan kemampuannya dalam menahan beban tanpa deformasi atau kegagalan yang tidak semestinya. Untuk mengetahui kuat lentur dari pipa ini, menggunakan rumus dari SNI-03-4154-1996 menggunakan persamaan 3.2 berikut.

$$F_s = \frac{3PL}{2bd^2} \quad (3.2)$$

Keterangan,

- F_s = kuat lentur (MPa);
- P = beban maksimum (N);
- L = bentang diantara kedua blok tumpuan (mm);
- b = tebal benda uji (mm); dan
- d = tinggi benda uji (mm).



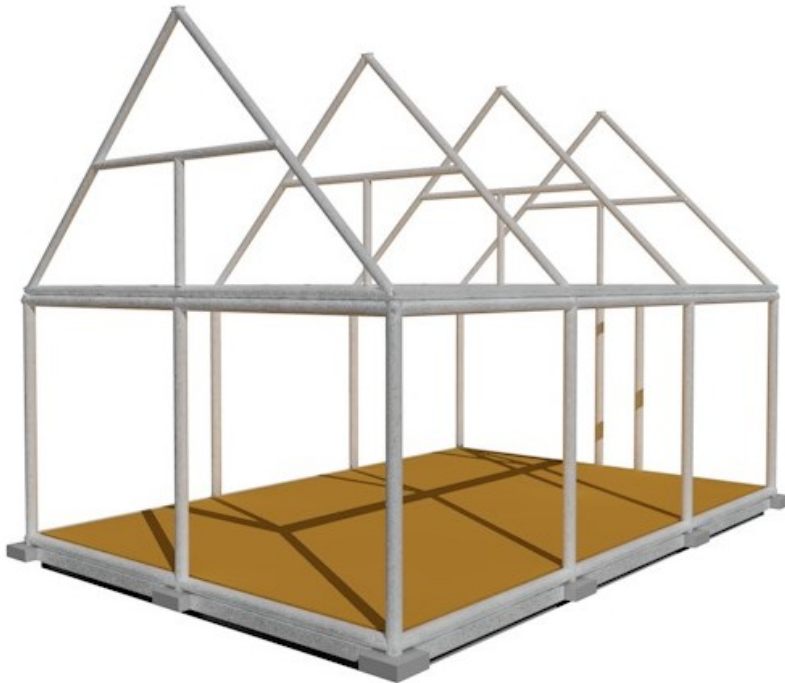
Gambar 3. 7 Sketsa Uji Lentur

BAB IV

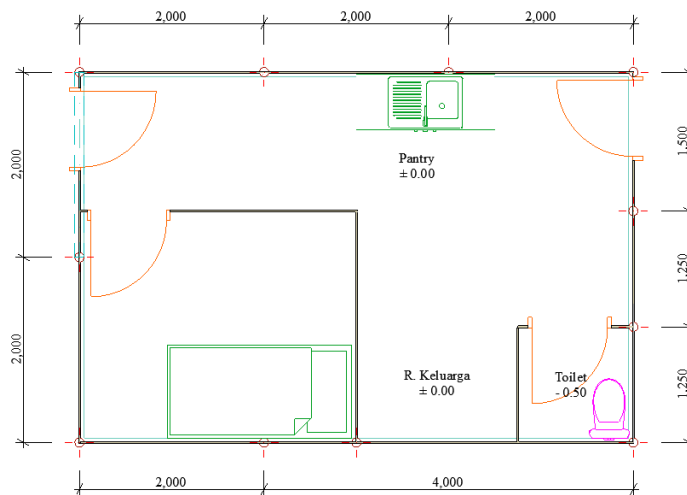
METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Umum

Metode penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimen dengan melakukan percobaan terhadap suatu objek. Objek penelitian pada pengujian kali ini adalah penggunaan pipa PVC untuk sebuah struktur atap hunian sementara. Pada penelitian ini akan menguji elemen dari pipa PVC, sambungan dari pipa PVC, serta 2 desain dari rangka atap menggunakan pipa PVC yang kosong yang dilanjutkan dengan pengujian 1 desain rangka atap terkuat yang akan diisi dengan mortar. *Output* yang didapatkan berupa desain manakah yang terkuat menahan beban. Pengujian ini dilaksanakan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Gambar 4.1 dan Gambar 4.2 adalah Desain dan Denah dari Hunian Sementara.



Gambar 4. 1 Desain Struktur Hunian Sementara



Gambar 4. 2 Denah Hunian Sementara

4.2 Variabel Penelitian

Ada beberapa variabel yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu sebagai berikut.

1. Variabel Bebas : Desain rangka atap untuk hunian sementara.
2. Variabel Terikat : Struktur rangka atap yang menggunakan pipa PVC.

4.3 Bahan-bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Pipa PVC

Pipa PVC yang digunakan adalah pipa PVC dengan merk "RUCIKA" dengan diameter 3". Kelas pipa yang dipakai adalah PVC kelas AW yang dapat menerima tekanan yang besar dan lebih tebal daripada kelas lainnya.



Gambar 4. 3 Pipa PVC

2. Sambungan Pipa PVC

Ada beberapa sambungan pipa yang digunakan yaitu 90° *Elbow*, *Y-Branch*, dan sambungan *Tee*.

3. Lem Pipa

Lem pipa yang digunakan adalah merk "*Isarplas*". Tujuan penggunaan lem untuk merekatkan antara pipa dengan sambungan pipa agar dapat menyatu dengan sempurna.



Gambar 4. 4 Lem Pipa

4.4 Peralatan Inti

Alat-alat yang akan digunakan untuk melakukan penelitian ini antara lain sebagai berikut.

1. Neraca *Ohaus*

Neraca *ohauss* memiliki tingkat ketelitian yang lebih akurat daripada neraca yang digunakan pada umumnya. Neraca ini digunakan untuk menimbang berat dari material-material yang akan digunakan dalam penelitian ini.



Gambar 4. 5 Neraca *Ohaus*

2. Meteran

Meteran ini digunakan sebagai alat ukur untuk mengetahui dimensi dari benda uji.

3. *Grinder Tangan*

Grinder berfungsi untuk memotong dan meratakan benda uji dalam skala yang kecil karena *grinder* sangat mudah dibawa.

4. Mesin potong

Mesin ini berfungsi untuk memotong benda uji yang berukuran besar dan panjang. Namun mesin ini mempunyai kekurangan yaitu pada bagian mata pisau mempunyai ketebalan yang tidak sama atau melancip, sehingga pemotongan benda uji tidak bisa lurus dan harus dibantu dengan menggunakan *grinder* tangan.



Gambar 4. 6 Alat Mesin Potong

5. *Hydraulic Jack*

Hydraulic jack ini adalah alat yang digunakan untuk memberikan dorongan beban pada benda uji. Alat ini dapat memberikan beban mencapai 50 ton.



Gambar 4. 7 *Hydraulic Jack*

6. *Waterpass*

Waterpass digunakan untuk menentukan apakah sebuah benda uji sudah dalam kondisi rata baik secara vertikal maupun horizontal.



Gambar 4. 8 *Waterpass*

7. *Load Cell*

Load Cell nantinya dipasang pada *loading frame* yang kemudian digunakan untuk memberikan beban dan membaca nilai beban dari benda uji.



Gambar 4. 9 *Load Cell*

8. *Linear Variable Differential Transformer (LVDT)*

LVDT ini berbentuk seperti jarum suntik, yang berbeda adalah jarum pada *LVDT* ini dapat mendeteksi gerakan dari benda uji pada saat pengujian.



Gambar 4. 10 *LVDT*

9. Data Logger

Data Logger alat yang berfungsi untuk membaca data yang diterima dari *load cell* dan *LVDT* yang sudah dipasang pada benda uji.

10. Loading Frame

Alat ini digunakan untuk menguji suatu benda uji dalam skala yang besar. Pada penelitian ini semua pengujian akan menggunakan *loading frame*.



Gambar 4. 11 Loading Frame

4.5 Ragam Benda Uji

Benda uji yang digunakan adalah pipa PVC. Rincian benda ujinya adalah sebagai berikut.

1. Pengujian Elemen

Benda uji dari pengujian elemen dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Benda Uji Pengujian Elemen

Jenis Pengujian	Panjang Pipa (m)	Diameter Pipa (inch)	Jumlah Sampel	Kode Sampel
Uji Kuat Tekan	1	3	2	TKN_3" _1
				TKN_3" _2
Uji Kuat Lentur	1	3	2	LNTR_1M_1
				LNTR_1M_2
Uji Kuat Lentur	2	3	3	LNTR_2 M_1
				LNTR_2 M_2
				LNTR_2 M_3
Total Sampel Elemen			7	

Dari data benda uji untuk pengujian kuat tekan dan kuat lentur, sampel dari pengujian elemen dapat dilihat pada Gambar 4.13 berikut.

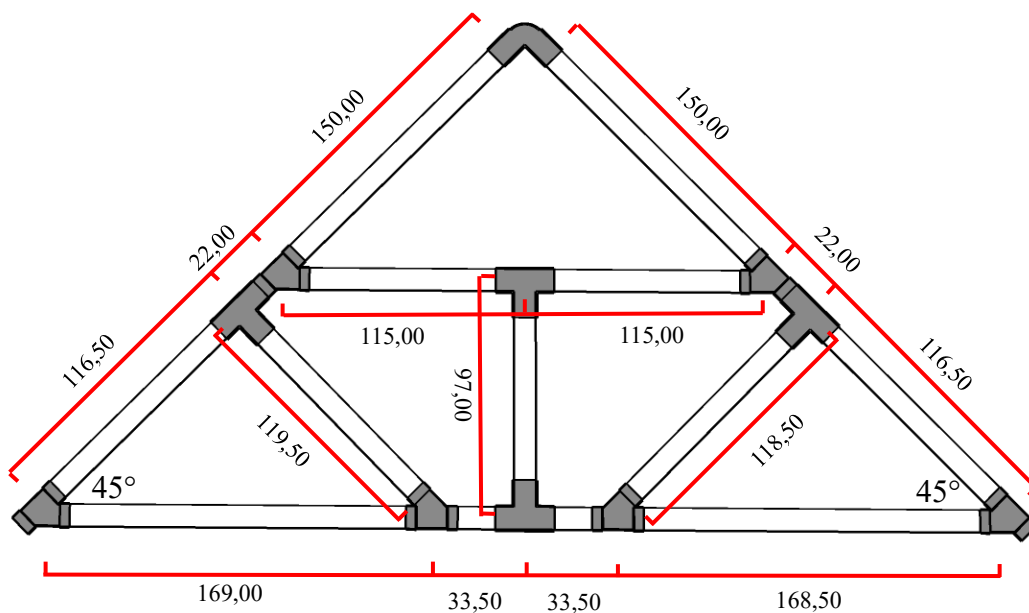


Gambar 4. 12 Sampel Pengujian Elemen

2. Pengujian Rangka Atap

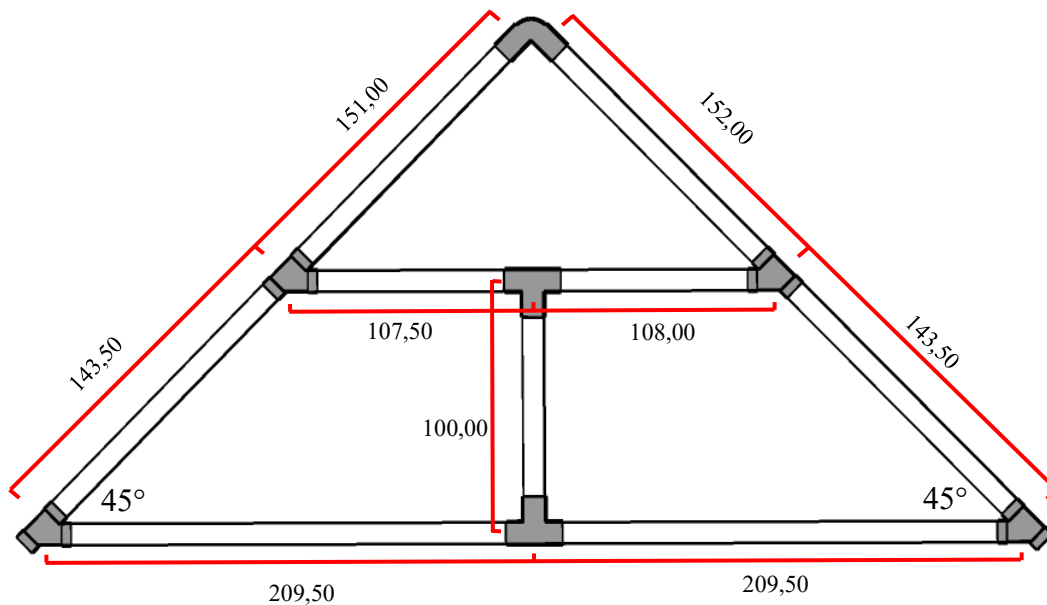
Pengujian rangka atap kuda-kuda ini memiliki 2 model, model tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.14 dan Gambar 4.15 berikut.

a. Pengujian kuda-kuda model 1



Gambar 4. 13 Permodelan Rangka Atap 1

b. Pengujian kuda-kuda model 2



Gambar 4.14 Permodelan Rangka Atap 2

4.6 Pelaksanaan Penelitian

Ada beberapa tahapan dari pelaksanaan penelitian ini, diantaranya adalah sebagai berikut.

4.6.1 Persiapan

Tahap persiapan merupakan tahapan dimana semua hal yang ada kaitannya dengan penelitian dipersiapkan, diantaranya adalah sebagai berikut.

- Melakukan studi literatur terkait dengan penelitian-penelitian sebelumnya yang ada kaitannya dengan penelitian ini.
- Mempersiapkan beberapa skenario desain untuk rangka atap yang berbahan pipa PVC karena sambungan dari pipa PVC itu sendiri sangatlah terbatas, maka dari itu perlu membuat desain rangka atap yang sesuai dan mampu untuk menyatukan seetiap rangka atap tersebut.
- Merancang daftar kebutuhan alat dan bahan apa saja yang digunakan dalam penelitian agar pada saat pembelian alat dan bahan tidak kekurangan ataupun tidak kelebihan.

d. Mempersiapkan alat dan bahan yang digunakan untuk pembuatan benda uji.

4.6.2 Pembuatan dan Perakitan Benda Uji

Pembuatan benda uji dilaksanakan sesuai dengan perencanaan yang sudah ditetapkan. Ada 2 macam pengujian yang menjadi fokus dalam penelitian ini, yaitu pengujian tekan elemen, pengujian lentur elemen, dan pengujian rangka atap dengan pipa berdiameter 3". Pengujian tekan terdapat 2 sampel dengan panjang 1 meter. Sampel pengujian lentur pipa mempunyai 2 bentangan yang berbeda, yaitu bentang 1 meter dan 2 meter yang masing-masing bentangan mempunyai 2 sampel pipa kosong.

4.6.3 Pengujian Benda Uji

Pengujian benda uji dilaksanakan sesuai dengan jenis-jenis pengujian. Ada beberapa pengujian pada penelitian kali ini, yaitu sebagai berikut.

1. Pengujian Elemen Pipa

Pada pengujian elemen pipa ada 2 macam pengujian, yaitu uji kuat tekan dan uji kuat lentur. Jenis pengujian elemen pipa adalah sebagai berikut.

a. Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan ini dilaksanakan pada *Loading Frame* dengan bantuan *Data Logger* dan *Linear Variable Differential Transformer (LVDT)*. Jumlah sampel dari pengujian ini adalah 2 buah pipa kosong. Panjang dari pipa yang akan diuji adalah 1 meter. Tahapan pengujian kuat tekan pipa adalah sebagai berikut.

- 1) menyiapkan benda uji dengan memotong pipa dengan panjang 1 meter;
- 2) mengatur ketinggian dari *frame* agar sesuai dengan ketinggian benda uji yang akan diuji;
- 3) membuat garis tengah pada benda uji untuk peletakkan *LVDT*;
- 4) mengukur dimensi dari benda uji;
- 5) menimbang berat dari benda uji;
- 6) meletakkan benda uji persis dibawah *load cell* agar tidak terjadi eksentrisitas;
- 7) *load cell* diturunkan secara perlahan sampai menyentuh permukaan dari benda uji;

- 8) memasang pengaman pada benda uji agar pada saat pengujian benda uji tidak terlempar;
- 9) mengatur peletakkan dari *LVDT* dibantu dengan pemasangan akrilik pada permukaan benda uji;
- 10) mengatur *data logger* agar terhubung dengan *LVDT*;
- 11) pengujian dimulai;
- 12) mengamati beban maksimum dan arah lendutan benda uji.



Gambar 4.15 Setting Pengujian Tekan

b. Pengujian Kuat Lentur

Pengujian kuat tekan ini dilaksanakan pada *Loading Frame* dengan bantuan *Data Logger* dan *Linear Variable Differential Transformer (LVDT)*. Benda uji untuk pengujian kuat lentur ini mempunyai 2 jenis bentang untuk diuji, yaitu bentang 1 meter dan bentang 2 meter. Masing-masing bentang mempunyai 3 sampel untuk diuji lentur. Berikut merupakan tahap pengujian kuat lentur.

- 1) menyiapkan benda uji dengan memotong pipa dengan panjang 1 meter dan 2 meter;

- 2) mengatur ketinggian dari *frame* agar sesuai dengan ketinggian benda uji yang akan diuji;
- 3) mengukur dimensi benda uji;
- 4) menimbang berat benda uji;
- 5) membuat garis 5 cm dari masing-masing ujung batang untuk penempatan tumpuan;
- 6) membuat garis pada tengah bentang sebagai penanda untuk *load cell* yang akan diturunkan;
- 7) benda uji diletakkan tepat di tengah dan tumpuan diletakkan sesuai dengan garis bantu yang sudah dibuat;
- 8) mengatur peletakkan dari *LVDT* dibantu dengan pemasangan akrilik pada tengah bentang benda uji untuk mengamati besar lendutannya;
- 9) mengatur *data logger* agar terhubung dengan *LVDT*;
- 10) beban diturunkan perlahan sampai menempel pada bidang atas benda uji;
- 11) alat uji tekan dijalankan;
- 12) mengamati beban maksimum dan lendutan maksimum dari benda uji.



Gambar 4.16 Setting Pengujian Lentur

2. Pengujian Rangka Atap

Pada pengujian rangka atap untuk pipa pvc ini akan dilaksanakan dengan melakukan pembebanan secara vertikal. Yang diamati pada pengujian rangka atap ini adalah deformasi dan kekuatan tekan kuda-kuda dari masing-masing model yang terbuat dari pipa. Karena dalam pembuatan kuda-kuda ini batang pipa akan disambung dengan sambungan pipa, kekuatan dari lem pipa juga dapat menjadi salah satu faktor kuat atau tidaknya struktur ini terutama pada bagian batang lentur yang berpotensi menarik batang pipa dari sambungan. Ada beberapa pengujian untuk rangka atap ini, yaitu sebagai berikut.

a. Pengujian Laboratorium Rangka Atap

Pengujian rangka atap kuda-kuda ini menggunakan pipa yang kosong. Dikarenakan pada penelitian ini menggunakan sambungan pipa yang ada di pasaran saja dan sangat terbatas model sambungannya, struktur dari rangka atap ini tidak bisa menyerupai struktur *truss* yang struktur batangnya dapat menyatu satu sama lain. Pipa tersebut dirakit sesuai dengan model-model yang sudah direncanakan, lalu kemudian diuji menggunakan *loading frame*. Adapun tahapan yang nantinya akan dilakukan pengujian rangka atap ini.

- 1) pembuatan benda uji kuda-kuda model 1 dan model 2. Proses perakitan benda uji dapat dilihat pada Gambar 4.18 sampai dengan Gambar 4.21.



Gambar 4.17 Praktisan Benda Uji Kuda-Kuda Model 1



Gambar 4.18 Perakitan Benda Uji Kuda-Kuda Model 2



Gambar 4.19 Hasil Perakitan Kuda-Kuda Model 1



Gambar 4.20 Hasil Perakitan Kuda-Kuda Model 2

- 2) mengatur ketinggian dari *frame* agar sesuai dengan ketinggian benda uji kuda-kuda yang akan diuji;
 - 3) meletakkan benda uji persis dibawah dari *load cell* kemudian dipasang pengaman agar tidak terjadi eksentrisitas dari benda uji.
 - 4) mengatur pemasangan dari *LVDT* yang dibantu dengan pemasangan akrilik pada setiap titik *LVDT*.
 - 5) mengatur *data logger* agar terhubung dengan *LVDT*;
 - 6) beban diturunkan perlahan sampai menempel pada bidang atas benda uji;
 - 7) alat uji tekan dijalankan;
 - 8) mengamati beban maksimum dan arah lendutan benda uji.
- b. Analisis Struktur Rangka Atap Menggunakan *Software*

Analisis struktur pada rangka atap ini akan menggunakan *software* SAP 2000 dalam bentuk 2 dimensi. Tujuan dari analisis struktur ini untuk memvalidasi pengujian yang telah dilakukan di laboratorium. Tahapan yang akan dilakukan ketika analisis numerik menggunakan SAP 2000

1) *Define Material*

Tahap pertama yang dilakukan adalah *define material* dari pipa PVC dengan *input data* propertis pipa seperti berat volume dan modulus elastisitas. Berikut pada Gambar 4.22 merupakan hasil dari *input data* propertis dari pipa PVC.

Material Property Data

General Data

Material Name and Display Color:

Material Type:

Material Grade:

Material Notes:

Weight and Mass

Weight per Unit Volume:

Mass per Unit Volume:

Units

Isotropic Property Data

Modulus Of Elasticity, E:

Poisson, U:

Coefficient Of Thermal Expansion, A:

Shear Modulus, G:

Gambar 4.21 *Input Data Propertis Pipa PVC*

2) *Section Properties*

Tahap kedua adalah dengan *input* data ukuran dan ketebalan dari pipa PVC dengan satuan yang sudah disesuaikan. Berikut pada Gambar 4.23 merupakan *input* data untuk *section properties*.

Pipe Section

Section Name: Display Color:

Section Notes:

Dimensions

Outside diameter (t3):

Wall thickness (tw):

Section

Material

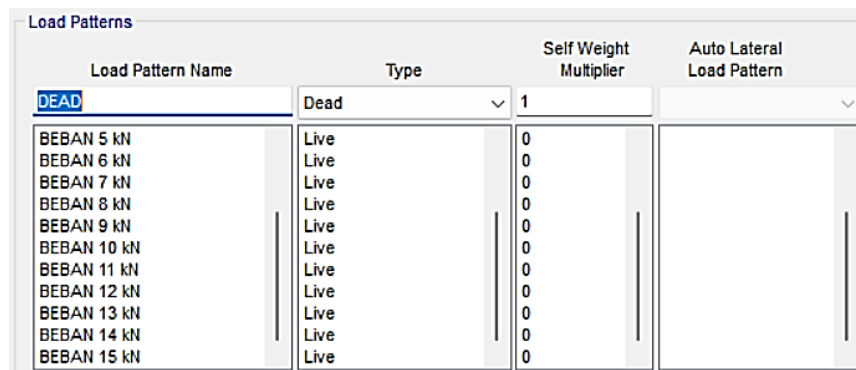
Property Modifiers

Properties

Gambar 4. 22 *Input Data Ukuran dan Ketebalan Pipa PVC*

3) Load Pattern

Setelah selesai *input* data material pipa PVC, tahap selanjutnya adalah *input load pattern*. *Load pattern* merupakan distribusi beban secara spasial pada suatu struktur. Data yang di *input* pada *load pattern* ini berdasarkan beban yang akan ditinjau dan dibandingkan dengan pengujian yang dilakukan di laboratorium. Berikut pada Gambar 4.24 merupakan data *load pattern* yang akan digunakan.

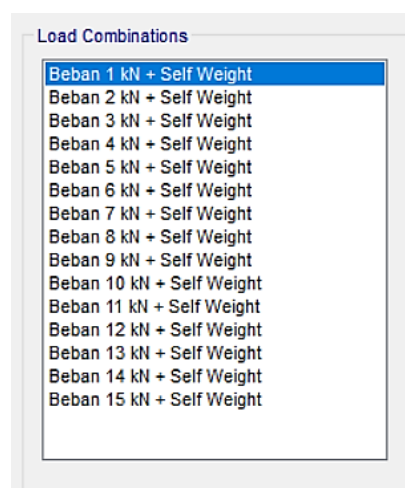


Load Pattern Name	Type	Self Weight Multiplier	Auto Lateral Load Pattern
DEAD	Dead	1	
BEBAN 5 kN	Live	0	
BEBAN 6 kN	Live	0	
BEBAN 7 kN	Live	0	
BEBAN 8 kN	Live	0	
BEBAN 9 kN	Live	0	
BEBAN 10 kN	Live	0	
BEBAN 11 kN	Live	0	
BEBAN 12 kN	Live	0	
BEBAN 13 kN	Live	0	
BEBAN 14 kN	Live	0	
BEBAN 15 kN	Live	0	

Gambar 4. 23 Data Load Pattern untuk Analisis

4) Load Combination

Pada tahap *load combination* ini beban yang sudah di *input* pada *load pattern* dikombinasikan dengan beban sendiri dari struktur kuda-kuda. Pada Gambar 4.25 merupakan rekap dari kombinasi beban struktur dan beban yang akan ditinjau.

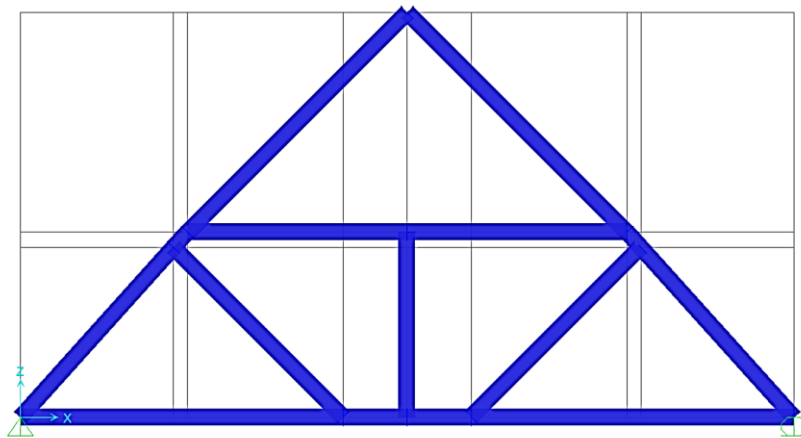


Load Combinations
Beban 1 kN + Self Weight
Beban 2 kN + Self Weight
Beban 3 kN + Self Weight
Beban 4 kN + Self Weight
Beban 5 kN + Self Weight
Beban 6 kN + Self Weight
Beban 7 kN + Self Weight
Beban 8 kN + Self Weight
Beban 9 kN + Self Weight
Beban 10 kN + Self Weight
Beban 11 kN + Self Weight
Beban 12 kN + Self Weight
Beban 13 kN + Self Weight
Beban 14 kN + Self Weight
Beban 15 kN + Self Weight

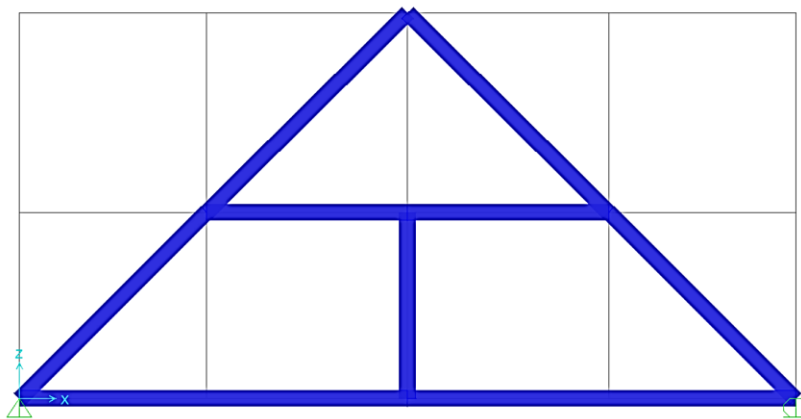
Gambar 4. 24 Kombinasi Beban Struktur dan Beban Yang Ditinjau

5) Membuat dan Menggambar *Grid*

Pembuatan *grid* pada SAP 2000 ini menggunakan ukuran asli dari struktur kuda-kuda yang diuji di laboratorium. Pengukuran ini ditinjau antar titik as dari setiap sambungan pipa. Berikut pada Gambar 4.26 dan Gambar 4.27 merupakan hasil penggambaran kuda-kuda model 1 dan model 2 pada SAP 2000.



Gambar 4. 25 Hasil Permodelan Kuda-Kuda 1

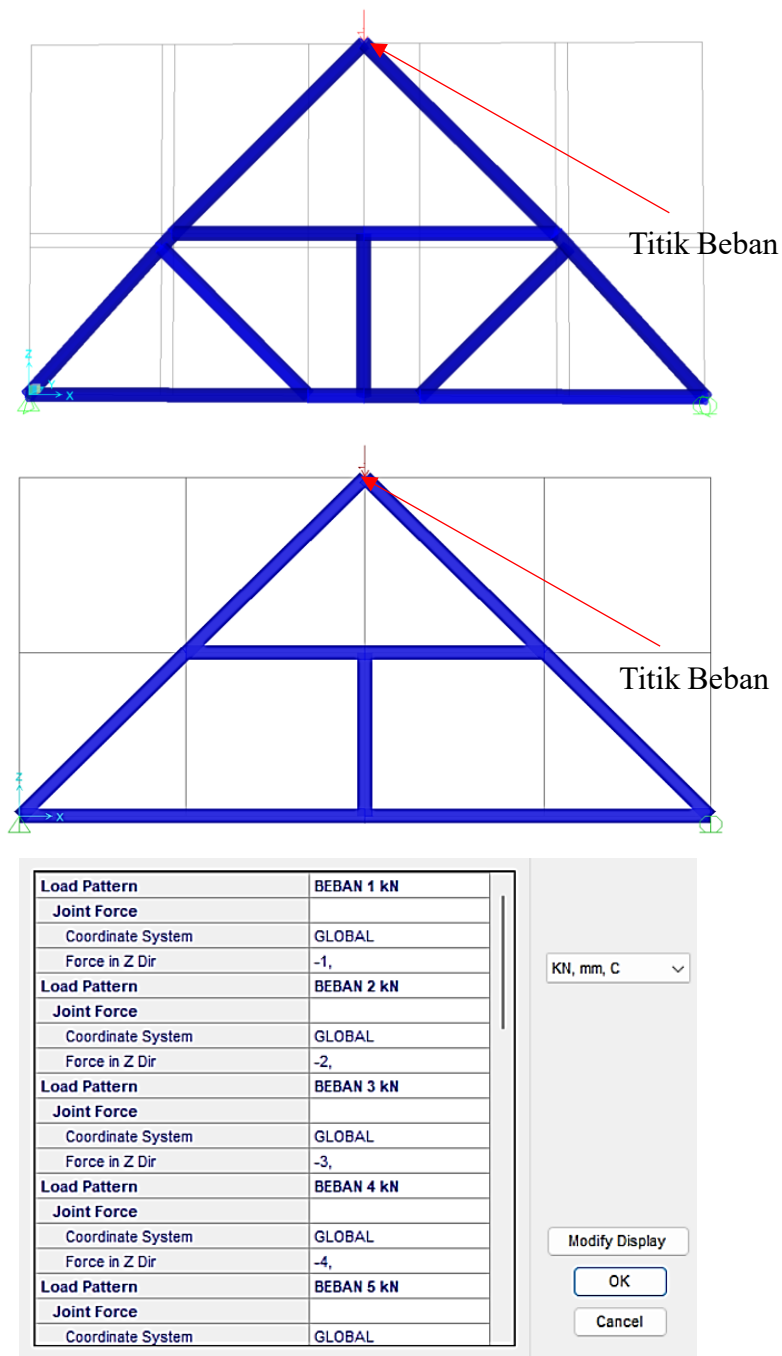


Gambar 4. 26 Hasil Permodelan Kuda-Kuda 2

6) Menetapkan Beban

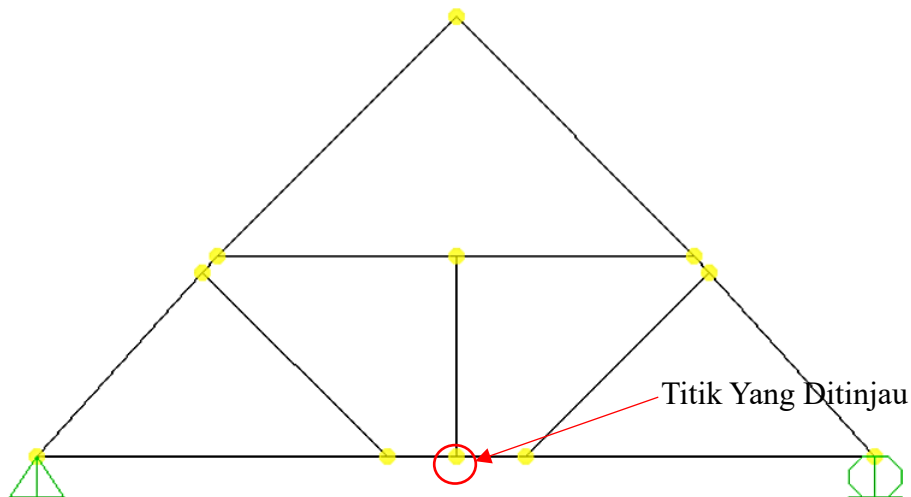
Kemudian *input* data beban yang sudah dibuat pada *load pattern* dengan beban yang sesuai. Titik beban yang akan di *input* terletak seperti gambar

sesuai dengan pengujian sesungguhnya. Pada Gambar 4.28 merupakan titik beban dan beban yang telah di *input* pada titik tersebut.

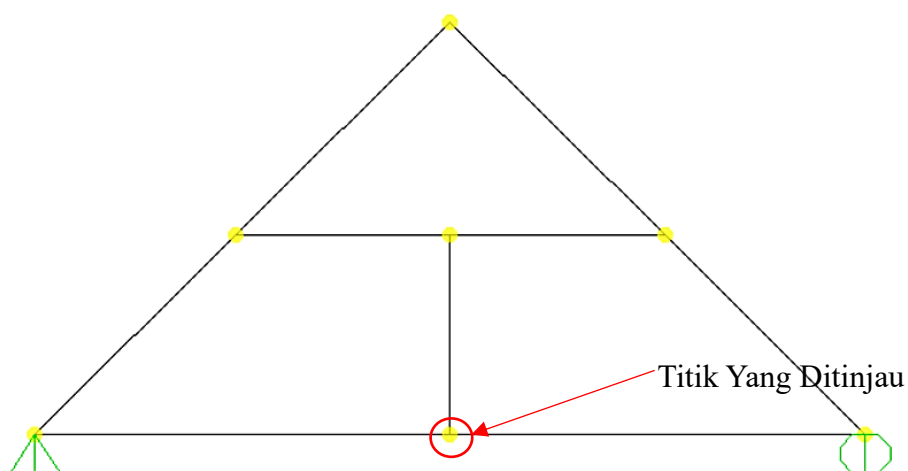


Gambar 4. 27 Titik Beban dan Beban yang Telah Di *Input*

Berikut pada Gambar 4.29 dan Gambar 4.30 merupakan hasil akhir dari permodelan SAP 2000 yang nantinya akan menganalisis hasil dari deformasi maksimum yang didapatkan pada titik tinjauan masing-masing model.



Gambar 4. 28 Permodelan SAP 2000 Kuda-Kuda Model 1



Gambar 4. 29 Permodelan SAP 2000 Kuda-Kuda Model 2

4.6.6 Pengolahan Data

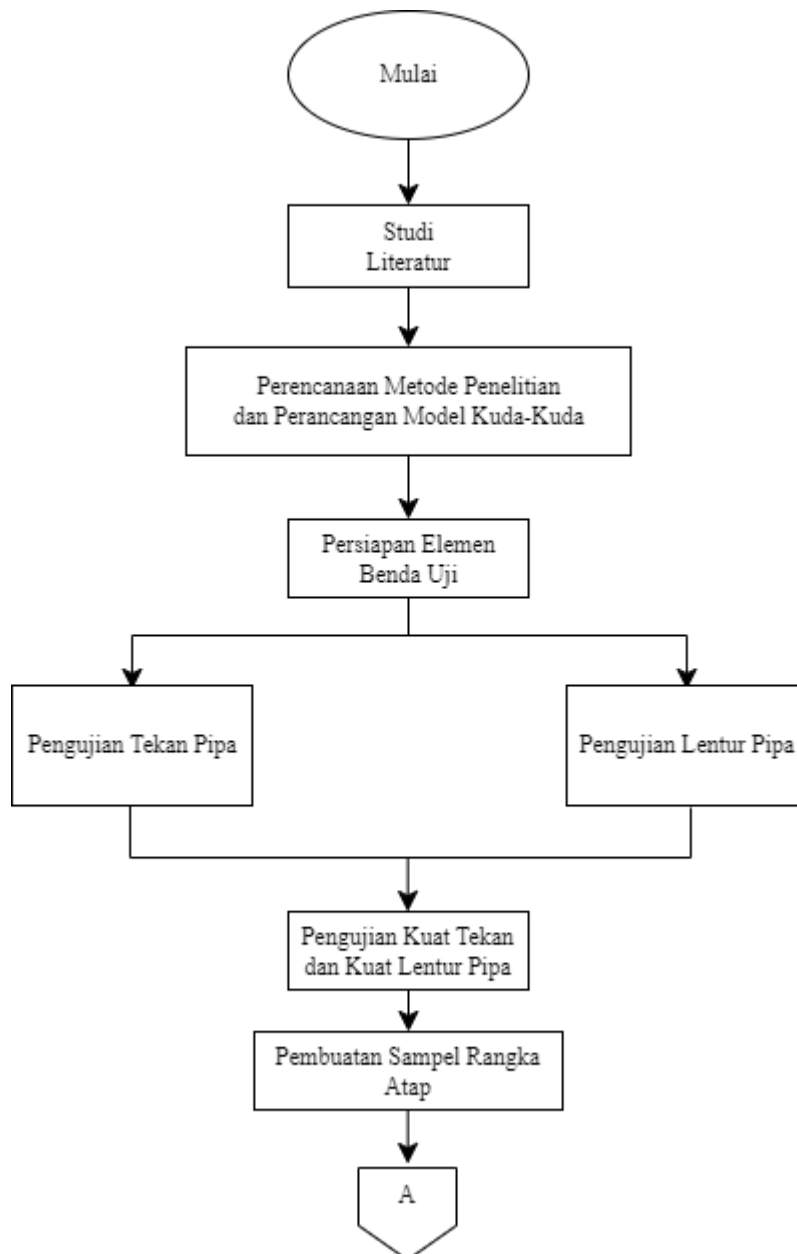
Pengolahan data akan dilakukan pada data yang baru saja diperoleh dari setiap pengujian. Dikarenakan setiap pengujian ini akan saling berkorelasi dan berkesinambungan, jadi data ini akan mendapatkan parameter-parameter yang dapat digunakan pada tahapan selanjutnya.

4.6.7 Analisis Data

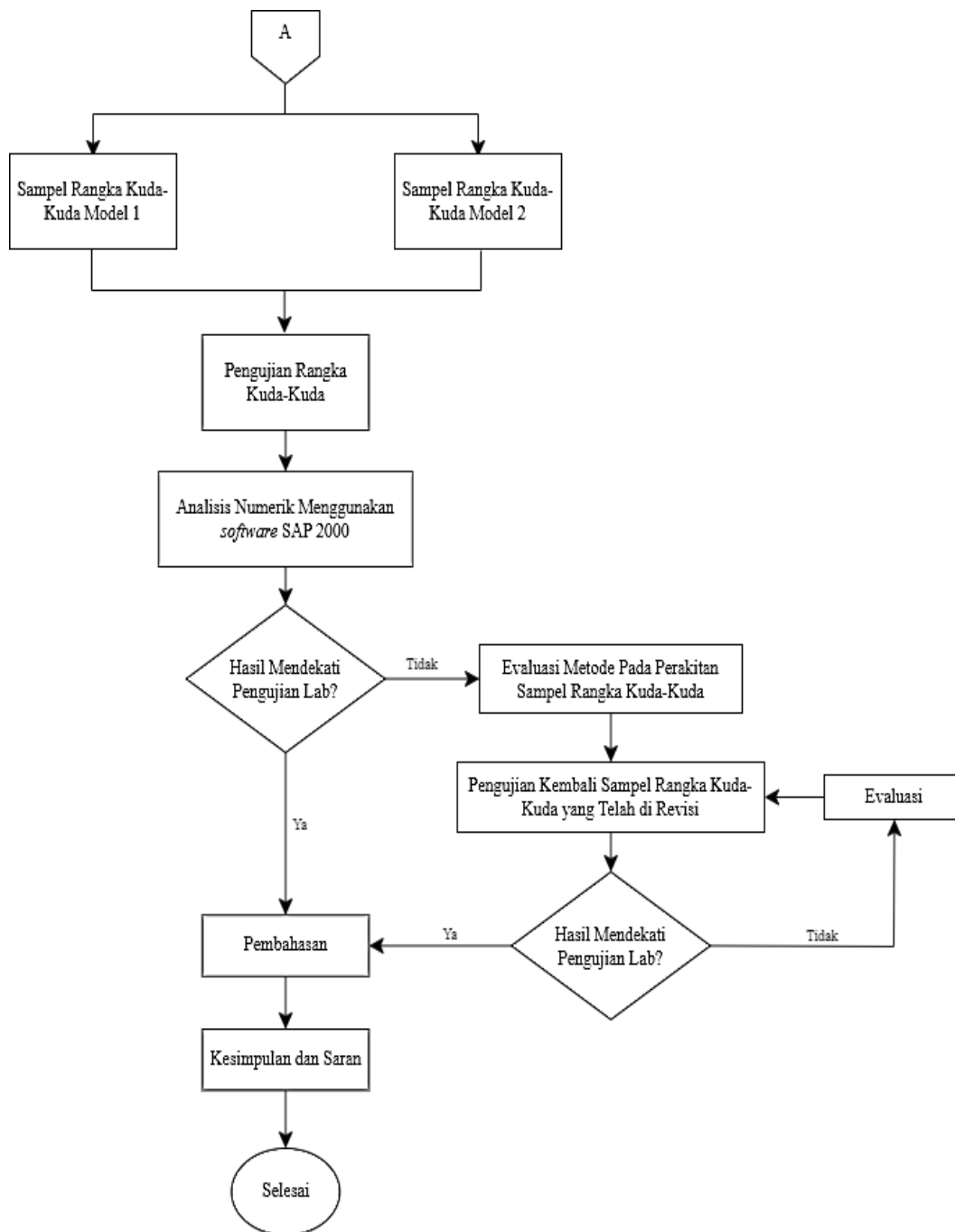
Berdasarkan hasil olah data yang didapatkan, hasil data akan dibandingkan antara pengujian satu dengan pengujian lainnya sehingga mendapatkan perbedaan hasil yang terjadi. Dari tahap ini akan mendapatkan nilai dari

4.6.8 Flowchart

Flowchart dari penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.31 berikut.



Gambar 4.30 *Flowchart* Penelitian



Lanjutan Gambar 4.31 Flowchart Penelitian

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Pendahuluan

Bab ini merupakan pembahasan dan hasil-hasil yang diperoleh dari pengujian struktur rangka kuda-kuda berbahan dasar pipa PVC. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan antara pengujian di laboratorium dan analisis numerik menggunakan *software* SAP 2000 dengan 2 model rangka kuda-kuda yang berbeda.

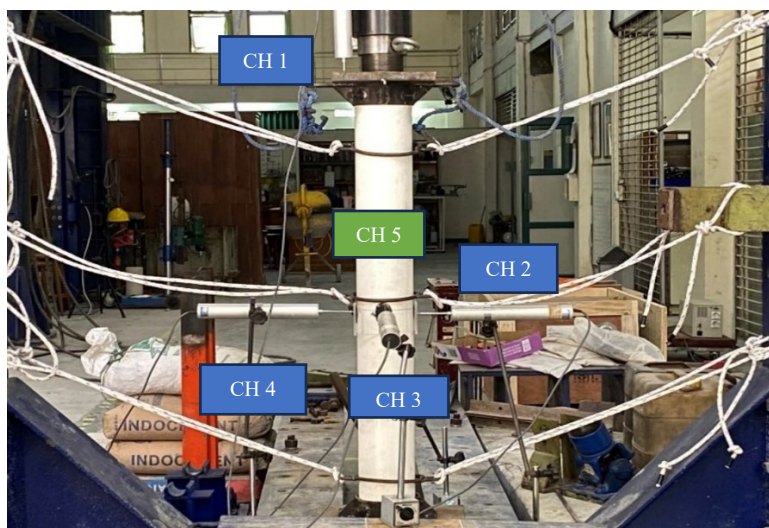
5.2 Pengujian Laboratorium

5.2.1 Pengujian Tekan Pipa PVC

Pengujian tekan pipa ini menggunakan pipa berdiameter 3” dengan panjang pipa 1 meter. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui besar nilai kuat tekan maksimum yang dapat diterima pipa. Kemudian mengamati perilaku dari pipa yang sangat tidak bisa diprediksi apabila diberikan beban.

5.2.1.1 Sampel Uji Tekan Pipa PVC

Pengujian ini mempunyai dua sampel pipa dengan diameter dan panjang yang sudah ditetapkan. Berikut pada Gambar 5.1 merupakan sampel pengujian tekan.



Gambar 5. 1 Sampel Pengujian Tekan

Pengaturan alat untuk pengujian tekan ini membutuhkan waktu yang cukup panjang untuk satu sampel. Perlu adanya pengaman yang cukup agar risiko kecelakaan rendah dan meminimalisir risiko kerusakan pada alat pengujian yang berada disekitarnya. Pada setiap sampel diberikan plat baja yang dimodifikasi seperti topi sampel dengan sekrup pada bagian atas dan bawah pipa serta diberikan cincin sebanyak 3 buah sebagai pengekang daripada sampel pipa ini yang diprediksi dapat berpotensi terlemparnya sampel. *Linear Variable Differential Transformer (LVDT)* yang digunakan pada pengujian tekan ini terdapat 5 titik dibantu dengan akrilik pada titik *LVDT* agar tidak terjadinya kesalahan pembacaan mengingat permukaan dari pipa yang tabung dan tidak licin. Pemasangan *LVDT* ini bertujuan untuk mengamati perilaku dari sampel. Pada Gambar 5.2 adalah pemasangan akrilik pada sampel pipa.



Gambar 5. 2 Pemasangan Akrilik Pada Sampel Pipa

Sebelum sampel ini dipasang, sampel ditimbang dan diukur terlebih dahulu. Berikut pada Tabel 5.1 merupakan data dari kedua sampel yang akan diuji tekan.

Tabel 5. 1 Data Sampel Uji Tekan

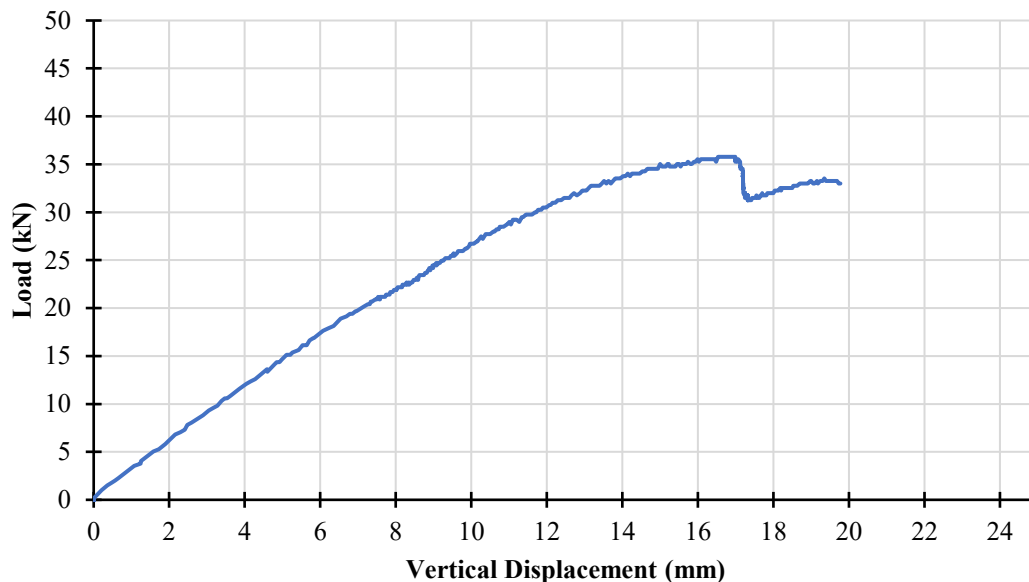
No. Sampel	Ukuran (in)	Variasi	Berat (kg)	Panjang (cm)	Kode Sampel
1	3	Kosong	1,53	97,00	TKN_3"_1
2	3	Kosong	1,50	96,75	TKN_3"_2

5.2.1.2 Data Hasil Pengujian

Dari sampel yang sudah siap diuji, nantinya akan dilakukan pengujian dengan menurunkan beban sedikit demi sedikit dibantu dengan *hydraulic jack* untuk memompa *load cell* menekan benda uji. Pengujian tersebut nantinya akan didapatkan data beban dan *displacement* untuk dianalisis menggunakan *software*. Data tersebut nantinya akan diketahui beban maksimum yang dapat diterima pipa dan bagaimana perilaku dari pipa ketika mencapai beban maksimum.

1. Sampel 1

Pada Gambar 5.3 merupakan grafik dari hubungan beban dan *displacement* untuk sampel 1 yang merupakan hasil dari pengujian kuat tekan.



Gambar 5. 3 Grafik Hubungan Beban dan *Displacement* pada CH 1 Sampel 1

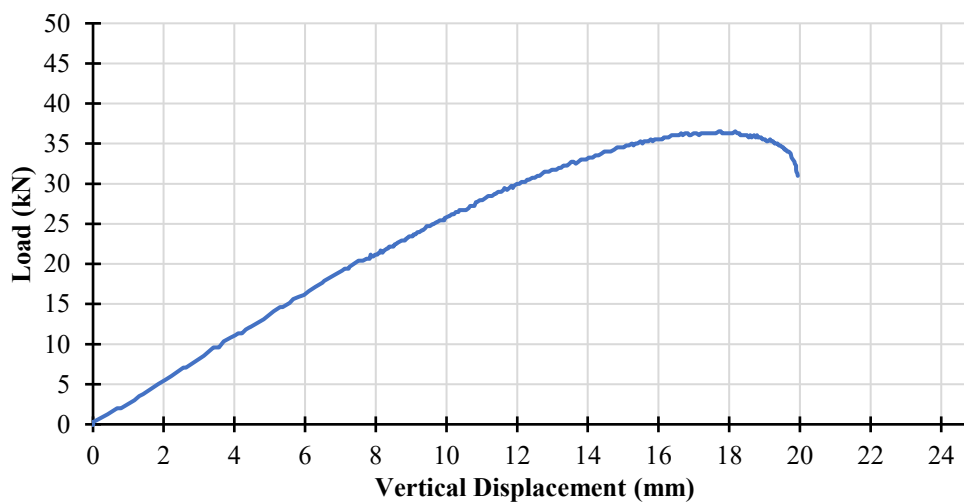
Data tersebut merupakan data yang didapatkan dari *LVDT*. Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa sampel pipa ini tidak mengembang tetapi pipa mengalami tekuk ke salah satu sisi. Nilai kuat tekan maksimum yang dapat dicapai pada sampel 1 ini sebesar 35,80 kN. Pada Gambar 5.4 merupakan kondisi sampel setelah diuji.



Gambar 5. 4 Kondisi Sampel 1 Setelah Dilakukan Uji Tekan

2. Sampel 2

Hasil dari pengujian tekan pada sampel 2 dapat dilihat pada Gambar 5.5 yang merupakan grafik dari hubungan beban dan *displacement* dari sampel 2.



Gambar 5. 5 Grafik Hubungan Beban dan *Displacement* pada CH 1 Sampel 2

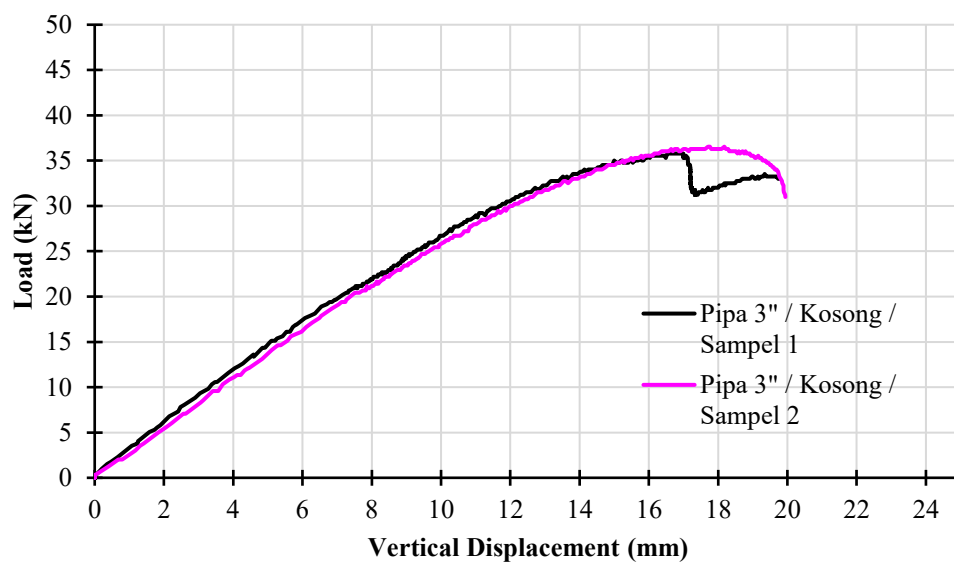
Data tersebut merupakan data yang didapatkan dari *LVDT*. Dari grafik diatas dapat disimpulkan bahwa sampel pipa yang ke-2 ini perilakunya sama dengan sampel pipa yang ke-1. Pipa ini tidak mengembung tetapi pipa mengalami tekuk ke

salah satu sisi. Nilai kuat tekan maksimum yang dapat dicapai pada sampel 2 ini sebesar 36,54 kN. Pada Gambar 5.6 merupakan kondisi sampel setelah diuji.



Gambar 5. 6 Kondisi Sampel 2 Setelah Dilakukan Uji Tekan

Berikut pada Gambar 5.7 adalah grafik perbandingan kuat tekan maksimum antara sampel 1 dan sampel 2.



Gambar 5. 7 Perbandingan Nilai Kuat Tekan Maksimum Sampel 1 dan Sampel 2

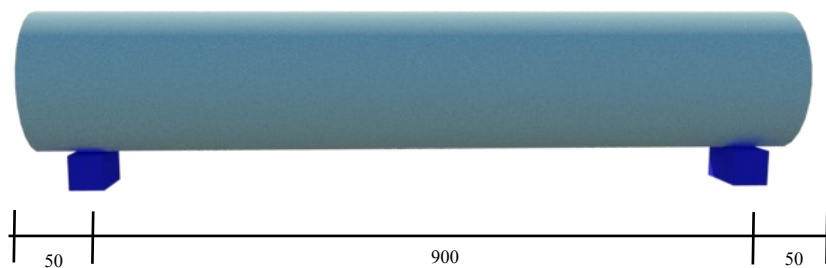
Tabel 5.2 merupakan rekapitulasi dari hasil pengujian tekan pipa PVC.

Tabel 5. 2 Rekapitulasi Data Hasil Pengujian Tekan

No. Sampel	Kode Sampel	Beban Maks (kN)
1	TKN_3"_1	35,780
2	TKN_3"_2	36,540

5.2.2 Uji Lentur

Pengujian lentur pipa ini menggunakan pipa berdiameter 3” dengan 2 macam variasi panjangnya, yaitu dengan panjang pipa 1 meter dan dengan panjang pipa 2 meter. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui besar nilai kuat lentur maksimum yang dapat diterima pipa. Pada Gambar 5.8 merupakan sket pengujian lentur.

**Gambar 5. 8 Sket Pengujian Lentur Pipa**

5.2.2.1 Sampel Uji Lentur

Pengujian lentur ini mempunyai 2 variasi bentangnya, 1 meter dan 2 meter. Benda uji dengan bentang 1 meter terdapat 2 sampel yang akan diuji dan benda uji dengan bentang 2 meter mempunyai 3 sampel yang akan diuji. Pada Gambar 5.9 adalah sampel dari pengujian lentur.



Gambar 5. 9 Sampel Pengujian Lentur

Pengaturan alat *safety* untuk pengujian lentur ini tidak membutuhkan waktu yang lama seperti pada pengujian tekan. Benda uji perlu diberikan garis bantu 5 cm dari masing-masing ujung benda uji untuk tumpuan. *LVDT* yang dibutuhkan pada pengujian lentur ini hanya satu untuk membaca nilai *dsplacement* yang terjadi ketika beban mencapai nilai maksimum.

Sebelum sampel ini dipasang, sampel ditimbang dan diukur terlebih dahulu. Berikut pada Tabel 5.3 merupakan data dari kedua sampel yang akan diuji lentur.

Tabel 5. 3 Data Sampel Uji Lentur

Ukuran	No. Sampel	Variasi	Berat (kg)	Panjang (cm)	Kode Sampel
1 m	1	Kosong	1,600	99,700	LNTR_1M_1
	2	Kosong	1,580	99,800	LNTR_1M_2
2 m	1	Kosong	2,558	194	LNTR_2 M_1
	2	Kosong	2,556	194	LNTR_2 M_2
	3	Kosong	2,569	194	LNTR_2 M_3

5.2.2.2 Data Hasil Pengujian

Dari sampel yang sudah dipotong sesuai dengan ukurannya masing-masing, nantinya akan dilakukan pengujian dengan mekanisme yang sama dengan

pengujian tekan yaitu menurunkan beban sedikit demi sedikit dibantu dengan *hydraulic jack* untuk memompa *load cell* menekan benda uji. Pengujian tersebut nantinya akan didapatkan data beban dan *displacement* yang kemudian akan dianalisis menggunakan *software* sehingga muncul grafik hubungan antara beban dan *displacement*. Dari grafik tersebut akan dikomparasi hasilnya antara benda uji yang mempunyai bentang 1 meter dan 2 meter.

1. Sampel Bentang 1 meter

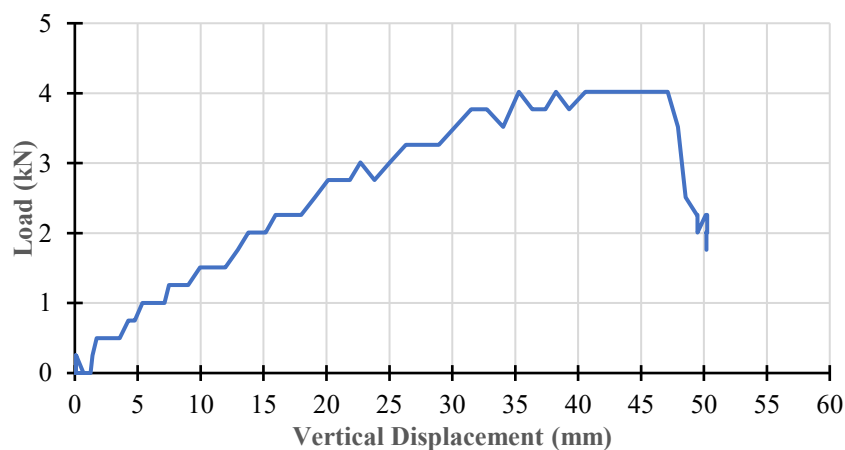
a. Sampel 1

Data dari benda uji sampel 1 ini adalah sebagai berikut.

$$L = 99,700 \text{ cm}$$

$$w = 1,600 \text{ kg}$$

Pada Gambar 5.10 merupakan grafik data hasil pengujian lentur yang didapatkan dari *LVDT* sampel 1.



Gambar 5. 10 Grafik Hubungan Beban dan *Displacement* Sampel 1 Bentang 1 meter

Grafik tersebut merupakan data dari hasil pengujian lentur yang didapatkan dari *LVDT* sampel 1. Grafik diatas dapat disimpulkan bahwa sampel pipa yang ke-1 ini dapat menerima beban maksimum sebesar 4,02 kN dengan *displacement* maksimum sebesar 47,125 mm. Pada Gambar 5.11 merupakan hasil pengujian lentur sampel 1.



Gambar 5. 11 Kondisi Sampel 1 Bentang 1 Meter Setelah Diuji Lentur

Dapat dilihat pada Gambar 5.11 bahwa setelah benda uji diberikan beban maksimum, benda uji akan langsung rusak yang ditandai dengan beban yang menurun drastis dan terdapat kerusakan fisik pada benda uji.

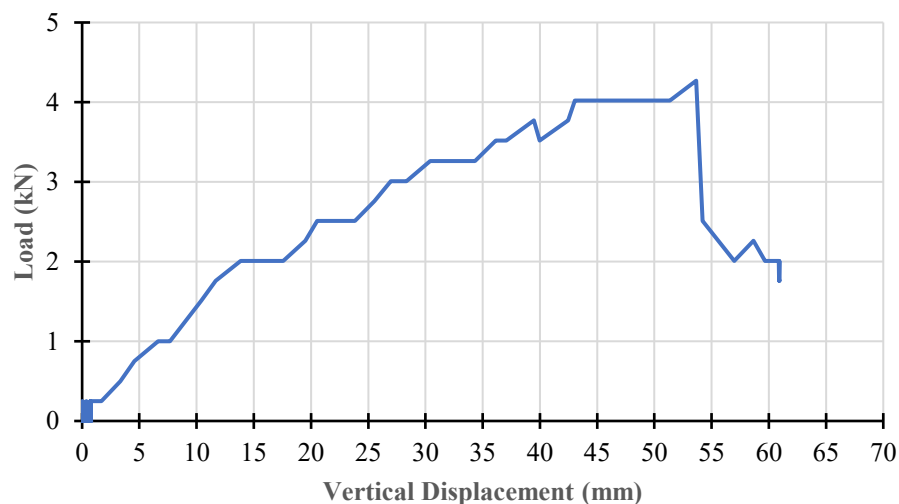
b. Sampel 2

Data dari benda uji sampel 2 ini adalah sebagai berikut.

$$L = 99,800 \text{ cm}$$

$$w = 1,580 \text{ kg}$$

Pada Gambar 5.12 merupakan grafik data hasil pengujian lentur yang didapatkan dari *LVDT* sampel 2.



**Gambar 5. 12 Grafik Hubungan Beban dan *Displacement* Sampel 2
Bentang 1 meter**

Grafik diatas dapat disimpulkan bahwa sampel pipa yang ke-2 ini dapat menerima beban maksimum sebesar 4,27 kN dengan *displacement* maksimum sebesar 53,646 mm. Perilaku dari benda uji sampel ke-2 ini bisa dikatakan hampir sama dengan benda uji sampel ke-1, apabila benda uji sudah mencapai beban maksimum fisik dari benda uji akan mengalami rusak dan beban yang dibaca pada *data logger* akan mengalami penurunan yang signifikan. Pada Gambar 5.13 merupakan kondisi dari benda uji sampel 2.



Gambar 5. 13 Kondisi Sampel 2 Bentang 1 meter Setelah Diuji Lentur

2. Sampel Bentang 2 meter

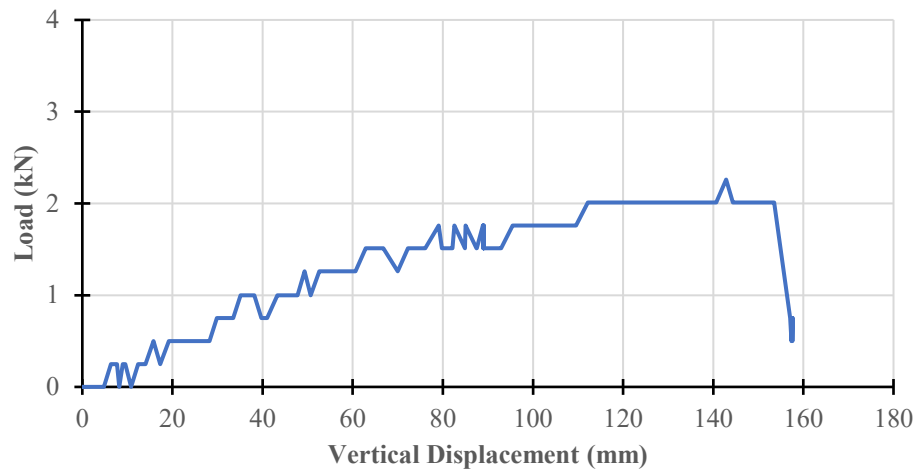
a. Sampel 1

Data dari benda uji sampel 1 ini adalah sebagai berikut.

$$L = 194,000 \text{ cm}$$

$$w = 2,558 \text{ kg}$$

Gambar 5.14 merupakan grafik data hasil pengujian lentur yang didapatkan dari *LVDT* sampel 1 dengan bentang benda uji 2 meter.



Gambar 5. 14 Grafik Hubungan Beban dan *Displacement* Sampel 1 Bentang 2 meter



Gambar 5. 15 Kondisi Sampel 1 Bentang 2 meter Setelah Diuji Lentur

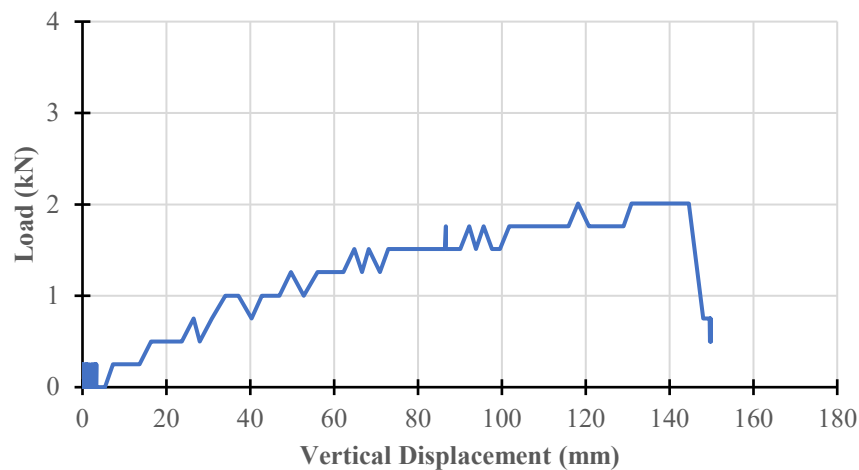
b. Sampel 2

Data dari benda uji sampel 2 ini adalah sebagai berikut.

$$L = 194,000 \text{ cm}$$

$$w = 2,558 \text{ kg}$$

Gambar 5.16 merupakan grafik data hasil pengujian lentur yang didapatkan dari *LVDT* sampel 2 dengan bentang benda uji 2 meter.



Gambar 5. 16 Grafik Hubungan Beban dan *Displacement* Sampel 2 Bentang 2 meter

Grafik tersebut merupakan data dari hasil pengujian lentur yang didapatkan dari *LVDT* sampel 2 dengan bentang 2 meter. Grafik diatas dapat disimpulkan bahwa sampel pipa yang ke-2 ini dapat menerima beban maksimum sebesar 2,010 kN dengan *displacement* maksimum sebesar 144,578 mm. Pada Gambar 5.17 merupakan hasil pengujian lentur sampel 2 dengan bentang pipa sepanjang 2 meter.



Gambar 5. 17 Kondisi Sampel 2 Bentang 2 meter Setelah Diuji Lentur

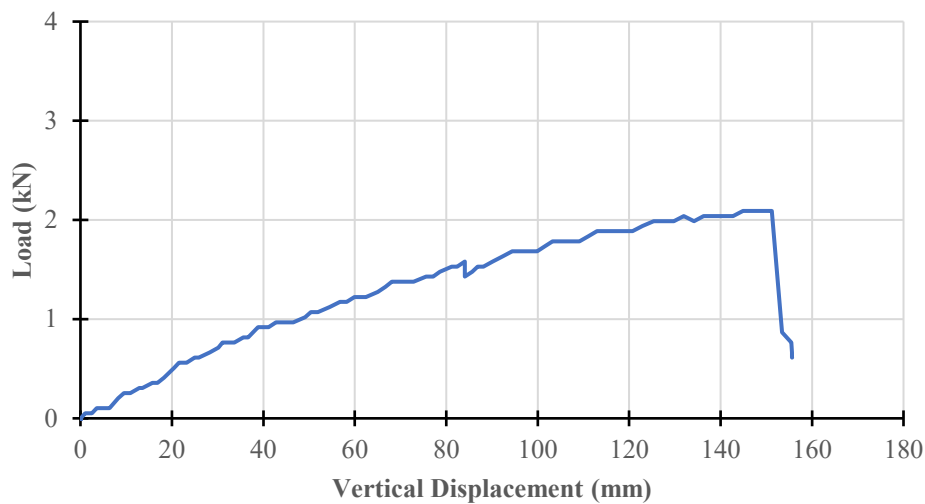
c. Sampel 3

Data dari benda uji sampel 3 ini adalah sebagai berikut.

$$L = 194,000 \text{ cm}$$

$$w = 2,569 \text{ kg}$$

Gambar 5.18 merupakan grafik data hasil pengujian lentur yang didapatkan dari *LVDT* sampel 3 dengan bentang benda uji 2 meter.



**Gambar 5. 18 Grafik Hubungan Beban dan *Displacement* Sampel 3
Bentang 2 meter**

Grafik tersebut merupakan data dari hasil pengujian lentur yang didapatkan dari *LVDT* sampel 3 dengan bentang 2 meter. Grafik diatas dapat disimpulkan bahwa sampel pipa yang ke-3 ini dapat menerima beban maksimum sebesar 2,091 kN dengan *displacement* maksimum sebesar 149,243 mm. Pada Gambar 5.19 merupakan hasil pengujian lentur sampel 3 dengan bentang pipa sepanjang 2 meter.



Gambar 5. 19 Kondisi Sampel 2 Bentang 2 meter Setelah Diuji Lentur

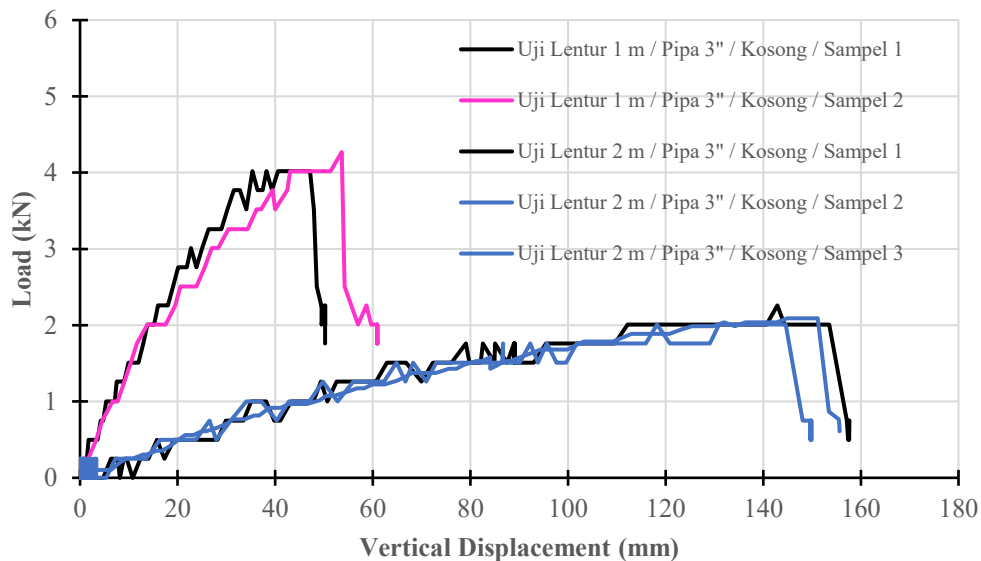
Dari gambar kondisi diatas dapat disimpulkan bahwa sampel uji lentur pipa ini pipa tidak mengalami kerusakan yang cukup signifikan hingga sampel putus dan ketika beban dilepaskan pipa ini belum mencapai kondisi plastis, namun pipa ini masih dalam kondisi elastis ditandai dengan pipa yang dapat merilis kembali bentuknya walaupun sudah mengalami kerusakan pada tengah bentang. Nilai beban rata-rata yang dicapai sampel dengan panjang bentang 1 meter adalah 4,145 kN dan beban rata-rata yang dicapai sampel dengan panjang bentang 2 meter adalah 2,12 kN. Rekapitulasi hasil pengujian lentur dapat dilihat pada Tabel 5.4. Gambar 5.20 adalah grafik perbandingan uji lentur bentang 1 meter dan bentang 2 meter.

Tabel 5. 4 Data Hasil Pengujian Lentur

Ukuran	No. Sampel	Variasi	Berat (kg)	Panjang (cm)	Beban (kN)	Lendutan yang dicapai (mm)
1 m	1	Kosong	1,600	99,700	4,020	47,125
	2	Kosong	1,580	99,800	4,270	53,646
Rata-rata					4,145	

Lanjutan Tabel 5. 5 Data Hasil Pengujian Lentur

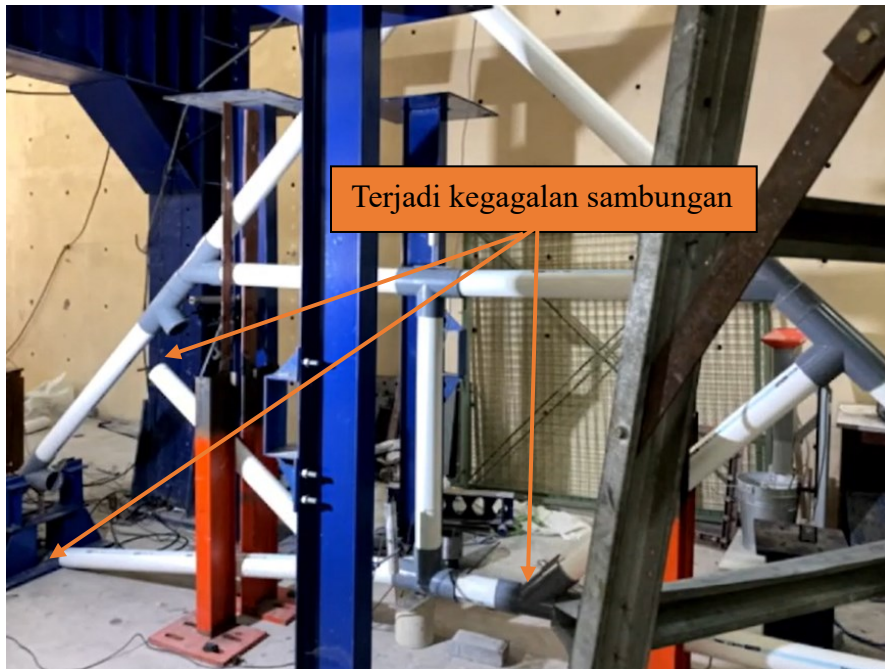
2 m	1	Kosong	2,558	194,000	2,260	142,889
	2	Kosong	2,556	194,000	2,010	144,578
	3	Kosong	2,569	194,000	2,091	149,243
Rata-rata					2,12	



Gambar 5. 20 Grafik Perbandingan Uji Lentur

5.3 Uji Kuda-Kuda Laboratorium

Pengujian kuda-kuda ini sangat berkolerasi dengan pengujian-pengujian sebelumnya. Hasil dari pengujian laboratorium nantinya akan dikomparasi dengan hasil analisis menggunakan *software* SAP 2000. Pada saat perakitan kuda-kuda ini terdapat banyak kendala terutama pada saat pengeliman pipa dengan sambungan pipa. Sampel kuda-kuda sudah diuji, namun terdapat kegagalan sambungan pada bagian batang tarik dikarenakan pengeliman yang tidak merata dan kurang dalamnya pipa pada sambungan yang membuat sampel yang diuji lepas dari sambungan. Berikut pada Gambar 5.21 merupakan gambar letak dari kegagalan pengujian.



Gambar 5. 21 Kondisi Sampel Kuda-Kuda Setelah Percobaan 1

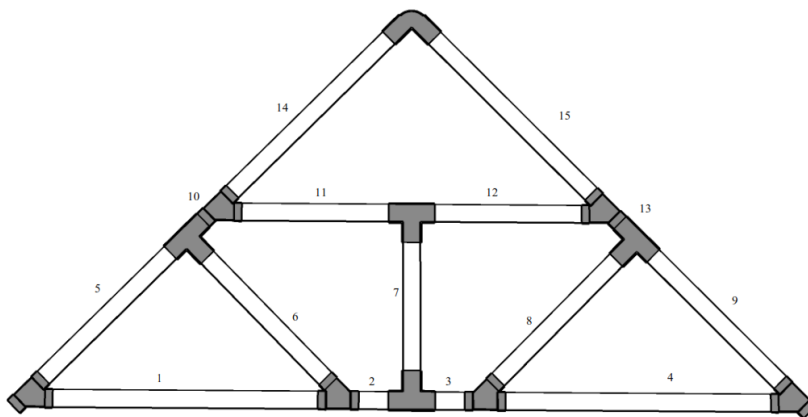
Kegagalan percobaan tersebut terletak sebagian besar pada bagian batang tarik. Ketika kuda-kuda dibebani, kekuatan lem dari batang tarik sangat berpengaruh karena batang tarik pipa akan menarik diri dari sambungan. Dilakukan evaluasi pada metode pengeliman dengan cara menandai dengan garis sepanjang 5 cm dari ujung pipa untuk acuan kedalaman pipa pada sambungan.

5.3.1 Sampel Pengujian

Sampel dari pengujian kuda-kuda ini mempunyai 2 buah sampel adalah sebagai berikut.

1. Sampel Kuda-Kuda Model 1

Sampel kuda-kuda model 1 ini mempunyai bentuk yang hampir menyerupai bentuk dari struktur kuda-kuda pada umumnya. Namun yang menjadi perbedaan adalah pada bagian titik tertentu pipa tidak bisa menyatu karena keterbatasan sambungan. Berikut pada Gambar 5.22 merupakan sket dari permodelan kuda-kuda dan pada Tabel 5.5 merupakan data elemen dari masing-masing batang kuda-kuda.



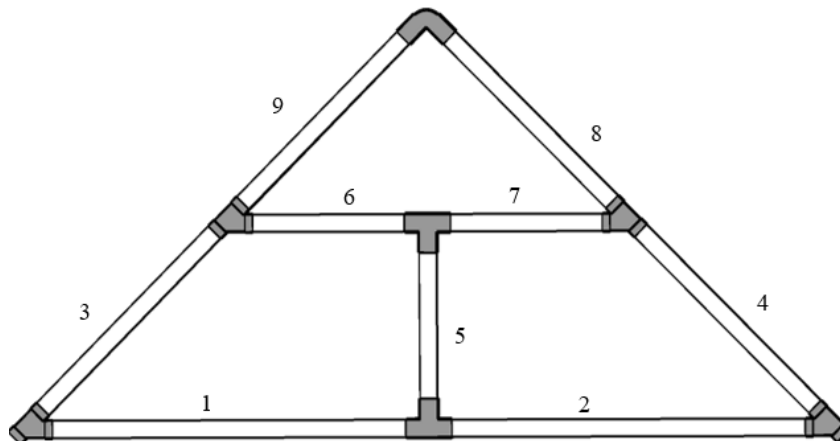
Gambar 5. 22 Kuda-Kuda Model 1

Tabel 5. 6 Data Masing-Masing Elemen Kuda-Kuda Model 1

Kode Batang	Panjang Batang (cm)
1	169,00
2	33,50
3	33,50
4	168,50
5	116,50
6	119,50
7	97,00
8	118,50
9	116,50
10	22,00
11	115,00
12	115,00
13	22,00
14	150,00
15	150,00

2. Sampel Kuda-Kuda Model 2

Bentuk dari kuda-kuda model 2 ini lebih sederhana daripada model 1. Berikut pada Gambar 5.23 merupakan sket dari permodelan kuda-kuda dan pada Tabel 5.6 merupakan data elemen dari masing-masing batang kuda-kuda.



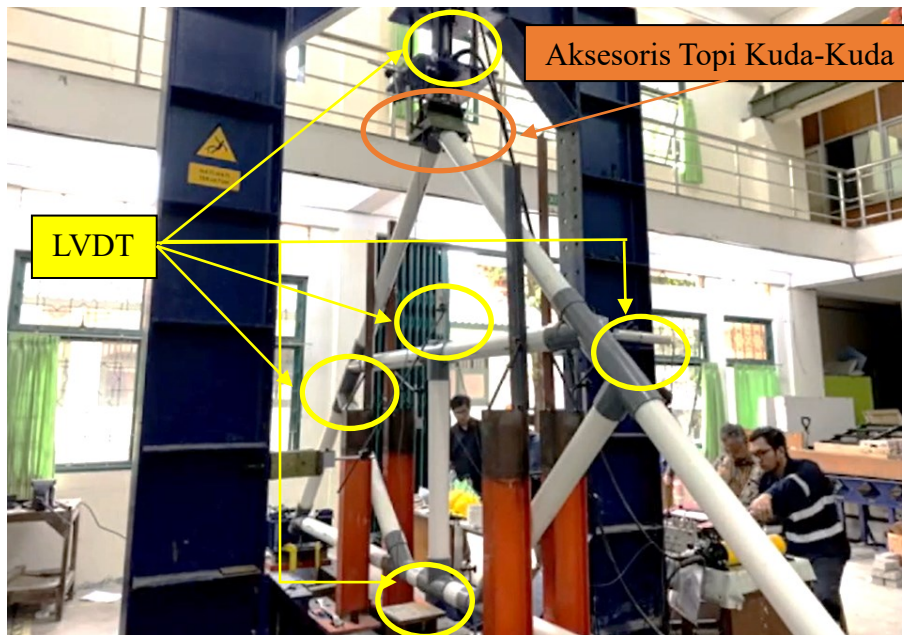
Gambar 5. 23 Kuda-Kuda Model 2

Tabel 5. 7 Data Masing-Masing Elemen Kuda-Kuda Model 2

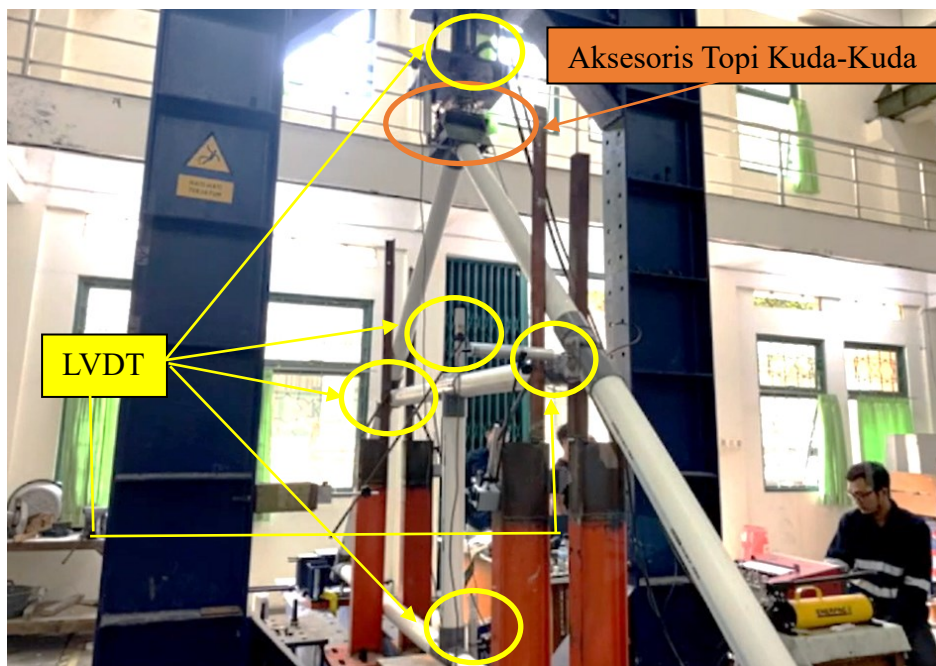
Kode Batang	Panjang Batang (cm)
1	209,50
2	209,50
3	143,50
4	143,50
5	100,00
6	107,50
7	108,20
8	152,00
9	151,00

5.3.2 Data Hasil Pengujian

Pengaturan alat untuk pengujian rangka atap dibuatkan penahan pada keempat sisi dari kuda kuda yang bertujuan agar benda uji tidak bergerak dan agar tidak terjadi eksentrisitas. Berikut pada Gambar 5.24 dan Gambar 5.25 merupakan *setting* pengujian dari pengujian kuda-kuda.



Gambar 5. 24 Setting Pengujian Kuda-Kuda Model 1

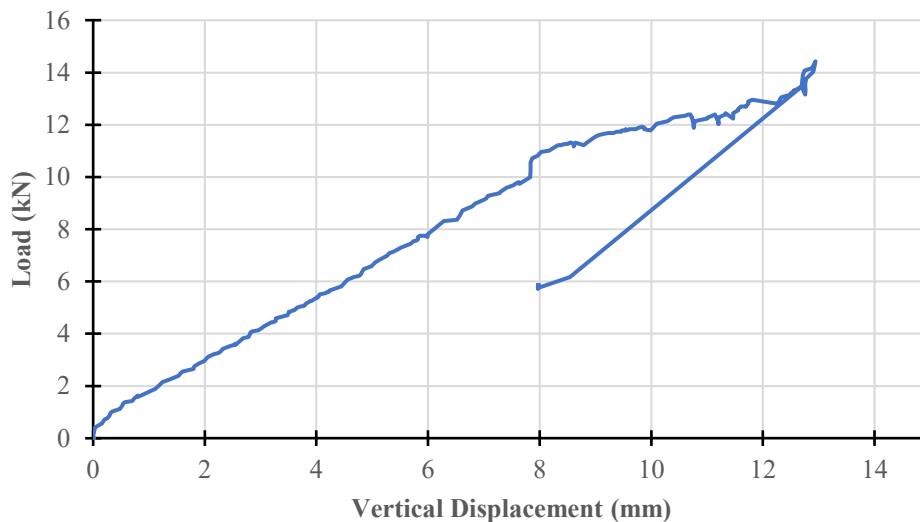


Gambar 5. 25 Setting Pengujian Kuda-Kuda Model 2

1. Model 1

Struktur rangka kuda-kuda model 1 mempunyai kekakuan yang cukup baik dari segi permodelannya dan diharapkan dapat menerima beban lebih besar

dibandingkan dengan kuda-kuda model 2. Namun disisi lain mempunyai bentuk lebih kompleks dibandingkan dengan kuda-kuda model 2. Perakitan kuda-kuda model 1 lebih kompleks, dikarenakan terdapat beberapa sambungan yang memiliki 3 batang sekaligus untuk disambungkan. Hasil dari pengujian kuda-kuda model 1 dapat dilihat pada Gambar 5.26 berikut.



Gambar 5. 26 Grafik Hubungan Beban dan *Displacement* Model 1

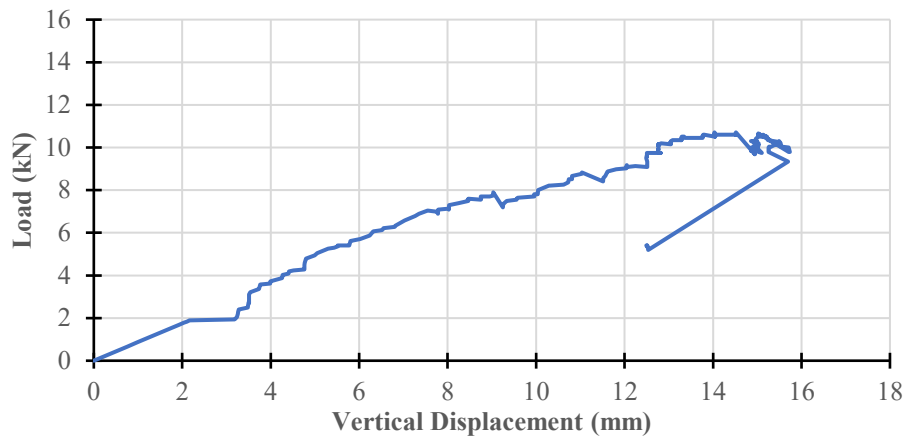
Pada gambar diatas, kuda-kuda model 1 ini dapat menerima beban hingga 14,433 kN dengan *displacement* yang dicapai pada beban tersebut bernilai 25,512 mm. Pengujian kuda-kuda model 1 dihentikan setelah mencapai beban maksimum dengan alasan keamanan walaupun kondisi dari sampel tidak terjadi kerusakan sama sekali. Jika dilihat pada Gambar 5.27 terkait dengan kondisi fisik kuda-kuda model 1 setelah diuji, dapat disimpulkan bahwa perakitan kuda-kuda model 1 ini sudah cukup berhasil.



Gambar 5. 27 Kondisi Sampel Model 1 Setelah Diuji

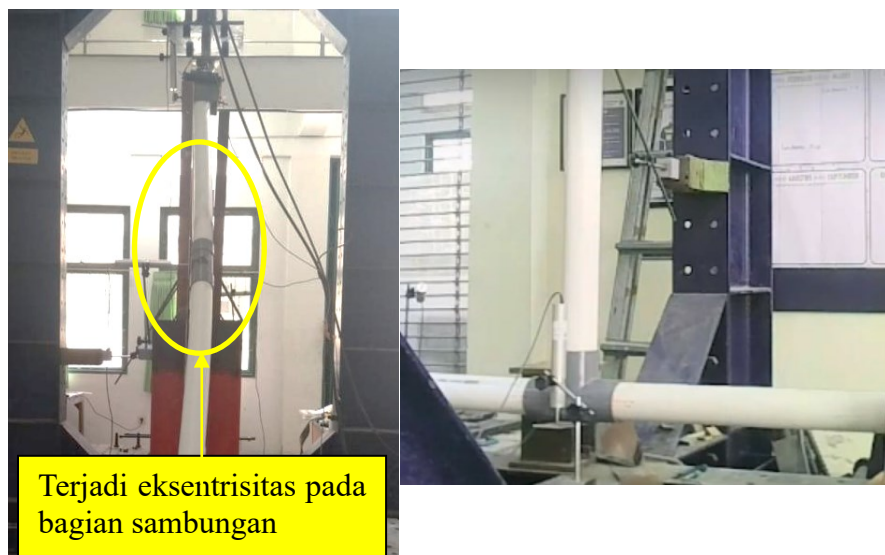
2. Model 2

Struktur rangka kuda-kuda model 2 mempunyai bentuk yang cukup sederhana dari segi permodelannya. Dari segi perakitan sampel, kuda-kuda model 2 ini tidak membutuhkan waktu yang panjang dibandingkan dengan kuda-kuda model 1. Diharapkan kuda-kuda model 2 ini mempunyai kekuatan yang setara dengan kuda-kuda model 1 agar menjadi alternatif model kuda-kuda dikarenakan perakitan dari kuda-kuda model 1 yang cukup rumit. Pada Gambar 5.28 adalah hasil dari pengujian kuda-kuda model 2.



Gambar 5. 28 Grafik Hubungan Beban dan *Displacement* Model 2

Pada grafik di atas dapat diketahui untuk beban maksimum yang dapat diterima oleh kuda-kuda model 2 adalah 10,71 kN dengan *displacement* yang dicapai pada beban tersebut bernilai 20,948 mm. Angka beban maksimum ini lebih kecil sekitar 25,795% daripada beban maksimum yang dapat diterima kuda-kuda model 1. Pengujian dihentikan karena alasan keamanan setelah sampel kuda-kuda mencapai beban maksimum dan terjadinya eksentrisitas pada titik sambungan kuda-kuda. Hasil dari pengujian kuda-kuda model 2 ada pada Gambar 5.29 berikut.

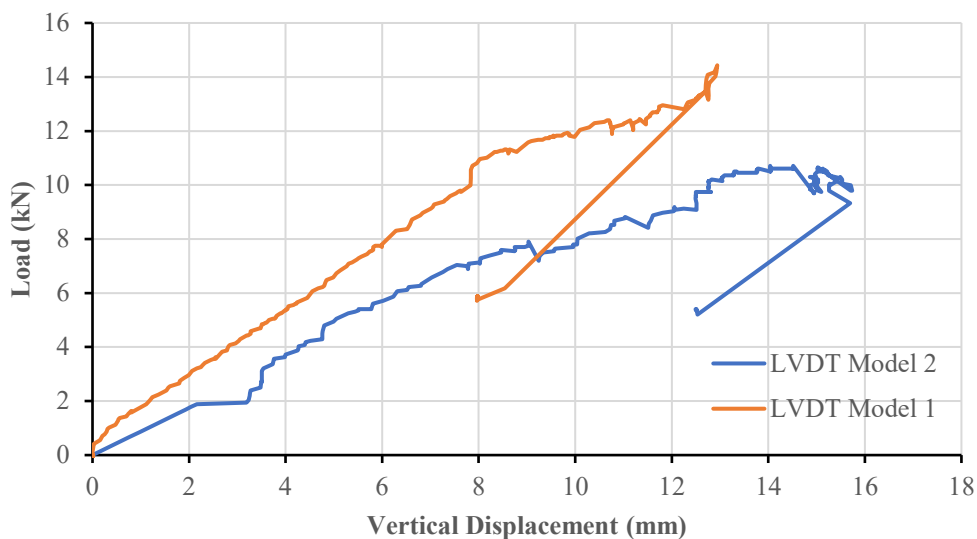


Gambar 5. 29 Kondisi Sampel Model 2 Setelah Diuji

Kondisi benda uji kuda-kuda model 2 tidak mengalami kerusakan yang cukup berarti, hanya saja terdapat eksentrisitas pada sisi miring kuda-kuda. Terdapat beberapa kemungkinan eksentrisitas dapat terjadi, kemungkinan pertama adalah penempatan benda uji yang kurang simetris dengan arah beban, dan kemungkinan kedua adalah terjadi ketidaksempurnaan sampel kuda-kuda pada saat perakitan.

5.3.3 Rekapitulasi Hasil Pengujian

Pada Gambar 5.30 merupakan grafik hubungan beban dan lendutan dari kedua model kuda-kuda yang diuji.



Gambar 5. 30 Grafik Hubungan Beban dan Lendutan Kedua Model Kuda-Kuda

Dari grafik di atas, didapatkan rekapitulasi untuk beban maksimum yang dapat diterima oleh masing-masing model ada pada Tabel 5.7 berikut.

Tabel 5. 8 Rekapitulasi Hasil Pengujian Struktur Kuda-Kuda

No.	Sampel	Beban Maksimum (kN)	<i>Displacement</i> (mm)
1	Model 1	14,433	25,512
2	Model 2	10,71	20,948

5.4 Analisis Numerik Struktur Rangka Kuda-Kuda

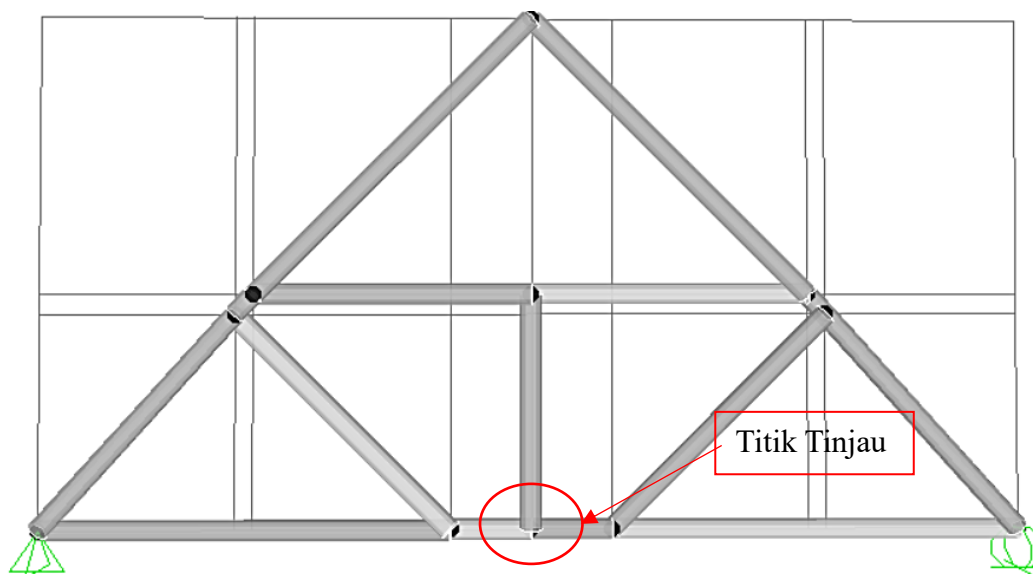
Analisis menggunakan *software* pada pengujian kuda-kuda ini bertujuan sebagai perbandingan dan memverifikasi data hasil dari pengujian laboratorium. *Software* yang digunakan adalah SAP 2000. SAP 2000 akan mendapatkan seberapa besar *displacment* pada titik tinjauan dengan beban sesuai dengan pengujian laboratorium. Namun permodelan kuda-kuda pada SAP 2000 khususnya pada daerah sambungan tidak bisa dianalisis oleh SAP 2000. Jadi kerusakan pada sambungan tidak dapat dideteksi oleh SAP 2000.

5.4.1 Permodelan Struktur Rangka Kuda-Kuda

Permodelan kuda-kuda pada SAP 2000 perlu adanya tahapan-tahapan yang sudah dijabarkan pada metodologi penelitian. Permodelan ini dimodelkan sedemikian rupa sesuai pada Tabel 5.5 dan Tabel 5.6 agar bentangan dari masing-masing sisi sama dengan benda uji pada laboratorium.

1. Model 1

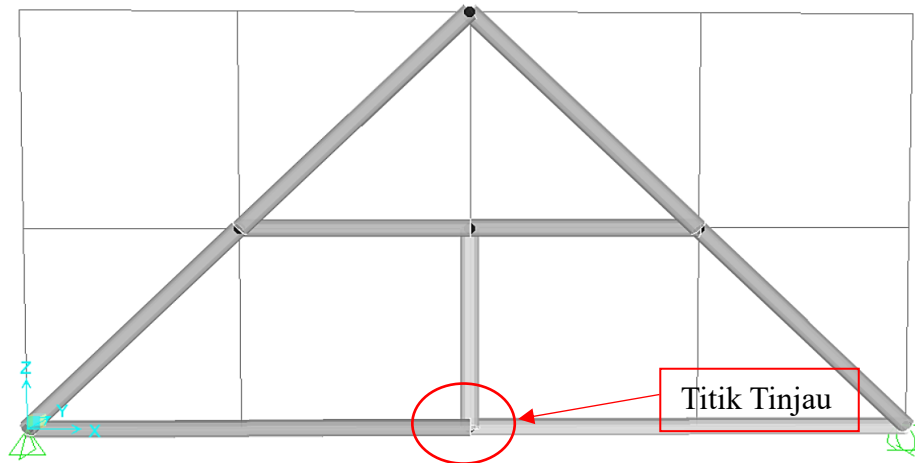
Permodelan SAP 2000 untuk kuda-kuda model 1 dapat dilihat pada Gambar 5.31 berikut.



Gambar 5. 31 Permodelan SAP 2000 Kuda-Kuda Model 1

2. Model 2

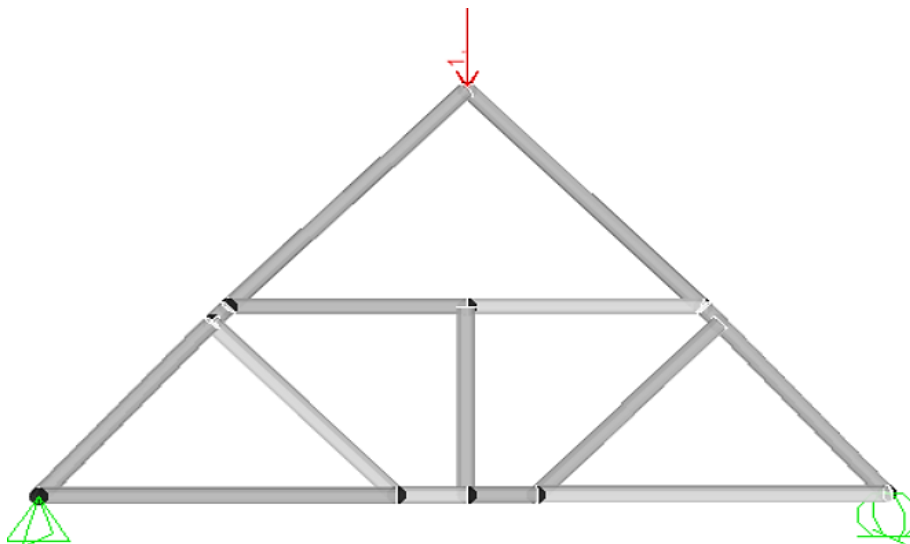
Permodelan SAP 2000 untuk kuda-kuda model 2 dapat dilihat pada Gambar 5.32 berikut.



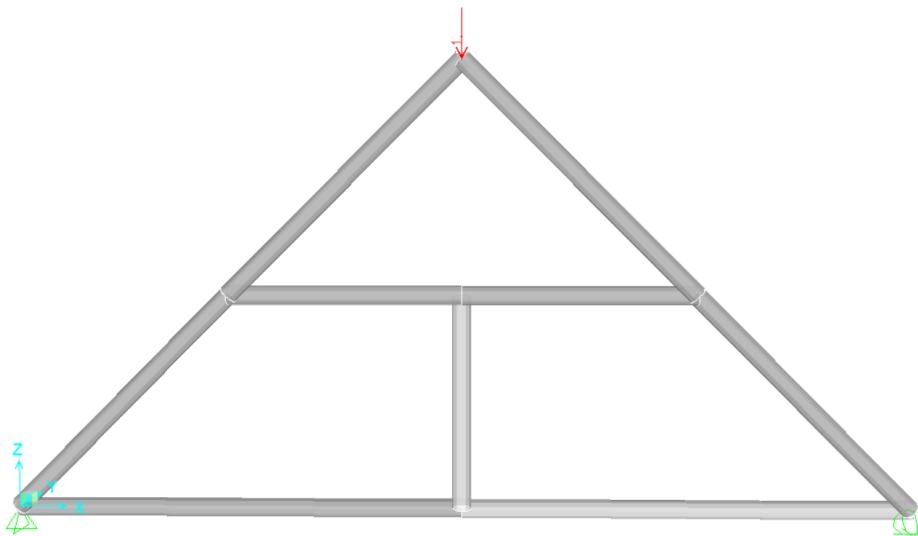
Gambar 5. 32 Permodelan SAP 2000 Kuda-Kuda Model 2

5.4.2 Mekanisme Pembebanan

Pembebanan pada analisis numerik ini diberikan sesuai dengan pembebanan pada pengujian laboratorium, yaitu di bagian atas benda uji kuda-kuda. Titik pembebanan pada SAP 2000 dapat dilihat pada Gambar 5.33 dan Gambar 5.34 berikut.



Gambar 5. 33 Titik Pembebanan Model 1 Pada SAP 2000



Gambar 5. 34 Titik Pembebanan Model 2 Pada SAP 2000

5.4.4 Analisis Data

Data yang sudah ter-*input* ke dalam SAP kemudian dianalisis bagaimana perilaku daripada struktur kuda-kuda ini. Peninjauan pada penelitian ini ada pada *displacement* pada titik tinjauan setiap model. Hal yang perlu digaris bawahi adalah permodelan pada SAP 2000 tidak bisa meninjau kerusakan pada sambungan pipa, dikarenakan pada pengujian laboratorium benda uji pipa disambung dengan lem.

1. Model 1

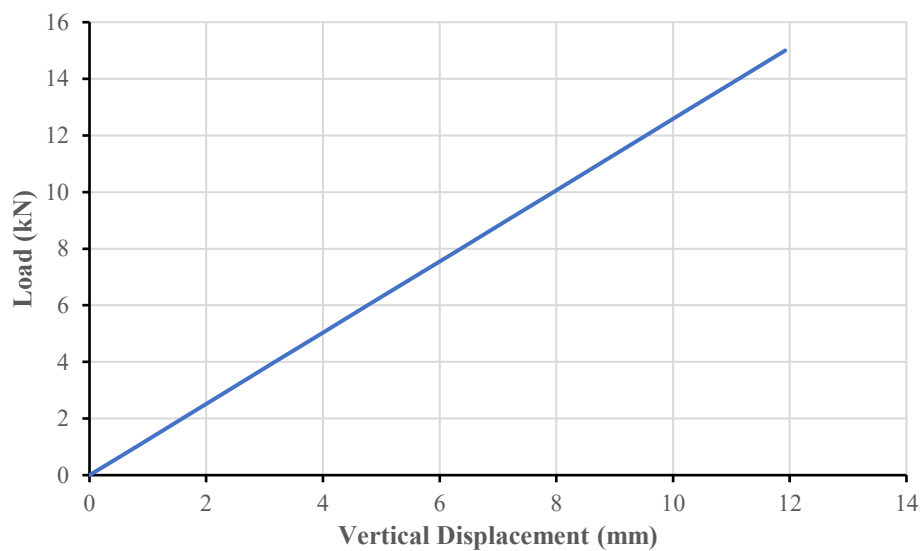
Sesuai dengan titik tinjau pada kuda-kuda model 1, didapatkan hasil analisis pada Tabel 5.8 berikut dan grafik hubungan beban dan *displacement* dapat dilihat pada Gambar 5.35.

Tabel 5. 9 Hasil Analisis SAP 2000 Pada Titik Tinjau Kuda-Kuda Model 1

Beban (kN)	<i>Displacement</i> (mm)
0	0
1	0,7948
2	1,590
3	2,384
4	3,179
5	3,974

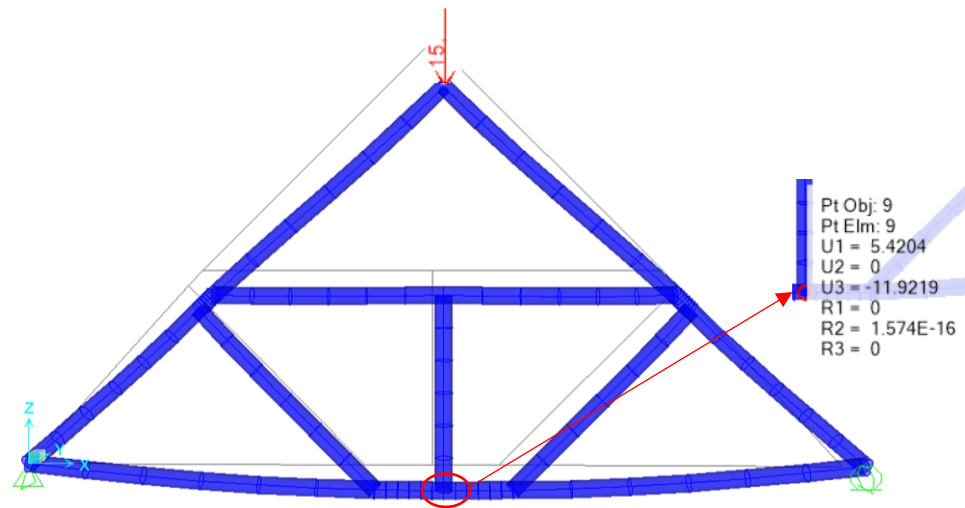
**Lanjutan Tabel 5. 10 Hasil Analisis SAP 2000 Pada Titik Tinjau Kuda-
Kuda Model 1**

6	4,769
7	5,564
8	6,358
9	7,153
10	7,948
11	8,743
12	9,538
13	10,332
14	11,127
15	11,922



Gambar 5. 35 Grafik Hubungan Beban dan *Displacement* Model 1

Grafik di atas merupakan grafik yang didapatkan setelah dilakukannya analisis SAP 2000. Grafik tersebut berbentuk *linear* antara beban dan *displacement*. Hasil dari permodelan ditambah yang sudah dianalisis ditambah dengan beban dapat dilihat pada Gambar 5.36 berikut.



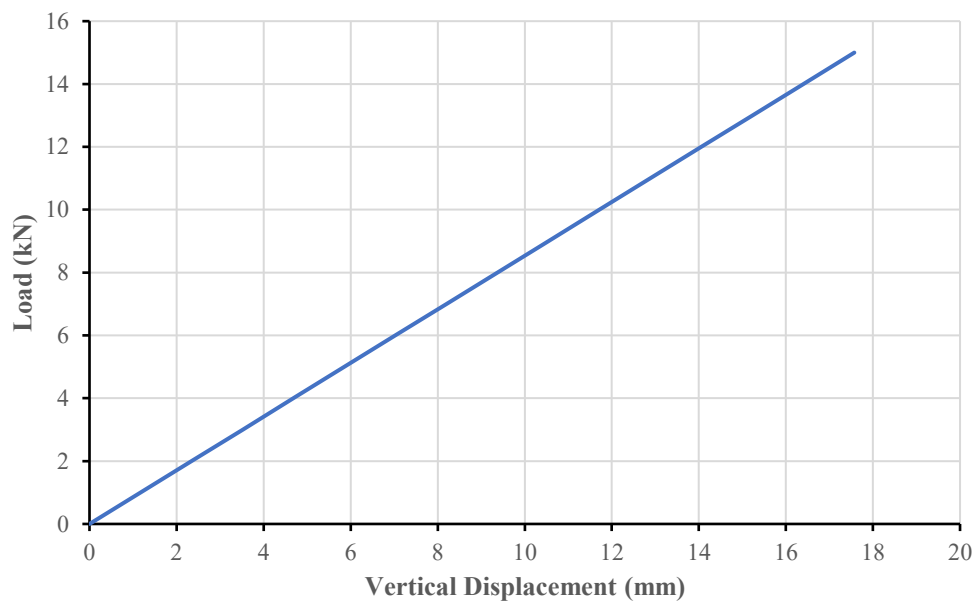
Gambar 5. 36 Hasil Pembebanan Model 1 Pada SAP 2000

2. Model 2

Sesuai dengan titik tinjau pada kuda-kuda model 2, didapatkan hasil analisis pada Tabel 5.9 berikut dan grafik hubungan beban dan *displacement* dapat dilihat pada Gambar 5.37.

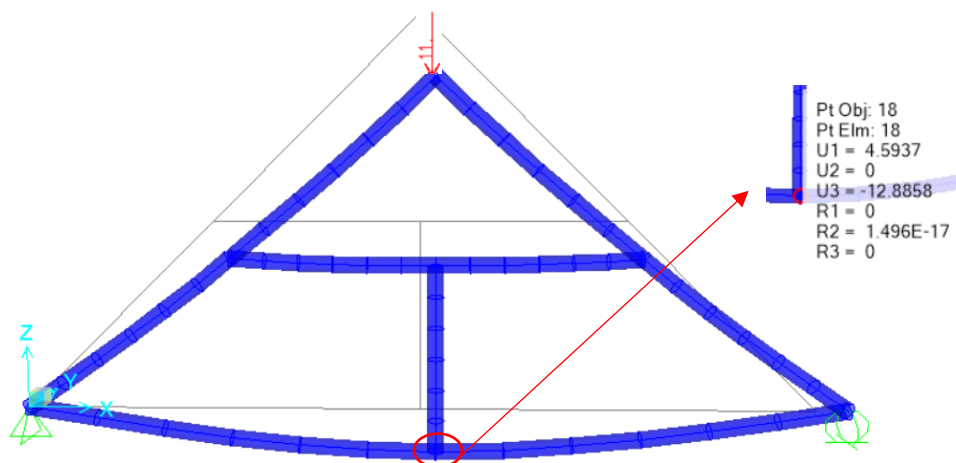
Tabel 5. 11 Hasil Analisis SAP 2000 Pada Titik Tinjau Kuda-Kuda Model 2

Beban (kN)	<i>Displacement</i> (mm)
0	0
1	1,171
2	2,343
3	3,514
4	4,686
5	5,857
6	7,029
7	8,200
8	9,371
9	10,543
10	11,714
11	12,886
12	14,057
13	15,229
14	16,400
15	17,572



Gambar 5. 37 Grafik Hubungan Beban dan *Displacement* Model 2

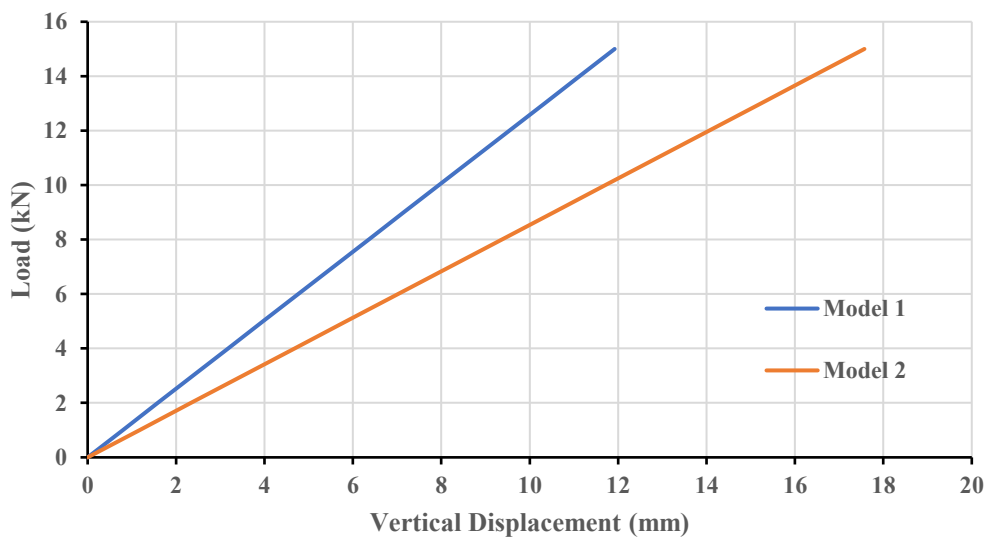
Grafik di atas merupakan grafik yang didapatkan setelah dilakukannya analisis SAP 2000. Bentuk dari grafik tersebut berbentuk *linear* antara beban dan *displacement* nya sama dengan model 1, namun perbedaannya ada pada angka *displacement* yang lebih besar dibandingkan dengan model 1. Hasil dari permodelan ditambah yang sudah dianalisis ditambah dengan beban dapat dilihat pada Gambar 5.38 berikut.



Gambar 5. 38 Hasil Pembebanan Model 2 Pada SAP 2000

5.4.5 Pembahasan Hasil Analisis

Dari kedua model yang sudah dianalisis pada SAP 2000, dapat disimpulkan bahwa kuda-kuda model 1 lebih kaku dibandingkan dengan kuda-kuda model 2 dengan angka *displacement* dari kuda-kuda model 1 lebih rendah daripada kuda-kuda model 2 pada beban yang sama diangka 15 kN. Dapat dilihat pada Gambar 5.39 perbandingan hasil analisis model 1 dan model 2.



Gambar 5. 39 Grafik Hubungan Beban dan *Displacement* Model 1 dan Model 2

Kuda-kuda model 1 dengan beban 15 kN didapatkan *displacement* sebesar 11,922 mm, sedangkan kuda-kuda model 2 dengan beban 15 kN didapatkan *displacement* sebesar 17,572 mm. Berikut pada Tabel 5.10 adalah rekapitulasi perbandingan model 1 dan model 2 setelah dianalisis SAP 2000.

Tabel 5. 12 Rekapitulasi Kuda-Kuda Model 1 dan Model 2

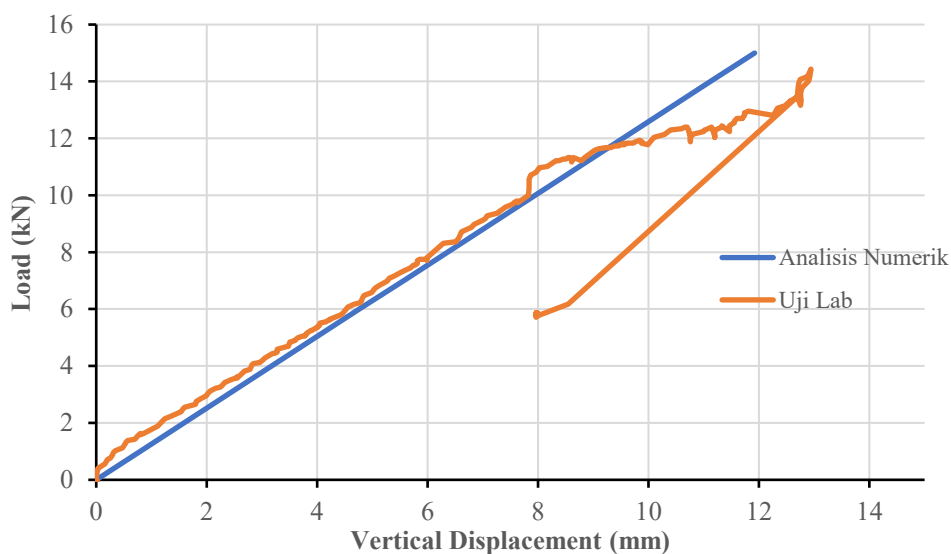
No.	Model	Beban Maksimum (kN)	<i>Displacement</i> (mm)
1	Model 1	15	11,922
2	Model 2	15	17,572

5.5 Komparasi Pengujian Laboratorium dengan Analisis SAP 2000

Tujuan dari perbandingan data pengujian kuda-kuda di laboratorium dengan analisis menggunakan SAP 2000 adalah untuk memverifikasi hasil dari pengujian kuda-kuda yang ada di laboratorium. Nantinya dari verifikasi data pengujian akan menentukan apakah pengujian ini bisa dikatakan berhasil atau tidak.

1. Model 1

Grafik dari perbandingan antara analisis pada SAP 2000 dengan uji laboratorium dapat dilihat pada Gambar 5.40 berikut.

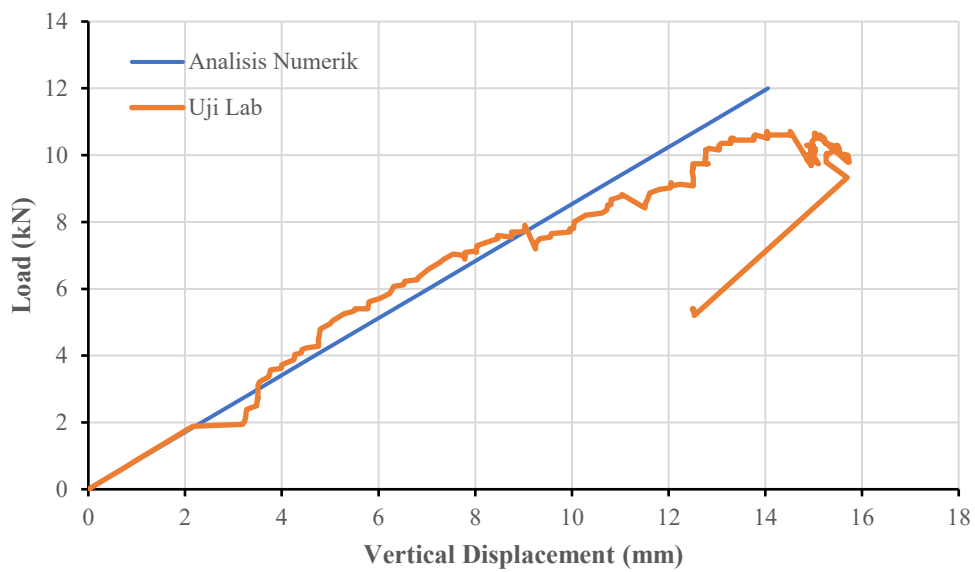


Gambar 5. 40 Grafik Perbandingan Analisis SAP 2000 dengan Uji Laboratorium Model 1

Dari grafik pada gambar di atas dapat dilihat bahwa hasil dari pengujian benda uji laboratorium pada titik tinjauan sudah mendekati hasil dari analisis yang dilakukan pada *software* SAP 2000. Dengan hasil ini dapat dikatakan pengujian sudah terverifikasi berhasil antara pengujian laboratorium dengan analisis pada SAP 2000

2. Model 2

Grafik dari perbandingan antara analisis pada SAP 2000 dengan uji laboratorium dapat dilihat pada Gambar 5.41 berikut.



Gambar 5. 41 Grafik Perbandingan Analisis SAP 2000 dengan Uji Laboratorium Model 2

Pada gambar grafik di atas terdapat ketidak beraturan pada hasil pengujian laboratorium, salah satu penyebabnya adalah dikarenakan adanya eksentrisitas pada benda uji yang membuat benda uji membengkok ketika diberikan beban. Penyebab inilah yang mengakibatkan grafik dari data pengujian laboratorium tidak menjadi satu garis lurus dengan data dari hasil analisis menggunakan SAP 2000.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian pada laboratorium, analisis pada SAP 2000, dan seluruh pembahasan pada bab-bab sebelumnya, dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Pengujian elemen dari pipa PVC kosong ini bertujuan untuk mengetahui nilai kekuatan tekan dan kekuatan lentur dari pipa PVC dengan panjang tertentu. Adapun nilai dari kuat tekan dan kuat lentur dari pipa PVC adalah sebagai berikut.

- a. Kuat Tekan

Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium nilai beban maksimum rata-rata yang dapat diterima pipa PVC dengan ukuran diameter 3” dan dengan panjang 1 meter adalah 36,16 kN.

- b. Kuat Lentur

Benda uji dari pengujian kuat lentur ini memiliki 2 variasi panjang, yaitu pipa PVC dengan panjang 1 meter dan 2 meter. Pada benda uji dengan variasi panjang 1 meter dapat menerima beban maksimum rata-rata adalah 4,145 kN, sedangkan benda uji dengan variasi panjang 2 meter dapat menerima beban maksimum rata-rata adalah 2,12 kN. Dengan bertambahnya panjang bentang benda uji akan mengurangi nilai kuat lentur dari suatu benda uji, dalam penelitian pipa PVC ini dengan bertambahnya panjang pipa sepanjang 1 meter dapat mengurangi nilai sebesar 48,85%.

2. Metode perakitan kuda-kuda ini membutuhkan kecermatan yang tinggi saat penyambungan pipa dengan sambungannya, dikarenakan lem yang dipakai waktu rekatannya sangat cepat. Metode pengelimitya adalah dengan cara menandai dengan garis sepanjang 5 cm dari ujung pipa untuk acuan kedalaman pipa pada sambungan dan perlu tenaga 2-3 tukang yang berpengalaman untuk merakitnya,

dikarenakan terdapat perakitan yang membutuhkan 3 batang untuk disatukan dalam *joint*.

3. Benda uji dari pengujian kuda-kuda ini mempunyai 2 model yang berbeda. Model 1 dapat menerima beban hingga 14,433 kN, sedangkan kuda-kuda model 2 hanya dapat menerima beban 10,71 kN. Model kuda-kuda yang direkomendasikan adalah kuda-kuda model 1. Model 1 memiliki model kuda-kuda yang lebih kokoh daripada kuda-kuda model 2 dan terlihat lebih kaku dikarenakan dari segi model yang mempunyai panjang batang elemen yang pendek. Kuda-kuda model 1 dapat menerima beban 25,79% lebih tinggi dibandingkan kuda-kuda model 2.
4. Grafik hubungan antara beban dengan *vertical displacement* analisis SAP 2000 dengan hasil pengujian laboratorium yang menunjukkan bahwa pengujian laboratorium sudah sesuai dengan analisis pada *software*. Namun terdapat ketidakberaturan grafik pada pengujian laboratorium pada model 2 dikarenakan terdapat eksentrisitas pada benda uji yang membuat data yang diterima *LVDT* tidak sempurna.

6.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian, beberapa hal di bawah ini dapat dijadikan saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya, dikarenakan penelitian kuda-kuda menggunakan pipa PVC ini tergolong kedalam penelitian baru yang membutuhkan pengembangan agar permodelan kuda-kuda menjadi sempurna.

1. Pada benda uji tekan, pastikan kedua ujung pipa terpotong rata dengan sempurna agar tidak memakan waktu hanya untuk meratakan benda uji.
2. Perlu adanya material pengganti sambungan pipa, karena sambungan pipa ini sangat terbatas jenisnya dan sangat tidak memungkinkan untuk memodifikasi bentuk sambungan dari pipa dikarenakan tidak memenuhi standar yang sudah ditentukan. Salah satu contoh material pengganti adalah plat baja yang nantinya akan disambung menggunakan baut.

3. Elemen batang pipa PVC pada struktur kuda-kuda dapat diisi dengan mortar ataupun beton untuk menambah kekuatan dari kuda-kuda, namun disarankan untuk menggunakan sambungan plat baja.
4. Perlunya inovasi pada material, desain struktur, dan metode pelaksanaannya dikarenakan semua aspek yang digunakan pada penelitian ini masih belum memenuhi standar dari bangunan tahan gempa.
5. Perlu adanya studi lebih lanjut terkait perbandingan biaya dan keefektifan untuk pembuatan struktur kuda-kuda ini dengan struktur kuda-kuda konvensional.

DAFTAR PUSTAKA

- Agung, W. and Nugraheni, F. 'Desain Hunian Sementara Dengan Rumah Sistem *Knockdown* Tahan Tsunami Menggunakan Material Baja *Canai* Dingin Untuk Rekonstruksi Bencana Gempa Mataram, Nusa Tenggara Barat.' *Jurnal Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia*. ISBN : 978-602-6215-79-6. Yogyakarta
- Alhussainy, F., Sheikh, M.N. and Hadi, M.N.S. (2017) 'Behaviour of Small Diameter Steel Tubes Under Axial Compression', *Structures*, 11, pp. 155–163.
- Amin, M.N. *et al.* (2023) 'Experimental and machine learning approaches to investigate the effect of waste glass powder on the flexural strength of cement mortar', *PLOS ONE*. Edited by R. Kurda, 18(1), p. e0280761.
- Fajrin, J., Muchlis, M. and Tandean, Y.R. Pengembangan Desain Hunian Sementara Untuk Korban Gempa Lombok. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Multidisiplin*. Vol. 4 No.1 (2020). Mataram, NTB.
- Hadi, S. and Takwin, R.N.A. Uji Kekuatan Tekan dan Kekuatan Lentur Pipa Air PVC. *Jurnal Logic*. Vol. 16 No. 1 (2016). Malang, Jawa Timur.
- Rois, J.A.H. and Mutia, F. Penerapan Prinsip *Resilience Architecture* Pada Hunian Sementara Pascabencana. *Tesa Arsitektur*. Vol. 20 No. 2 (2022). Jawa Timur.
- Santoso, W.E. and Panjaitan, T.W.S. (2016) 'Pembuatan Prototipe Hunian Sementara untuk Pengungsi di Indonesia', 4.
- Oktarina, D. (2015) 'Analisa Perbandingan Rangka Atap Baja Ringan dan Rangka Atap Kayu Dari Segi Analisis Struktur dan Anggaran Biaya'. *Jurnal Konstruksia*. Vol.7 No.1.
- Salih Z. G. M. dan Awham M. H. (2011), 'A Study of some Mechanical Behavior on a Termoplastic Material'. *Journal of Al-Nahrain University*. Vol. 14 No. 3. Baghdad, Iraq.
- Teguh, M, Rahmayanti, N, Hidayat, M. Z. R. (2023). Kelayakan Elemen Struktur pada Usaha Rintisan Prototipe T-21 Hunian Sementara berbahan dasar Paralon dan GRC. Laporan Penelitian Hibah Kampus Lestari, UII. SK. Kontrak: 5156/Rek.10/BPP/XII/2022. <https://fcep.uii.ac.id/wp-content/uploads/2023/10/Executive-Summary-of-Green-Metric-Laporan-Akhir-Penelitian-Green-Metric-UII.pdf>

- ASTM F 2261 – 06. *Standard Test Method for Pressure Rating Poly (Vinyl Chloride) (PVC) Plastic Pipe Fittings, Schedule 40 and 80 Socket-Type*. American Association State.
- Mulyono, T. 2015. *Teknologi Beton: Dari Teori Ke Praktek*. Lembaga Pengembangan Pendidikan-UNJ. Jakarta.
- SNI 03-1729-2002. *Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung*. Departemen Pekerjaan Umum.
- SNI 8399-2017. *Profil Baja Ringan*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- SNI 06-0084-2002. *Pipa PVC untuk saluran minum*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- SNI 03-4154-1996. *Metode Pengujian Kuat Lentur Beton dengan Balok Uji Sederhana yang Dibebeani Terpusat Langsung*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- RSNI T-17-2004. *Tata cara pengadaan, pemasangan dan pengujian pipa PVC untuk penyediaan air minum*. Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.
- RUCIKA. 2017. *Keunggulan Pipa Plastik Dibanding Pipa Logam*. <https://www.rucika.co.id/keunggulan-pipa-plastik-dibanding-pipa-logam/#:~:text=Kuat%20dan%20tidak%20mudah%20pecah,dan%20kuat%20C%20namun%20tetap%20ringan>. Diakses 12 Mei 2023.
- Rahman, A. P. et.al. 2020. *ANTARA : Antisipasi Bencana Dengan Huntara*. Nuansa Cendekia. Denpasar.
- Gopi, S. 2010. *Basic Civil Engineering*. Pearson. New Delhi.
- Merrit, F. S. dan Ricketts, J. T. 2001. *Building Design And Construction Handbook*. 6th ed. McGraw-Hill. New York.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Permohonan Izin Pemakaian Laboratorium



FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

Gedung KH. Moh. Nizar
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang Km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 898444 ext 3200, 3201
F. (0274) 895330
E. fakultas.ftsp@uii.ac.id
W. ftsp.uii.ac.id

Nomor : 186/Sek. Prodi PSTS/20/TA/X/2023
Hal : Permohonan Izin Pemakaian Laboratorium

Kepada Yth:
**KEPALA LABORATORIUM MEKANIKA REKAYASA DAN STRUKTUR
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Yang bertanda tangan dibawah ini:

NAMA : RIFAT SYAUQI HAZAIRIN
NIM : 19511109
JUDUL TUGAS AKHIR : PENGUJIAN STRUKTUR RANGKA KUDA – KUDA MENGGUNAKAN
PIPA PVS UNTUK HUNIAN SEMENTARA
DOSEN PEMBIMBING : PROF. IR. MOCHAMAD TEGUH, MSCE, PH.D

Sehubungan dengan Penelitian yang akan dilakukan untuk menyusun Tugas Akhir, maka melalui surat ini saya bermaksud mengajukan permohonan izin peminjaman peralatan beserta fasilitas di Laboratorium Mekanika Rekayasa dan Struktur Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia guna mendukung penyelesaian penyusunan Laporan Tugas Akhir.

Demikian permohonan ini kami sampaikan, atas bantuan dan kerjasamanya kami ucapkan banyak terima kasih.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Sekretaris Program Teknik Sipil – Program Sarjana,


DINIA ANGGRAHENI, S.T., M. ENG

Yogyakarta, 23 Oktober 2023

Pemohon

RIFAT SYAUQI HAZAIRIN
NIM. 19511109

Lampiran 2 Surat Keterangan Hasil Cek Plagiasi



Direktorat Perpustakaan Universitas Islam Indonesia
Gedung Moh. Hatta
Jl. Kaliurang Km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 898444 ext.2301
F. (0274) 898444 psw.2091
E. perpustakaan@uii.ac.id
W. library.uui.ac.id

SURAT KETERANGAN HASIL CEK PLAGIASI

Nomor: 2287481501/Perpus./10/Dir.Perpus/II/2024

Bismillaahirrahmaanirrahiim

Assalamualaikum Wr. Wb.

Dengan ini, menerangkan Bahwa:

Nama : RIF'AT SYAUQI HAZAIRIN
Nomor Mahasiswa : 19511109
Pembimbing : Mochammad Teguh, Prof. Ir., MSCE., Ph. D.
Fakultas / Prodi : Teknik Sipil dan Perencanaan/ Teknik Sipil
Judul Karya Ilmiah : PENGUJIAN STRUKTUR RANGKA KUDA-KUDA BERBAHAN
DASAR PIPA PVC UNTUK HUNIAN SEMENTARA (HUNTARA)
(STRUCTURE TESTING OF TRUSS FRAME USING PVC PIPE FOR
TEMPORARY SHELTER)

Karya ilmiah yang bersangkutan di atas telah melalui proses cek plagiasi menggunakan **Turnitin** dengan hasil kemiripan (*similarity*) sebesar **4 (Empat) %**.

Demikian Surat Keterangan ini dibuat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Wassalamualaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, 2/6/2024

Direktur

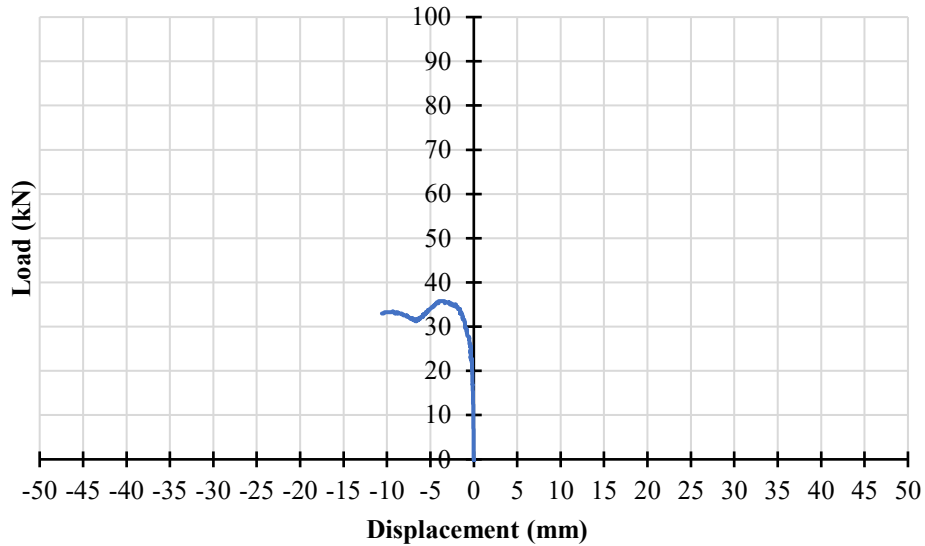


Muhammad Jamil, SIP.

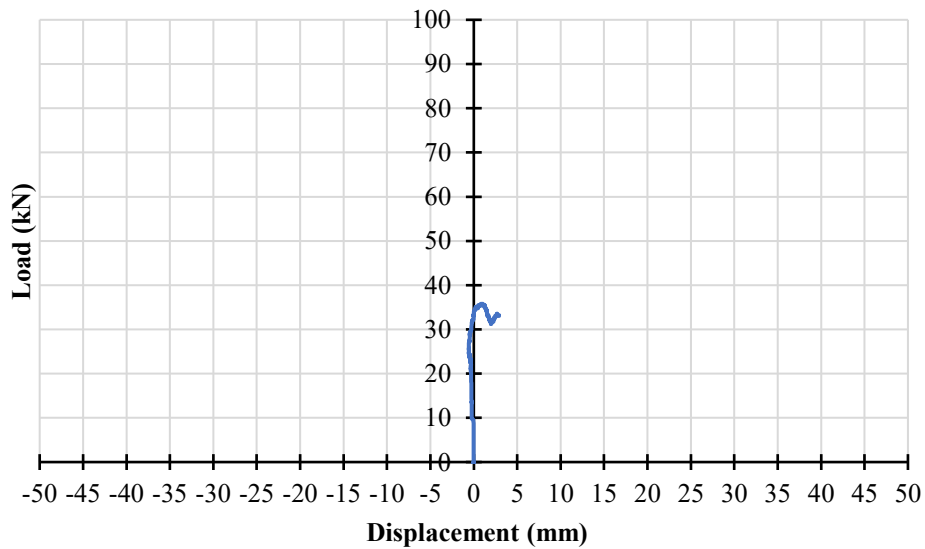
Lampiran 3 Grafik Data Hasil Uji Tekan

Sampel 1

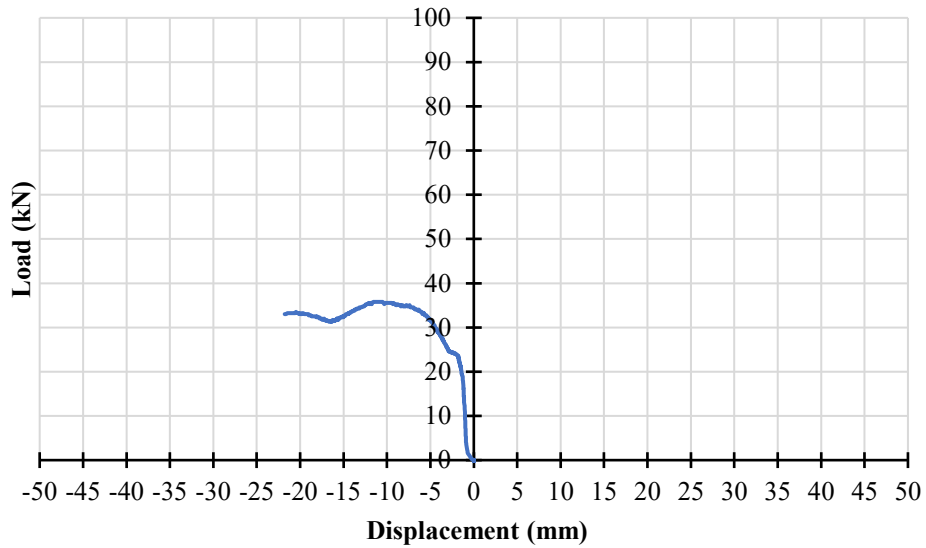
Uji Tekan Pipa 3" / Kosong / Sampel 1 / LVDT Utara



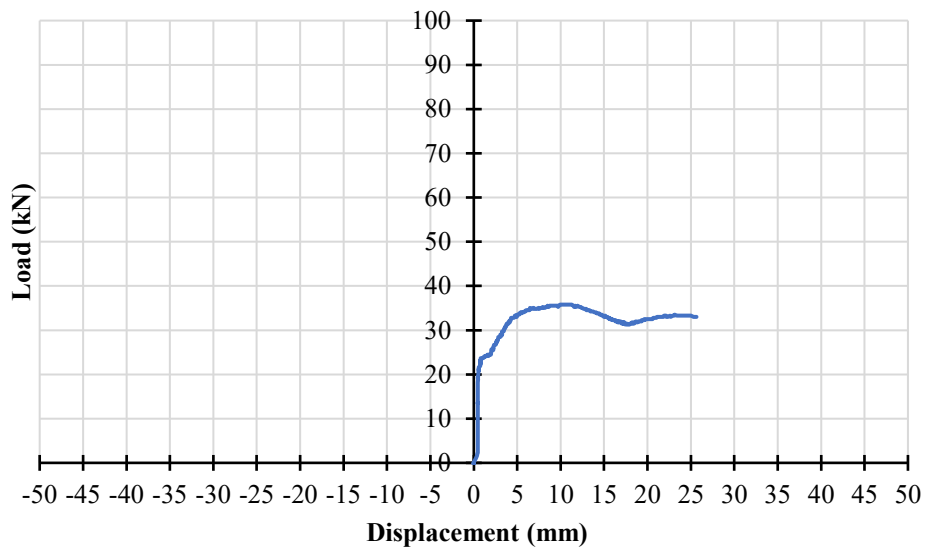
Uji Tekan Pipa 3" / Kosong / Sampel 1 / LVDT Selatan



Uji Tekan Pipa 3" / Kosong / Sampel 1 / LVDT Timur

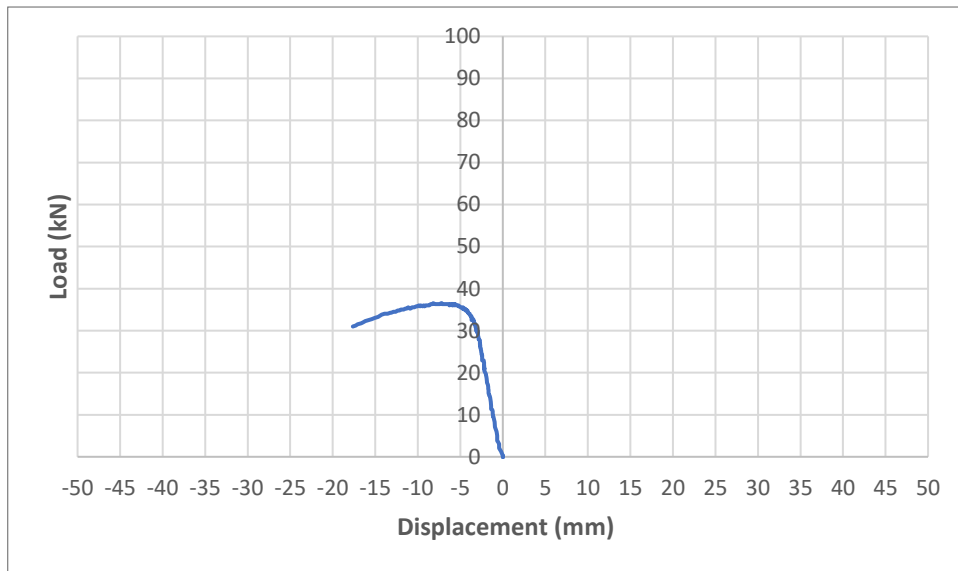


Uji Tekan Pipa 3" / Kosong / Sampel 1 / LVDT Barat

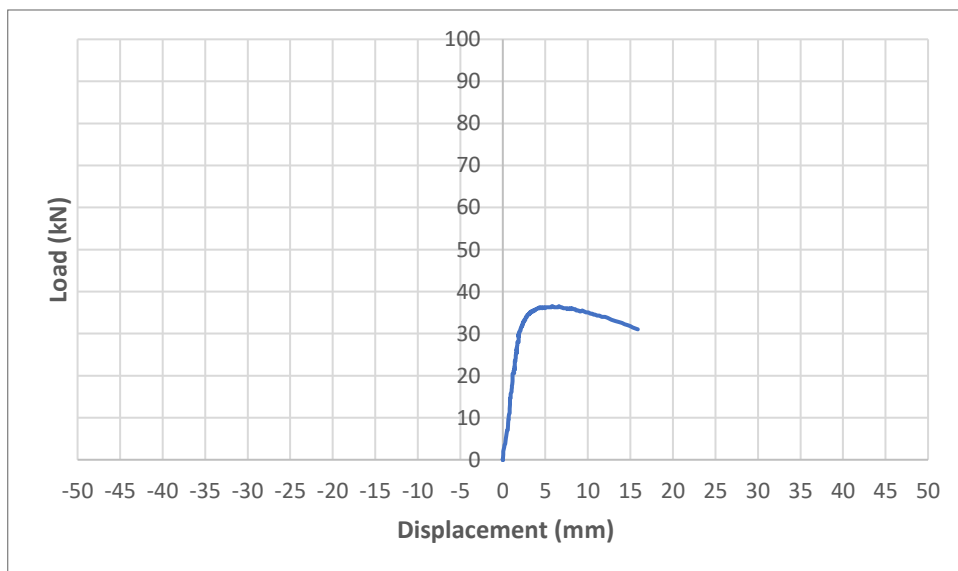


Sampel 2

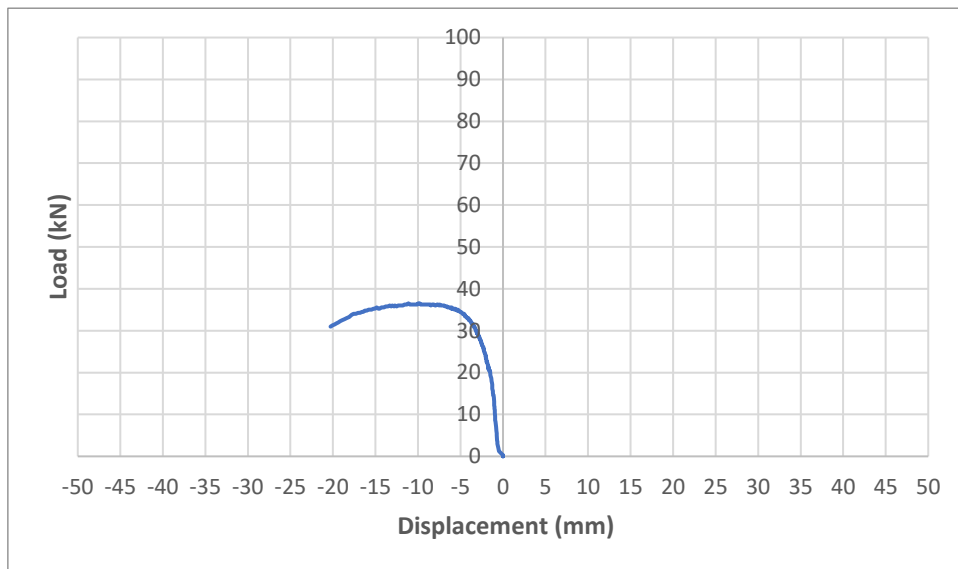
Uji Tekan Pipa 3" / Kosong / Sampel 2 / LVDT Utara



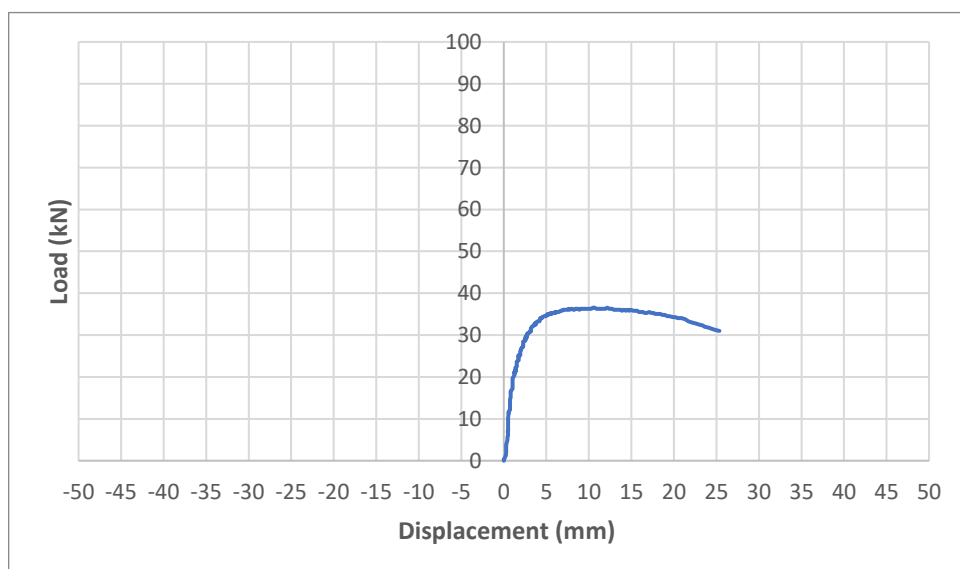
Uji Tekan Pipa 3" / Kosong / Sampel 2 / LVDT Selatan



Uji Tekan Pipa 3" / Kosong / Sampel 2 / LVDT Timur

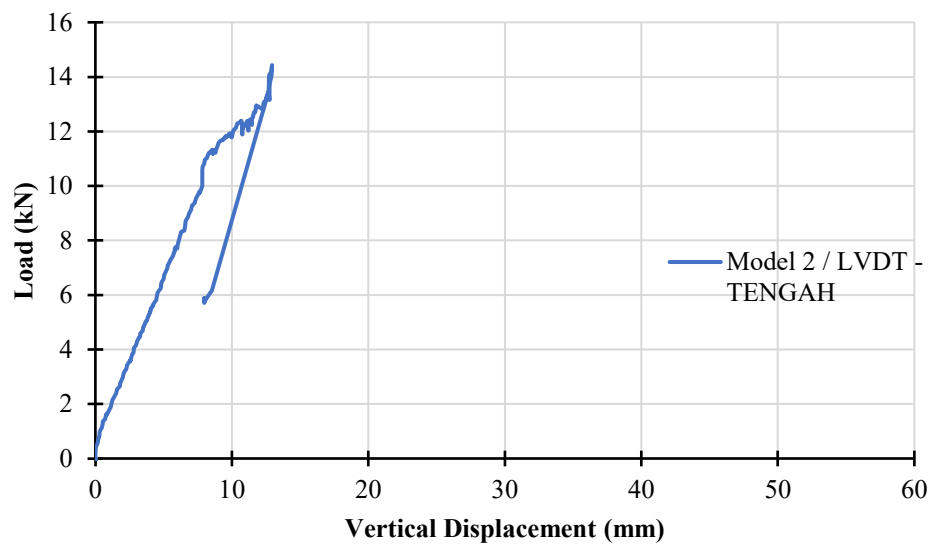
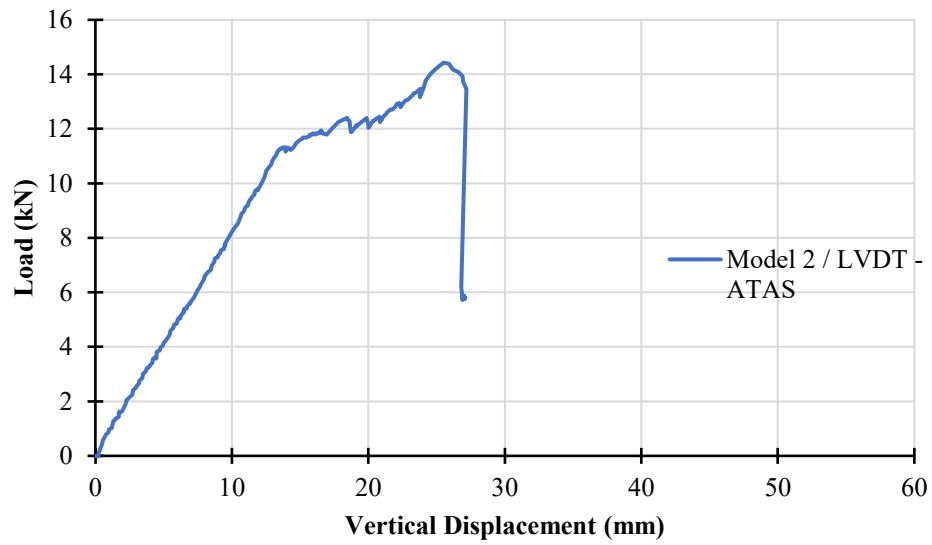


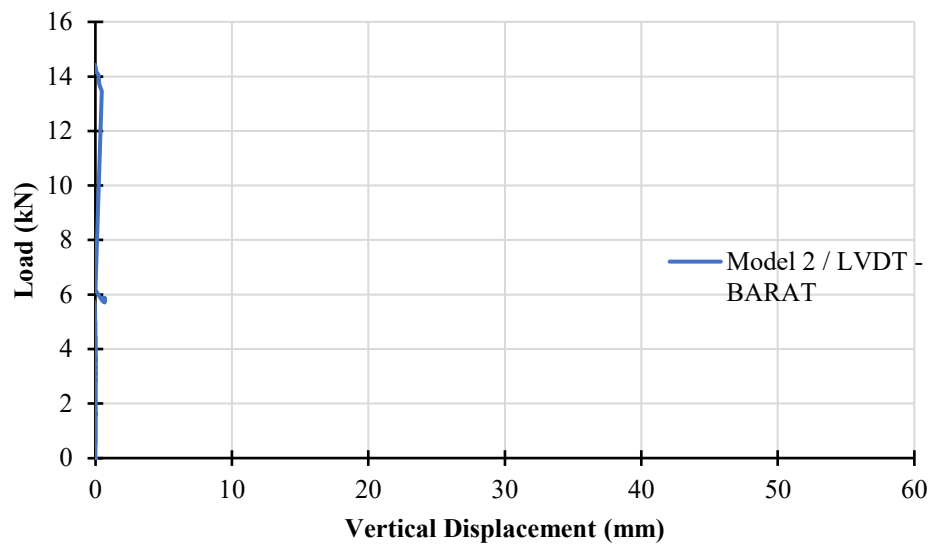
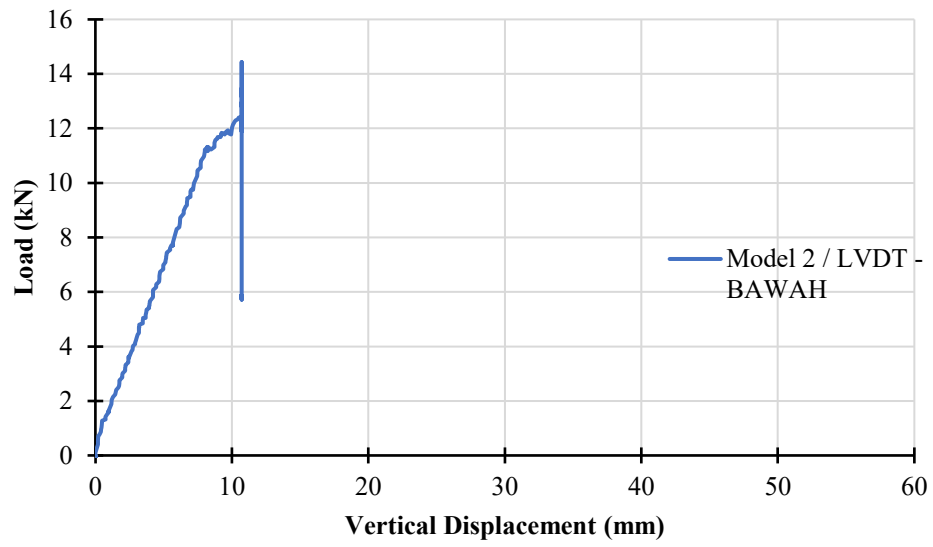
Uji Tekan Pipa 3" / Kosong / Sampel 2 / LVDT Barat

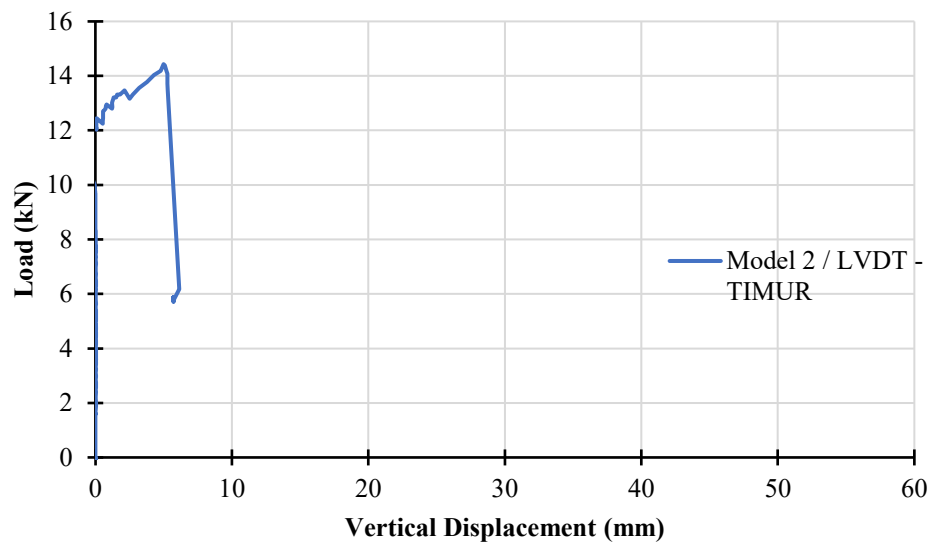


Lampiran 4 Grafik Data Hasil Uji Kuda-Kuda

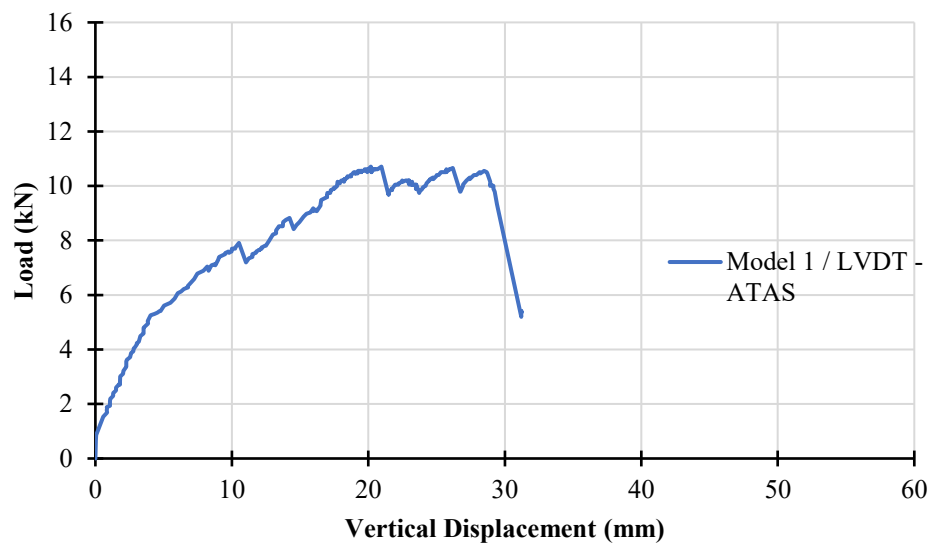
Model 1

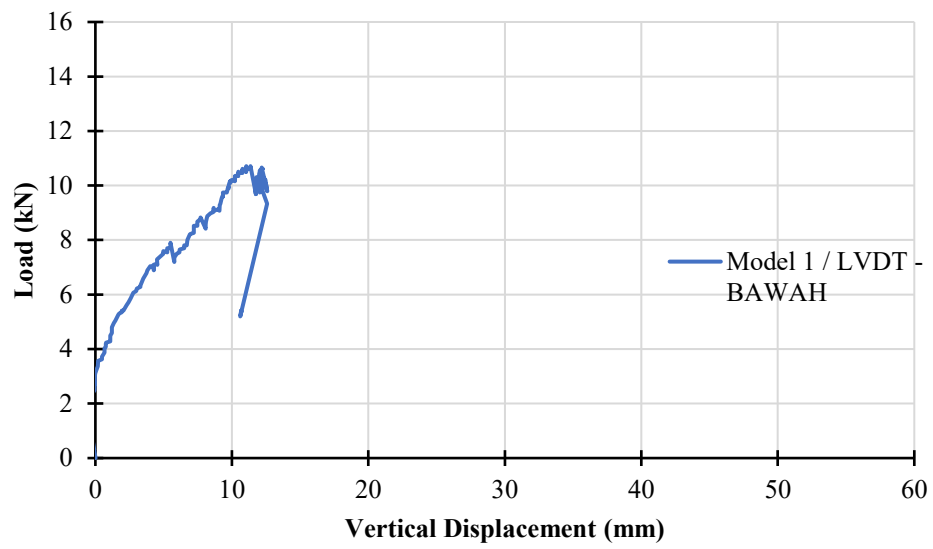
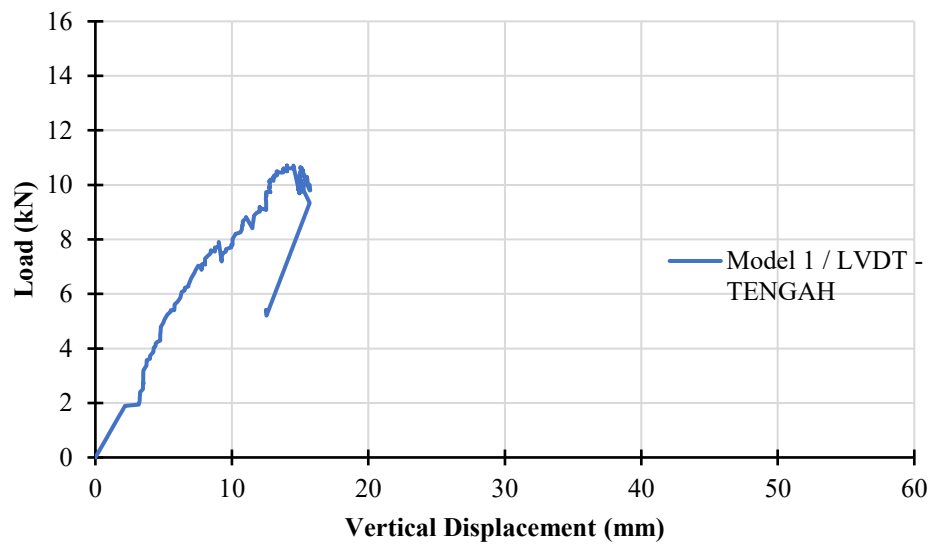


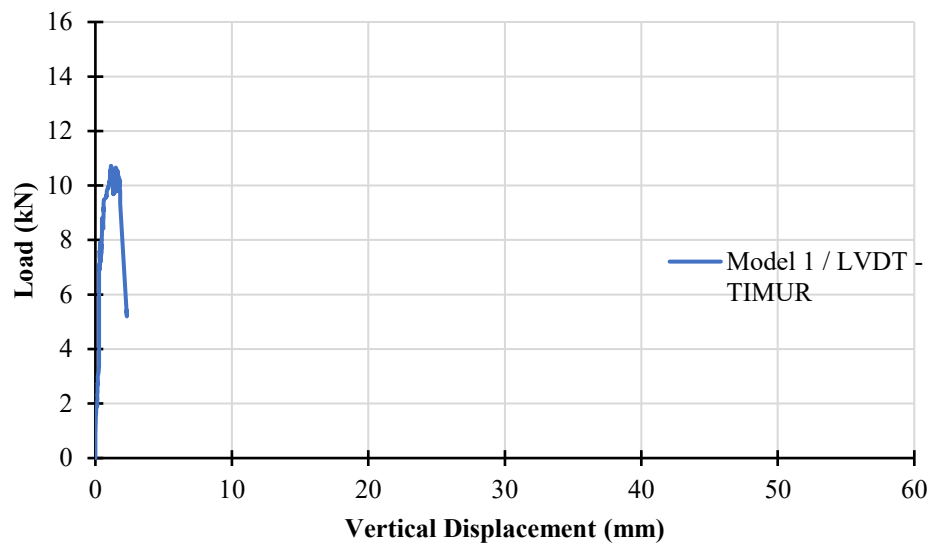
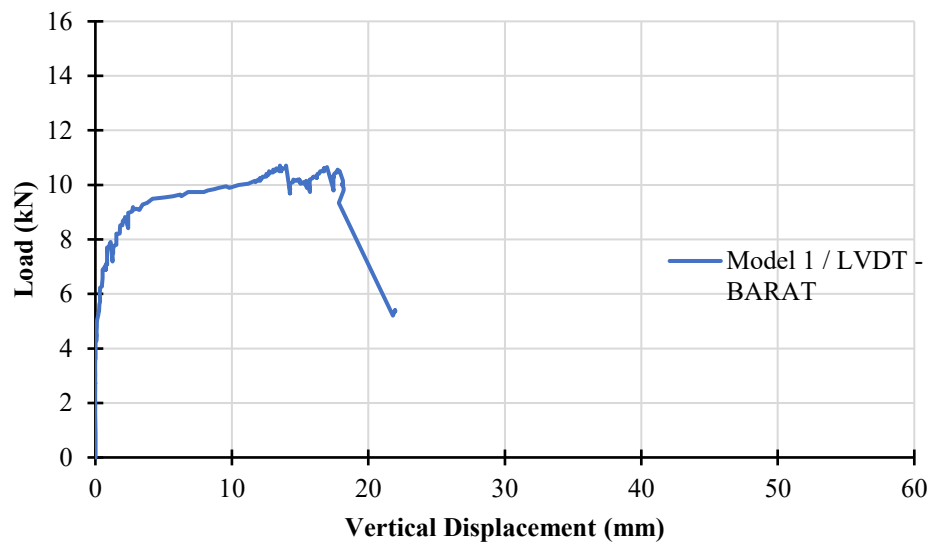




Model 2







Lampiran 5 Kunjungan Lapangan



L-5 1. HUNTARA yang ada di lapangan



L-5 2. Struktur Kuda-kuda pada HUNTARA



L-5 3. Cara Penyambungan Kuda-Kuda di Lapangan

Lampiran 6 Persiapan Benda Uji



L-6 1. Pemotongan Pipa PVC



L-6 2. Hasil Pemotongan Benda Uji Tekan



L-6 3. Hasil Pemotongan Benda Uji Lentur



L-6 4. Percobaan Perakitan Kuda-Kuda Pertama Kali



L-6 5. Kondisi Kuda-Kuda Setelah Dilakukan Uji Coba Pertama Kali