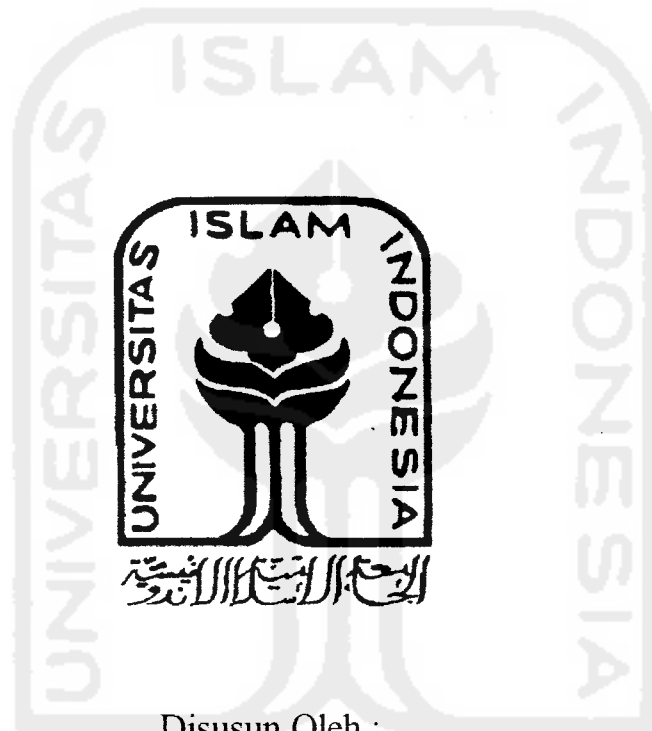


TGL. TERIMA : 5 Juni 2004
NO. JUDUL : 001217
NO. INV. : 5020001217001
NO. INDIK. :

TUGAS AKHIR
UJI KEKUATAN DAN PERILAKU KONSTRUKSI
KUDA-KUDA KAYU DENGAN SAMBUNGAN BAUT
DAN PLAT BAJA



Disusun Oleh :

Nama : Mohamad Kunto Wijaya
No. Mhs. : 96 310 249

Nama : Adrizal Fauzi
No. Mhs. : 96 310 258

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2004

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

UJI KEKUATAN DAN PERILAKU KONSTRUKSI KUDA-KUDA

KAYU DENGAN SAMBUNGAN BAUT DAN PLAT BAJA

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Teknik Sipil pada Jurusan Teknik Sipil,
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia

Disusun oleh :

1. Nama : Mohamad Kunto Wijaya
No. Mhs : 96 310 249
2. Nama : Adrizal Fauzi
No. Mhs : 96 310 258

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Ir. H. Sarwidi, MSCE, PhD.

Dosen Pembimbing I

Ir. H. Kasam, MT

Dosen Pembimbing II



Tanggal : 17/03/2004



Tanggal : 13-3-'04

Motto dan Persembahan

“Dan Dia mendapati kamu sebagai orang yang bingung, lalu Dia memberikan petunjuk”

...katakanlah:” adakah orang-orang yang mengetahui sama deangan orang-orang yang tidak mengetahui?Sesungguhnya orang-orang yang berakallah yang dapat menerima pelajaran” (Q.S AZ-ZUMAR:9)

“...Sesungguhnya apabila kamu bersyukur, pasti Aku akan menambah nikmat-Ku, dan jika kamu mengingkari, sesungguhnya azab-Ku sangat pedih” (Q.S IBRAHIM:7)

Persembahan,

Dengan perasaan bahagia dan syukur kepada Allah SWT,kupersembahkan laporan Tugas Akhir ini kepada Bapak dan Ibu tercinta, Serta kakak dan Adikku tersayang, yang telah memberikan dorongan semangat dan segalanya.

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Puji dan syukur kehadiran Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan hidayah-Nya. Shalawat serta salam dijunjung kepada Nabi Muhammad SAW yang telah membawa umat manusia ke jalan yang lurus, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan tugas akhir ini, yang merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan program S1 Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa masih banyak kekurangan baik dari segi materi maupun susunan bahasanya yang membuat tugas akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik yang membangun dan saran yang dapat memberikan manfaat dan dorongan bagi peningkatan kemampuan penulis.

Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan, dorongan serta pengarahan-pengarahan untuk membimbing penulis dalam penulisan tugas akhir sebagai berikut ini:

1. Bapak, Ir. H. Sarwidi, MSCE, PhD, selaku dosen pembimbing I.
2. Bapak Ir. H. Kasam, MT, selaku dosen pembimbing II.
3. Bapak Ir. H. Widodo, MSCE, PhD, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

4. Bapak Ir. H. Munadhir, Ms, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
5. Mas Aries, selaku staf Laboratorium Mekanika Rekayasa.
6. Kedua Orang Tua kami yang telah memberikan bantuan dan dorongan baik moril maupun materiil.
7. Mas Sugriwo ST, Muklis ST, Ery ST, Eko ST, Arris ST, yang banyak sekali membantu kami dalam penyelesaian tugas akhir ini.
8. Buat Ulfa Maria lilin kecilku yang selalu memberikan cahaya dan semangat dalam penyelesaian tugas skripsi ini, dari Kunto.
9. Spesial buat Wulan, Andri, Dina, Ira dan G4UL yang banyak memberikan inspirasi dan kebahagiaan dalam proses pembuatan tugas akhir ini.
10. Pihak-pihak lain yang tidak dapat disebutkan secara keseluruhan, yang telah membantu hingga selesainya tugas akhir ini.

Akhir kata penulis mohon maaf dengan segala ketulusan hati seandainya dalam penulisan tugas akhir ini terdapat kekhilafan, semoga Allah SWT selalu melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya kepada kita semua, dan segala sesuatu yang telah kita laksanakan akan menjadi bekal yang berguna dan bermanfaat kelak dikemudian hari, Amien.

Wassalamu`alaikum Wr. Wb.

Jogjakarta, Maret 2004

Penulis,

DAFTAR ISI

| | |
|---|------|
| HALAMAN JUDUL | i |
| HALAMAN PENGESAHAN | ii |
| HALAMAN PERSEMBAHAN | iii |
| KATA PENGANTAR | iv |
| DAFTAR ISI | vi |
| DAFTAR TABEL | ix |
| DAFTAR GAMBAR | xi |
| DAFTAR LAMPIRAN | xiii |
| DAFTAR NOTASI | xiv |
| ABSTRAKSI | xvi |
| | |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 3 |
| 1.3 Tujuan Penelitian..... | 3 |
| 1.4 Manfaat Penelitian..... | 3 |
| 1.5 Batasan Masalah..... | 4 |
| 1.6 Lokasi Penelitian | 4 |
| | |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | 5 |
| | |
| BAB III LANDASAN TEORI | 7 |
| 3.1 Sambungan Baut | 7 |
| 3.2 Modulus Elastis (E) | 10 |
| 3.3 Batang Tarik | 12 |
| 3.4 Batang Tekan | 14 |
| 3.5 Hubungan Beban-Lendutan | 16 |
| 3.6 Analisa Regresi..... | 17 |
| 3.6.1 Regresi kuadrat terkecil dengan kurva linear..... | 17 |

| | |
|---|-----------|
| 3.6.2 Regresi Polinomial | 18 |
| BAB IV Metode Penelitian | 19 |
| 4.1 Bahan- Bahan Uji Penelitian | 19 |
| 4.2 Pembuatan Benda Uji | 20 |
| 4.2.1 Pembuatan benda uji pendahuluan | 20 |
| 4.2.1.1 Pembuatan benda uji pendahuluan desak kayu searah serat .. | 20 |
| 4.2.1.2 Pembuatan benda uji pendahuluan tarik kayu searah serat .. | 21 |
| 4.2.1.3 Pembuatan benda uji pendahuluan geser kayu searah serat ... | 21 |
| 4.2.1.4 Pembuatan benda uji pendahuluan berat jenis kayu | 22 |
| 4.2.1.5 Pembuatan benda uji pendahuluan kadar lengas kayu | 22 |
| 4.2.1.6 Pembuatan benda uji pendahuluan kuat tarik plat baja | 23 |
| 4.2.1.7 Pembuatan benda uji pendahuluan geser baut | 24 |
| 4.2.2 Pembuatan benda uji sambungan pada batang kuda-kuda kayu | 24 |
| 4.2.3 Pembuatan benda uji elemen dengan sambungan baut dan variasi tebal plat baja | 27 |
| 4.3 Peralatan Benda Uji | 28 |
| 4.4 Prosedur Penelitian | 30 |
| BAB V Hasil Penelitian dan Pembahasan | 32 |
| 5.1 Hasil Uji Pendahuluan | 32 |
| 5.1.1 Hasil uji desak kayu searah serat | 32 |
| 5.1.2 Hasil uji tarik kayu | 33 |
| 5.1.3 Hasil uji geser kayu searah serat | 33 |
| 5.1.4 Hasil uji berat volume kayu | 34 |
| 5.1.5 Hasil uji kadar lengas kayu | 35 |
| 5.1.6 Hasil uji kuat tarik plat baja | 35 |
| 5.1.7 Hasil uji kuat geser baut | 36 |
| 5.2 Hasil Pengujian Elemen Sambungan dengan Sambungan Baut dan Variasi Tebal Plat Baja | 37 |

| | |
|---|-----------|
| 5.3 Hasil Uji Kekuatan dan Perilaku Konstruksi Kuda-Kuda Kayu dengan Sambungan Baut dan Plat Baja | 37 |
| 5.4 Analisa Data Hubungan Beban-Lendutan | 50 |
| 5.5 Pembahasan | 50 |
| 5.5.1 Analisis Mutu Kayu | 50 |
| 5.5.2 Analisis Kapasitas Batang | 51 |
| 5.5.3 Analisis Tegangan Geser (f_v), Tumpu (f_{Tumpu}) dan Lentur Baut (f_b) | 52 |
| 5.5.4 Analisis Tegangan Tarik Plat Baja | 54 |
| 5.5.5 Analisis Data Hubungan Beban-Lendutan pada Kuda-kuda Kayu | 54 |
| BAB VI Kesimpulan dan Saran | 56 |
| 6.1 Kesimpulan | 56 |
| 6.2 Saran-saran | 57 |
| Daftar Pustaka | |
| Lampiran | |

DAFTAR TABEL

| | |
|-------------------|---|
| Tabel 3.1 | Modulus kenyal (E) kayu sejajar serat |
| Tabel 3.2 | Tegangan yang diperkenankan untuk kayu mutu A |
| Tabel 5.1 | Hasil pengujian desak kayu searah serat |
| Tabel 5.2 | Hasil pengujian tarik kayu searah serat |
| Tabel 5.3 | Hasil pengujian geser kayu searah serat |
| Tabel 5.4 | Hasil pengujian berat volume kayu |
| Tabel 5.5 | Hasil pengujian kadar lengas kayu |
| Tabel 5.6 | Hasil pengujian kuat tarik plat baja pada tebal plat 2,0 mm |
| Tabel 5.7 | Hasil pengujian kuat tarik plat baja pada tebal plat 2,8 mm |
| Tabel 5.8 | Hasil pengujian tegangan baut $\frac{1}{2}$ " |
| Tabel 5.9 | Uji Elemen sambungan dengan variasi jumlah dan perletakan baut |
| Tabel 5.10 | Hasil pengujian kuda-kuda |
| Tabel 5.11 | Perhitungan kapasitas kayu (P_{cr}) dengan tebal plat 2,0 mm |
| Tabel 5.12 | Hasil analisis tegangan geser baut pengujian kuda-kuda dengan tebal plat 2,0 mm |
| Tabel 5.13 | Hasil analisis tegangan tumpu baut pengujian kuda-kuda dengan tebal plat 2,0 mm |
| Tabel 5.14 | Hasil analisis tegangan lentur baut pengujian kuda-kuda dengan tebal plat 2,0 mm |
| Tabel 5.15 | Perhitungan kapasitas kayu (P_{cr}) dengan tebal plat 2,8 mm |
| Tabel 5.16 | Hasil analisis tegangan geser baut pengujian kuda-kuda dengan tebal plat 2,8 mm |

Tabel 5.17 Hasil analisis tegangan tumpu baut pengujian kuda-kuda dengan tebal plat
2,8 mm

Tabel 5.18 Hasil analisis tegangan lentur baut pengujian kuda-kuda dengan tebal plat
2,8 mm

Tabel 5.19 Pengamatan benda uji 1 menggunakan tebal plat 2,0 mm

Tabel 5.20 Pengamatan benda uji 2 menggunakan tebal plat 2,8 mm

Tabel 5.21 Analisa kekakuan dari hubungan beban-lendutan



DAFTAR GAMBAR

| | |
|--------------------|---|
| Gambar 3.1 | Grafik P_{ijin} pada baut |
| Gambar 3.2 | Grafik tegangan vs regangan (a .kayu dan b .baja) |
| Gambar 3.3 | Tegangan konsentrasi pada patang tarik |
| Gambar 3.4 | Grafik hubungan beban dan lendutan |
| Gambar 4.1 | Benda uji pendahuluan desak kayu searah serat |
| Gambar 4.2 | Benda uji tarik kayu searah serat |
| Gambar 4.3 | Benda uji geser kayu searah serat |
| Gambar 4.4 | Benda uji tarik plat baja |
| Gambar 4.5 | Rangka atap <i>Howe Truss</i> dengan tebal plat 2,0 mm |
| Gambar 4.6 | Rangka atap <i>Howe Truss</i> dengan tebal plat 2,8 mm |
| Gambar 4.7 | Model pengujian pembebanan kuda-kuda dengan tebal plat 2 mm |
| Gambar 4.8 | Model pengujian pembebanan kuda-kuda dengan tebal plat 2,8 mm |
| Gambar 4.9 | Deformasi akibat pembebanan pada kuda-kuda dengan tebal plat 2,0 mm dan 2,8 mm |
| Gambar 4.10 | Pengujian elemen sambungan 2 baut dengan tebal plat 2,0 mm |
| Gambar 4.11 | Pengujian elemen sambungan 2 baut dengan tebal plat 2,8 mm |
| Gambar 4.12 | Mesin tarik <i>Shimadzu type UMH</i> kapasitas 30 ton |
| Gambar 4.13 | <i>Dial gauge</i> |
| Gambar 4.14 | <i>Hidraulik Jack</i> |
| Gambar 4.15 | <i>Loading Frame</i> |
| Gambar 5.1 | Benda uji konstruksi kuda-kuda kayu |

| | |
|--------------------|---|
| Gambar 5.2 | Grafik hubungan beban-lendutan benda uji 1 dial A dengan regresi linier |
| Gambar 5.3 | Grafik hubungan beban-lendutan benda uji 1 dial B dengan regresi linier |
| Gambar 5.4 | Grafik hubungan beban-lendutan benda uji 1 dial C dengan regresi linier |
| Gambar 5.5 | Grafik hubungan beban-lendutan benda uji 2 dial A dengan regresi linier |
| Gambar 5.6 | Grafik hubungan beban-lendutan benda uji 2 dial B dengan regresi linier |
| Gambar 5.7 | Grafik hubungan beban-lendutan benda uji 2 dial C dengan regresi linier |
| Gambar 5.8 | Grafik hubungan beban-lendutan benda uji 1 dan 2 dial A |
| Gambar 5.9 | Grafik hubungan beban-lendutan benda uji 1 dan 2 dial B |
| Gambar 5.10 | Grafik hubungan beban-lendutan benda uji 1 dan 2 dial C |
| Gambar 5.11 | Grafik hubungan beban-lendutan benda uji 1 dan 2 |

DAFTAR LAMPIRAN

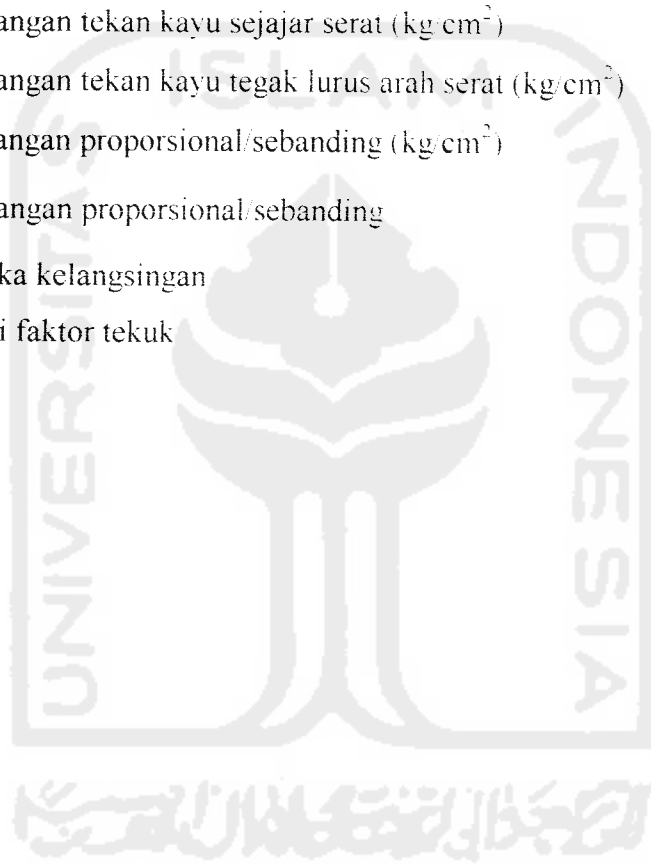
| | |
|---------------------|--|
| Lampiran I | Perhitungan Pembebanan |
| Lampiran II | Uji Pendahuluan..... |
| Lampiran III | Hasil pengamatan uji kekuatan dan perilaku konstruksi kuda-kuda kayu dengan sambungan baut dan plat baja |
| Lampiran IV | Analisis SAP..... |
| Lampiran V | Kartu konsultasi tugas akhir..... |
| Lampiran VI | Gamba-gambar |



DAFTAR NOTASI

| | |
|-----------------------|---|
| A_{Baut} | : Luas penampang baut (cm^2) |
| b | : Tebal/lebar tampang kayu yang disambung (cm) |
| c | : Nilai koefisien dipengaruhi oleh golongan kayu dan tampang sambungan kayu |
| d | : Diameter baut (cm) |
| E | : Modulus Elastis (kg/cm^2) |
| f | : Tegangan tarik (kg/cm^2) |
| f_l | : Tegangan yang terjadi apabila tidak terdapat lubang (kg/cm^2) |
| f_b | : Tegangan lentur (kg/cm^2) |
| f_v | : Tegangan geser (kg/cm^2) |
| f_{TumpuBau} | : Tegangan tumpu baut (kg/cm^2) |
| f_y | : Tegangan leleh baja (kg/cm^2) |
| F_n | : Luas tampang netto (cm^2) |
| F_{br} | : Luas tampang brutto (cm^2) |
| g | : Berat jenis kayu kering udara (kg/cm^3) |
| h | : Tinggi (cm) |
| i_{min} | : Jari-jari lembam minimum (cm) |
| I_{min} | : Nilai inersia minimum (cm^4) |
| k | : Koefisien |
| l | : Panjang (cm) |
| l_{tk} | : Panjang tekuk (cm) |
| M | : Momen (kg cm) |
| n | : Jumlah baut yang digunakan pada suatu elemen sambungan |
| P_{cr} | : Beban kritis/Kapasitas kayu (kg/cm^2) |
| P | : Beban (kg) |
| r | : Radius (cm) |
| S | : Momen penahan netto (cm^3) |
| x | : Jarak (cm) |

| | |
|------------------------------|--|
| Δ | : Lendutan (cm) |
| α | : Sudut antara arah gaya dengan arah serat kayu ($^{\circ}$) |
| τ | : Tegangan geser (kg/cm^2) |
| $\overline{\tau}$ | : Tegangan geser ijin (kg/cm^2) |
| $\sigma_{\text{ijin Tarik}}$ | : Tegangan ijin tarik (kg/cm^2) |
| σ_{tk} | : Tegangan tekan (kg/cm^2) |
| $\sigma_{\text{tk}\alpha}$ | : Tegangan tekuk kayu membentuk sudut α (kg/cm^2) |
| $\sigma_{\text{tk//}}$ | : Tegangan tekan kayu sejajar serat (kg/cm^2) |
| $\sigma_{\text{tk}\perp}$ | : Tegangan tekan kayu tegak lurus arah serat (kg/cm^2) |
| σ_p | : Tegangan proporsional/sebanding (kg/cm^2) |
| ε_p | : Regangan proporsional/sebanding |
| λ | : Angka kelangsingan |
| ω | : Nilai faktor tekuk |



ABSTRAKSI

Kuda-kuda merupakan suatu elemen struktur bangunan sipil yang berfungsi untuk melindungi elemen struktur lain yang berada dibawahnya. Sebagai elemen struktur maka perlu dilakukan inovasi untuk mendapatkan suatu elemen yang dapat berfungsi dengan baik dengan beberapa pertimbangan seperti tingkat efektifitas, ekonomis, maupun artistik.

Penelitian ini dilaksanakan untuk mengetahui pengaruh penggunaan sambungan baut dengan plat baja pada kuda-kuda kayu. Sebagai penunjang dilakukan juga penelitian pendahuluan untuk mengetahui karakteristik bahan yang digunakan dalam uji eksperimen ini serta penelitian uji elemen dengan variasi tebal plat sebagai alat sambung untuk mengetahui pengaruh tampang terhadap pembebanan pada suatu elemen.

Dari hasil penelitian didapatkan bahwa metode penyambungan pada konstruksi kuda-kuda kayu pada benda uji 1 dengan sambungan baut diameter 1,27 cm dan tebal plat 2,8 mm memiliki kekakuan lebih besar 20,09% dibandingkan dengan benda uji 2 dengan sambungan baut diameter 1,27 cm dan tebal plat 2,0 mm. Semakin tebal plat penyambung pada konstruksi kuda-kuda kayu semakin besar kapasitas beban yang dapat didukungnya.

BAB I

PENDAHULUAN

Dengan melihat perkembangan di bidang teknik sipil khususnya mengenai penggunaan konstruksi kuda-kuda kayu dalam struktur bangunan, maka pada penyusunan tugas akhir ini penulis akan melakukan penelitian tentang penggunaan sambungan baut dan variasi tebal plat baja pada konstruksi kuda-kuda kayu. Adapun hal-hal yang dicakup dalam bab ini, yaitu mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah dan lokasi penelitian, akan diuraikan sebagai berikut ini.

1.1 Latar Belakang

Kayu adalah suatu bahan konstruksi yang didapatkan dari tumbuhan yang sudah disediakan oleh alam. Di Indonesia kayu banyak digunakan sebagai material struktur bangunan gedung, jembatan, rumah tinggal, bantalan rel kereta api dan lain-lain. Dalam perencanaan konstruksi kayu selalu mempertimbangkan beberapa faktor yaitu ketersediaan bahan, harga, kekuatan bahan, keperluan, dan daya tahan. Karena kayu juga memiliki keuntungan dibandingkan dengan konstruksi baja dan beton secara ekonomis, juga tahan terhadap gempa. Pada struktur rangka batang dari kayu yang banyak digunakan adalah kuda-kuda yang

merupakan struktur pendukung penutup atap. Kuda-kuda atap dari kayu banyak dipakai untuk perumahan di Indonesia dengan bentang yang cukup besar hingga mencapai 10 meter atau lebih. Pada umumnya jenis kayu yang banyak digunakan adalah jenis kayu setempat dan berbentuk balok.

Dalam struktur rangka kuda-kuda tidak lepas dari sambungan, baik itu sambungan pada pertemuan titik buhul ataupun sambungan yang disebabkan ketersediaan bahan yang tidak dapat memenuhi panjang bentang yang digunakan pada kuda-kuda tersebut. Sambungan pada pertemuan titik buhul mungkin dapat mengakibatkan perlemahan kekuatan, sehingga kekuatan sambungan perlu ditingkatkan. Sedangkan alat sambung yang umum digunakan dalam suatu pekerjaan konstruksi yaitu perekat, paku dan baut. Pada penggunaan alat sambung perekat tidak terjadi pengurangan luas tampang sehingga sambungan dengan perekat merupakan sambungan yang paling kuat dan kokoh. Sambungan dengan menggunakan baut kurang baik karena deformasi yang terjadi cukup besar dan efisiensi yang terjadi rendah. Selain itu penggunaan alat sambung baut juga mengalami pengurangan luas tampang kayu yang akan disambung yang mengakibatkan kekuatan sambungan kayu menjadi lemah. Pada kondisi seperti itu sambungan baut dapat ditingkatkan kekuatannya dengan penambahan alat penyambung yang berupa kayu atau plat baja. Di Indonesia, baut merupakan alat sambung yang paling banyak digunakan sehingga penggunaan baut sebagai alat sambung pada kayu harus diberi plat penyambung agar dapat mengakomodasi gaya yang bekerja.

Pada konstruksi kayu yang dibebani dengan tegangan lentur dan batang tarik, perlemahan akibat lubang baut sebagai alat penyambung harus diperhitungkan, oleh karena itu dalam penelitian ini akan dipergunakan profil plat baja untuk menutupi perlemahan sambungan baut itu. Hal ini dilakukan untuk dapat menahan gaya-gaya yang bekerja. Untuk itu diperlukan penelitian yang eksperimental.

1.2 Rumusan Masalah

Seberapa besar kekuatan konstruksi kuda-kuda kayu dengan sambungan baut dan variasi tebal plat baja, serta bagaimana perilaku kerusakan konstruksi kuda-kuda kayu pasca pengujian ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah menguji kekuatan dan perilaku konstruksi kuda-kuda kayu dengan sambungan baut dan plat baja, yaitu :

1. mengetahui kekuatan lentur konstruksi kuda-kuda kayu dengan sambungan baut dan variasi tebal plat baja, dan
2. mengetahui perilaku kerusakan konstruksi kuda-kuda kayu pasca pengujian.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah memberikan masukan maupun informasi kepada semua pihak yang berkepentingan, khususnya kepada

perencanaan struktur kayu, sehingga dapat digunakan sebagai salah satu acuan dalam perencanaan struktur kayu khususnya struktur rangka atap. Selain itu juga dapat memberikan masukan dalam bidang arsitektur untuk menambah nilai keindahan dalam perencanaan sambungan kayu.

1.5 Batasan Masalah

Agar penelitian dapat terarah sesuai dengan maksud dan tujuan penelitian, maka perlu adanya batasan-batasan sebagai berikut ini.

1. Kayu yang digunakan adalah kayu bengkirai.
2. Struktur kuda-kuda dianggap menerima pembebanan statis monotonik.
3. Sambungan baut hanya menerima gaya geser.
4. Dial Gauge digunakan pada pengukuran defleksi kuda-kuda.
5. Dalam percobaan ini ditinjau tegangan desak/tarik yang terjadi pada sambungan kayu dengan baut dan variasi tebal plat baja.
6. Berdasarkan asumsi di lapangan bahwa tegangan leleh baja baik itu plat maupun baut jauh di atas dari tegangan ijin kayu, maka titik berat tinjauan masalah yang akan diteliti adalah pada titik lemah sambungan kayu.

1.6 Lokasi Penelitian

Pada uji pendahuluan dilakukan di laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Universitas Islam Indonesia, sedangkan untuk pengujian kuat desak dan kuat tarik pada konstruksi kuda-kuda kayu dilakukan di laboratorium Mekanika Rekayasa Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Alat sambung baut biasa digunakan pada struktur kayu. Baut digunakan untuk menahan beban geser dan beban tarik. Baut dapat digunakan untuk sambungan antara kayu dengan kayu maupun kayu dengan baja. Hal ini dapat ditunjukkan oleh hasil dan penelitian yang dilakukan oleh Suwaryana (1993), dengan judul penelitian Hitungan Sambungan Kayu dengan Alat Bantu Komputer Bahasa Pascal.

Menurut penelitian Rachmadi (2000), pada Perencanaan Struktur Bambu Type Truss Memakai Sambungan Baut Dengan Pengisi menerangkan bahwa, kekuatan sambungan ditentukan oleh beberapa variabel yaitu variabel tetap dengan berupa diameter dan jumlah baut serta variabel bebas berupa diameter tebal bahan uji serta mutu bahan yang digunakan (bambu).

Studi Eksperimental Kuat Geser Sambungan Kayu Dengan Paku (Dwiananta dan Arman, 2001), menyimpulkan bahwa kekuatan dan kekakuan sambungan dalam keadaan elastis meningkat apabila jumlah sambungannya diperbanyak, tetapi kekuatan dan kekakuan persambungannya semakin berkurang.

Alexander dan Sambodho (2002), membuat penelitian Uji Eksperimen Sambungan Baut pada Kuda-Kuda Kayu dengan Menggunakan Plat Buhul Baja.

Penelitian ini menunjukkan kayu bengkirai memiliki tegangan lentur, tegangan desak, tegangan tarik maupun tegangan geser yang tinggi dan dapat dikelompokkan pada kelas kuat I.

Berdasarkan Perilaku Kuda-Kuda dengan Alat Sambung *Claw Nail Plate* (Rahmadi dan Isheru, 2001), kayu bengkirai memiliki kecenderungan menahan gaya desak lebih besar dibanding dua jenis kayu lainnya, yaitu kayu meranti dan keruing. Kayu bengkirai juga memiliki nilai selip relatif lebih kecil daripada kayu meranti dan keruing. Kekakuan yang terjadi dipengaruhi oleh kuat kelas kayu dan dimensi batang yang digunakan, terutama batang atas dan batang bawah. Kayu-kayu dari jenis kuat kelas I (bengkirai) mempunyai kekakuan yang lebih besar daripada jenis kelas kuat III (keruing dan meranti). Daktilitas simpangan kayu bengkirai lebih besar daripada daktilitas simpangan kayu lainnya (meranti dan keruing).

Berdasarkan Uji Eksperimen Sambungan Baut pada Kuda-Kuda Kayu Menggunakan Profil Tabung Baja (Ery dan Akbar, 2003), didapatkan bahwa sambungan baut pada kuda-kuda kayu menghasilkan suatu beban maksimum rata-rata, dimana pada beban tersebut profil sambungan baut mengalami kerusakan, dan grafik hubungan beban (P) – lendutan (Δ) menggambarkan hubungan pembebanan yang dilakukan pada benda uji sampai pada batas plastis.

BAB III
LANDASAN TEORI

Sebagaimana telah disebutkan pada Bab I, bahwa penelitian pada tugas akhir ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan lentur konstruksi kuda-kuda kayu dengan sambungan baut dan variasi tebal plat baja , dan mengetahui perilaku kerusakan konstruksi kuda-kuda kayu pasca pengujian. Dalam landasan teori ini penulis akan menguraikan hal-hal yang berhubungan dengan kuda-kuda kayu yang meliputi sambungan baut, modulus elastis, modulus tangen, batang tarik, batang tekan, hubungan beban dan lendutan, analisa regresi dan hipotesa.

3.1. Sambungan Baut

Berdasarkan PKKI NI 1961 kekuatan sambungan baut dipengaruhi oleh tebal kayu, diameter kayu, koefisien, golongan kayu, tampang sambungan dan sudut antara gaya yang bekerja dengan arah serat kayu. Dari pernyataan tersebut dapat ditulis dengan persamaan :

$$P = c_1 d b_3 (1 - 0,6 \sin \alpha) \dots\dots\dots (3.1)$$

$$P = c_2 d b_1 (1 - 0,6 \sin \alpha) \dots\dots\dots (3.2)$$

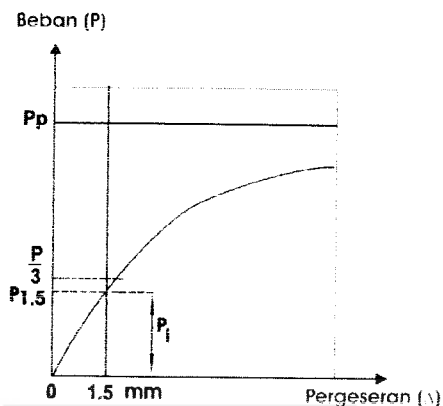
$$P = c_3 d^2 (1 - 0,35 \sin \alpha) \dots\dots\dots (3.3)$$

Dari persamaan di atas nilai koefisien (c) dipengaruhi oleh golongan kayu dan tampang sambungan kayu. Sudut α merupakan sudut antara arah gaya dengan arah serat kayu, semakin kecil sudut yang dibentuk antara arah gaya dengan arah serat kayu maka kekuatan sambungan (P) yang terjadi semakin tinggi atau gaya yang dipikul oleh sambungan semakin kecil, begitu pula sebaliknya. Nilai d merupakan diameter baut dan b adalah tebal tampang kayu yang disambung. Semakin besar diameter baut yang digunakan maka luas tampang tarik kayu yang ada semakin kecil. Dari ketiga persamaan di atas diambil nilai kekuatan sambungan (P) yang terkecil.

Jika pada sambungan bertampang satu, salah satu batangnya adalah dari besi (baja), maka harga-harga P dalam rumus di atas dapat dinaikkan 25%. Yang termasuk kayu dalam golongan I adalah kayu-kayu dengan kelas kuat I ditambah kayu rasamala, begitu pula dengan kayu golongan II dan golongan III.

Dari persamaan tersebut dapat diambil kesimpulan bahwa tegangan desak dipengaruhi oleh sudut antara arah gaya dengan arah serat kayu, semakin besar sudut antara arah gaya dengan arah serat kayu maka tegangan desak yang terjadi semakin kecil.

Beban (P) yang di ijinakan pada sambungan baut adalah $\frac{1}{3}P_{maks}$ atau beban patah, atau diambil beban sesaran sebesar 1,5 mm, hal ini dapat dilihat dalam Gambar 3.1 (Suwarno , 1977).



Gambar 3.1 Grafik P_{ijin} Pada Baut

Sambungan baut mutu tinggi dapat direncanakan sebagai sambungan tipe geser dan sambungan tipe tumpu. Pada sambungan tipe geser baut dikencangkan sampai batas yang ditetapkan sehingga antara kedua elemen yang disambung timbul gesekan yang mampu menahan tergelincirnya masing-masing elemen tersebut. Sedangkan pada sambungan tipe tumpu, tergelincirnya masing-masing elemen yang disambung mungkin terjadi sampai batas tepi-tepi lubang telah menumpu pada batang baut (Padosbajayo, 1994).

Adapun persamaan tegangan yang terjadi pada satu baut dapat ditulis pada persamaan (3.4)–(3.7) (Padosbajayo, 1994).

$$\tau = \frac{P}{A_{Baut}} \dots\dots\dots(3.4)$$

dengan tegangan ijin geser baut dapat ditulis dalam persamaan (3.5).

$$\bar{\tau} = \frac{1}{3} \tau \dots\dots\dots(3.5)$$

tegangan ijin tumpu satu baut ditulis dalam persamaan (3.6).

$$f_{Tumpu\ Baut} = \frac{P}{D \times \text{Tebal Pelat}} \dots\dots\dots(3.6)$$

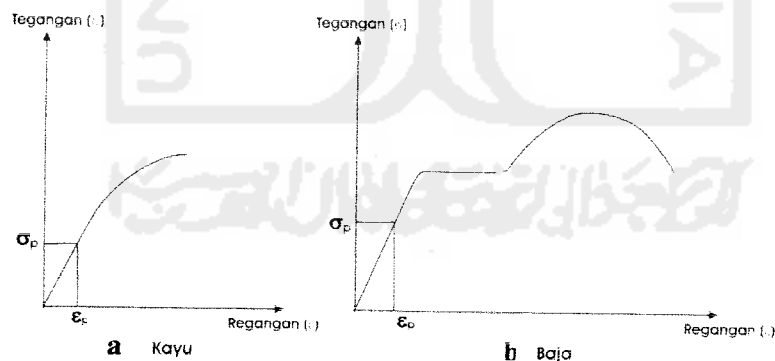
dan tegangan lentur yang terjadi pada 1 baut ditulis melalui persamaan (3.7).

$$f_b = \frac{M}{S} = \frac{\frac{1}{8} q l^2}{\frac{1}{32} \pi D^3 n} \dots\dots\dots(3.7)$$

variabel D pada persamaan tersebut merupakan diameter baut yang digunakan dan n merupakan jumlah baut yang digunakan pada suatu elemen sambungan. Dari persamaan di atas dapat diambil kesimpulan bahwa semakin besar diameter baut maka tegangan lentur yang ditahan oleh baut akan semakin kecil.

3.2. Modulus Elastis

Modulus elastis (E) kayu dihitung dengan persamaan (3.8) yang diperoleh dari diagram tegangan-regangan uji desak kayu yaitu dengan cara membandingkan tegangan dan regangan kayu pada batas proporsional. Grafik tegangan- regangan untuk material kayu dan baja dapat dilihat dalam Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Grafik Tegangan Vs Regangan (a. Kayu dan b. Baja)

$$E = \frac{\sigma_p}{\epsilon_p} \dots\dots\dots (3.8)$$

keterangan : E = modulus elastis (kg/cm^2),

σ_p = tegangan proporsional/sebanding (kg/cm^2),

ε_p = regangan proporsional/sebanding.

Tegangan merupakan gaya per satuan luas, regangan merupakan deformasi panjang terhadap panjang awal. Semakin tinggi tegangan yang terjadi maka deformasi yang terjadi semakin besar hingga mencapai batas maksimum. Dalam aplikasi di lapangan batas proporsional pada kayu sering dianggap sebagai batas kenyal seperti pada baja. Modulus kenyal dapat dilihat dalam Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Modulus kenyal (E) kayu sejajar serat (PKKI, 1961)

| Kelas Kuat Kayu | $E // (\text{kg/cm}^2)$ |
|-----------------|-------------------------|
| I | 125.000 |
| II | 100.000 |
| III | 80.000 |
| IV | 60.000 |

Berdasarkan PKKI NI 1961 tegangan yang di ijin pada berbagai kelas kayu dapat ditunjukkan pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Tegangan yang diperkenankan untuk kayu mutu A

| Tegangan Ijin Kayu (kg/cm^2) | Kelas Kuat | | | | Kayu Jati |
|---|------------|-----|-----|----|-----------|
| | I | II | III | IV | |
| σ_{lt} | 150 | 100 | 75 | 50 | 130 |
| $\sigma_{ds//} = \sigma_{tr//}$ | 130 | 85 | 60 | 45 | 110 |
| $\sigma_{ds \perp}$ | 40 | 25 | 15 | 10 | 30 |
| $\tau //$ | 20 | 12 | 8 | 5 | 15 |

Dari Tabel 3.2 dapat diambil kesimpulan bahwa semakin tinggi kelas kuat kayu maka kekuatan lentur, desak sejajar serat, tarik sejajar serat, desak tegak lurus serat dan geser sejajar serat, semakin tinggi.

Korelasi tegangan yang diijinkan untuk kayu mutu A berdasarkan berat jenis kering udara dapat ditulis dalam persamaan 3.9 sebagai berikut (Hukum Hooke),

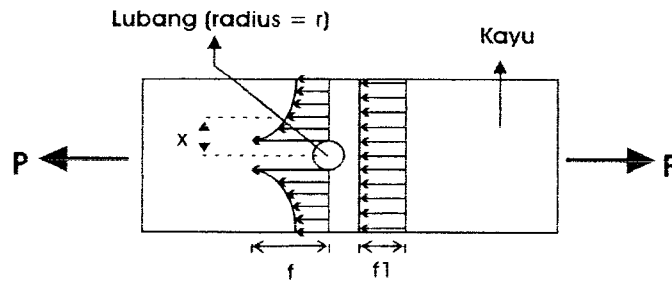
$$\sigma = c \cdot g \dots\dots\dots (3.9)$$

dengan c merupakan nilai koefisien untuk berbagai jenis tegangan dan g merupakan berat jenis kayu kering udara. Untuk nilai koefisien berbagai jenis tegangan kayu mutu A adalah $\sigma_{lt} = 170 \text{ kg/cm}^2$, $\sigma_{ds//} = \sigma_{tr//} = 150 \text{ kg/cm}^2$, $\sigma_{ds\perp} = 40 \text{ kg/cm}^2$ dan $\tau_{//} = 20 \text{ kg/cm}^2$.

3.3 Batang Tarik

Untuk batang yang menahan gaya tarik perlu diperhitungkan perlemahan-perlemahan akibat alat-alat sambung. Setiap alat sambung memerlukan lubang pada kayu, hal tersebut menyebabkan luas tampang batang kayu menjadi berkurang sehingga luas tampang yang digunakan merupakan luas tampang netto (F_n). Setiap perlemahan yang terjadi bervariasi tergantung dari alat sambung yang digunakan karena masing-masing alat sambung memiliki faktor reduksi yang berbeda-beda, banyaknya barisan, dan ukuran batang kayu yang digunakan.

Dengan adanya lubang yang ditempati alat sambung maka tegangan kayu menjadi tidak merata lagi sehingga terjadi pemusatan tegangan di sekitar lubang tersebut. Tegangan di sekitar lubang lebih tinggi dibandingkan tegangan di tepi batang, sebagaimana terlihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Tegangan Konsentrasi pada Batang Tarik

Tegangan tarik (f) yang terjadi pada setiap jarak (x) terhadap lubang alat sambung dengan radius (r), f_1 merupakan tegangan yang terjadi apabila tidak terdapat lubang. Dari gambar di atas dapat disimpulkan bahwa semakin besar radius lubang maka tegangan yang terjadi akan semakin besar, namun semakin jauh jarak tinjauan tegangan (x) terhadap lubang maka tegangan yang terjadi akan semakin kecil. Tegangan tarik yang diperkenankan dilihat pada persamaan 3.10.

$$\sigma_{\text{Tarik}} = \frac{P}{Fn} \dots\dots\dots (3.10)$$

Dari persamaan di atas diambil kesimpulan, semakin besar luasampang netto (Fn) maka tegangan yang ditahan tiap satuan luas akan menjadi semakin kecil.

Sedangkan untuk mengetahui tegangan tarik plat baja dapat diketahui dengan rumus

$$P_{\text{plat}} = f_y \cdot Ae \dots\dots\dots (3.11)$$

Dimana untuk luas bersih Ae yang sebanding dengan $U \cdot A_n$ di mana U merupakan koefisien reduksi. Dengan menggunakan luas bersih efektif, ketidakseragaman tegangan dapat dihitung secara sederhana (Salmon dan Johnson, 1992).

$$Ae = U \cdot A_n \dots\dots\dots (3.12)$$

3.4 Batang Tekan

Pada batang tekan memiliki prinsip yang berbeda dengan batang tarik sebab pada batang tekan pengurangan tampang akibat lubang yang dibuat untuk alat penyambung tidak diperhitungkan sehingga luas tampang yang digunakan merupakan luas tampang bruto (F_{br}) atau luas tampang penuh. Pada batang tekan, yang perlu diperhitungkan adalah tekuk yang terjadi akibat pembebanan yang diterima oleh batang tersebut, oleh karena itu dalam PKKI disyaratkan bahwa batang tekan harus memiliki nilai kelangsingan batang (λ) ≤ 150 . Angka kelangsingan (λ) merupakan perbandingan antara panjang tekuk (l_{tk}) dengan jari-jari lembam minimum (i_{min}), sehingga dapat ditulis dengan :

$$\lambda = \frac{l_{tk}}{i_{min}} \dots \dots \dots (3.13)$$

dengan nilai jari-jari lembam minimum sesuai dengan persamaan 3.14.

$$i_{min} = \sqrt{\frac{I_{min}}{F_{br}}} \dots \dots \dots (3.14)$$

nilai inersia minimum yang digunakan merupakan nilai inersia minimum dengan tampang persegi sehingga persamaan inersia menjadi,

$$I_{min} = \frac{1}{12} \times h \times b^3 \dots \dots \dots (3.15)$$

dengan h adalah tinggi dan b adalah lebar penampang kayu, dimana $b < h$. Dari persamaan di atas dapat diketahui tegangan tekan yang terjadi sebesar,

$$\sigma_{Tekan} = \frac{P \times \omega}{F_{br}} \leq \sigma_{tk} \dots \dots \dots (3.16)$$

Dari persamaan 3.15 dapat disimpulkan bahwa nilai tegangan tekan dipengaruhi oleh nilai faktor tekuk (ω). Nilai faktor tekuk (ω) dipengaruhi oleh angka kelangsingan (λ), semakin tinggi angka kelangsingan maka nilai faktor tekuk yang terjadi semakin besar sehingga tegangan tekan yang terjadi juga semakin besar. Nilai faktor tekuk dapat diambil dari Daftar III PKKI-NI, 1961.

Apabila terdapat arah gaya yang membentuk sudut α dengan arah serat kayu, maka tegangan yang diperkenankan harus dihitung menurut persamaan :

$$\sigma_{tk\alpha} = \sigma_{tk//} - (\sigma_{tk//} - \sigma_{tk\perp}) \sin^2 \alpha \dots\dots\dots (3.17)$$

dengan $\sigma_{tk\alpha}$ merupakan tegangan tekan membentuk sudut α terhadap serat, α adalah sudut antara arah gaya dengan serat kayu, $\sigma_{tk//}$ merupakan tegangan tekan sejajar serat, dan $\sigma_{tk\perp}$ adalah tegangan tekan tegak lurus arah serat. Semakin besar sudut yang dibentuk antara arah gaya dengan arah serat kayu (α) maka tegangan yang dihasilkan ($\sigma_{tk\alpha}$) semakin kecil.

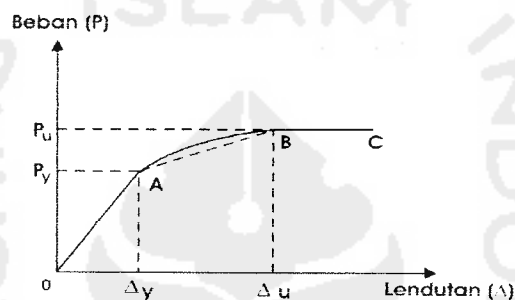
Pada keadaan kritis, kolom sederhana memiliki hubungan seperti yang terdapat dalam persamaan 3.18 (Timoshenko dan Gere, 1961).

$$P_{cr} = \frac{k^2 \cdot \pi^2 \cdot E \cdot I}{l^2} \dots\dots\dots (3.18)$$

Karena persamaan 3.17 merupakan persamaan *Euler* yang selalu menggunakan modulus elastis, maka persamaan tersebut hanya berlaku sampai pada batas proporsional, di atas batas tersebut persamaan tersebut tidak berlaku. Pada persamaan tersebut dianggap untuk nilai kelangsingan (λ) ≤ 30 bahaya tekuk tidak dapat terjadi (De Vries dan P. Potma, 1984).

3.5 Hubungan Beban–Lendutan

Lentur yang disebabkan beban akan menimbulkan lendutan secara langsung. Pada dasarnya kayu dan baja memiliki sifat yang hampir sama, kalau pada kayu tidak memiliki batas kenyal melainkan batas proporsional. Tetapi dalam praktek batas proporsional ini sering dianggap sebagai batas kenyal seperti pada baja (Suwarno, 1997). Hubungan Beban (P) dan Lendutan (Δ) dapat dilihat pada Gambar 3.4,



Gambar 3.4 Grafik Hubungan Beban (P) dan Lendutan (Δ)

Menurut penelitian yang dilakukan oleh *American Society for Testing and Material (ASTM)* yang ditulis oleh (Timoshenko, 1987), bahwa kekakuan rangka hingga beban patah dinyatakan oleh garis OA pada diagram beban-lendutan dari Gambar 3.4 atau disebut juga dengan daerah elastis. Dengan penambahan beban pada rangka maka rangka akan menjadi plastis seperti ditunjukkan pada garis AB , hingga pada akhirnya rangka akan menjadi plastis sempurna seperti ditunjukkan pada garis BC , setelah itu rangka atau struktur tidak mampu lagi memikul tambahan beban.

3.6 Analisa Regresi

Dalam analisa regresi ini akan dijabarkan secara umum dalam regresi kuadrat terkecil dengan kurva linier dan regresi polinomial.

3.6.1 Regresi Kuadrat Terkecil dengan Kurva Linear

Mengutip dari (Triatmojo, 1992), bentuk sederhana dari regresi kuadrat terkecil adalah apabila kurva yang mewakili titik-titik percobaan merupakan garis lurus, dalam persamaan (3.19).

$$g(x) = a + bx \dots\dots\dots (3.19)$$

jumlah kuadrat dari kesalahan dihitung dengan persamaan (3.20),

$$D^2 = \sum_{i=1}^n Ei^2 = \sum_{i=1}^n \{y_i - a - bx_i\}^2 \dots\dots\dots (3.20)$$

Agar nilai D^2 minimum, persamaan (3.20) turunkan terhadap parameter a dan b , kemudian disama dengankan 0. turunan pertama parameter a :

$$\sum y_i - \sum a - \sum bx_i = 0 \dots\dots\dots (3.21)$$

turunan pertama dari parameter b :

$$\sum y_i x_i - \sum ax_i - \sum bx_i^2 = 0 \dots\dots\dots (3.22)$$

Penjumlahan masing-masing suku pada persamaan (3.21) dan (3.22) adalah dari 1 sampai dengan n . Kedua persamaan tersebut dapat ditulis dalam bentuk :

$$na + \sum x_i b = \sum y_i \dots\dots\dots (3.23)$$

$$\sum x_i a + \sum x_i^2 b = \sum x_i y_i \dots\dots\dots (3.24)$$

dengan $\sum a = na$ disubstitusi dengan persamaan (3.24) menjadi,

$$a = \frac{1}{n} (\sum y_i - \sum x_i b) \dots\dots\dots (3.25)$$

Interpolasi antara persamaan (3.24) dan (3.25) dengan variabel $a = \bar{y} - b\bar{x}$ menjadi :

$$b = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \dots\dots\dots (3.26)$$

3.6.2 Regresi Polinomial

Regresi ini menghasilkan kurva lengkung yang persamaan tersebut dapat diturunkan dengan melakukan transformasi data asli ke dalam bentuk lain yang sesuai. Penurunan persamaan dilakukan dengan metode kuadrat terkecil. Persamaan polinomial orde r mempunyai bentuk seperti yang ditulis dalam persamaan (3.27):

$$y = a_0 + a_1x + a_2x^2 + \dots + a_r x^r \dots\dots\dots (3.27)$$

Jumlah kuadrat kesalahan ditulis dalam persamaan (3.28),

$$D^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - a_0 - a_1x_1 - a_2x^2 - \dots - a_r x^r) \dots\dots\dots (3.28)$$

BAB IV

METODE PENELITIAN

Pengujian yang akan dilakukan oleh peneliti meliputi pengujian pendahuluan dari bahan penyusun kuda-kuda yang meliputi kayu, plat baja dan baut itu sendiri. Setelah dilakukan pengujian pendahuluan lalu dilanjutkan dengan pengujian sambungan kayu batang kuda-kuda kayu serta pengujian rangka atap kuda-kuda kayu.

Sebelum pengujian dilakukan oleh peneliti diperlukan beberapa persiapan agar pengujian dapat berjalan lancar. Persiapan yang akan dilakukan meliputi persiapan bahan uji, pembuatan sampel-sampel benda uji, peralatan yang akan dipakai dalam pengujian dan tahapan-tahapan uji penelitian.

4.1 Bahan-Bahan Uji Penelitian

1. balok kayu bengkirai ukuran $\frac{6}{12}$ cm
2. plat baja dengan ketebalan 2,0 mm dan 2,8 mm,
3. baut baja $\frac{1}{2}$ ".

4.2 Pembuatan Benda Uji

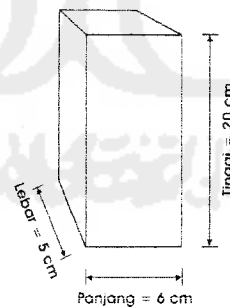
Pada pembuatan benda uji ini dibagi menjadi tiga tahap yang meliputi pembuatan benda uji pendahuluan dan pembuatan benda uji sambungan pada batang kuda-kuda kayu, dan pembuatan benda uji elemen dengan variasi perletakan dan jumlah baut.

4.2.1 Pembuatan Benda Uji Pendahuluan

Pembuatan benda uji untuk kayu dilaksanakan berdasarkan syarat-syarat yang terdapat pada *Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia NI 1961*, masing-masing benda uji pendahuluan tersebut diambil dari balok kayu yang berukuran 6/12 cm dengan panjang 400 cm.

4.2.1.1 Pembuatan Benda Uji Pendahuluan Desak Kayu Searah Serat

Pada uji pendahuluan desak kayu searah serat dibuat tiga buah benda uji seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 4.1. Dari ketiga benda uji tersebut kemudian di uji untuk mengetahui rata-rata kuat desak kayu searah serat dan modulus elastis kayu yang selanjutnya akan digunakan dalam analisis.

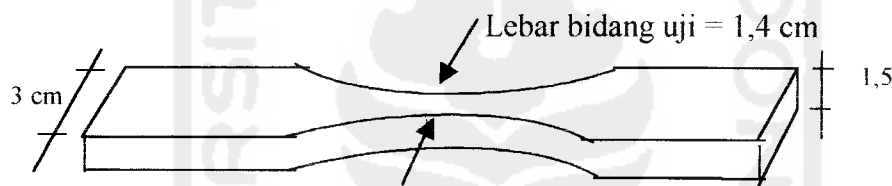


Gambar 4.1 Benda Uji Pendahuluan Desak Kayu Searah Serat

Pengujian dilakukan dengan cara memberikan beban statis monotonic pada tampang desak kayu setiap kenaikan beban 10 kN, kemudian dicatat defleksi yang terjadi pada tiap kenaikan 10 kN sampai beban mencapai maksimum.

4.2.1.2 Pembuatan Benda Uji Pendahuluan Tarik Kayu Searah Serat

Pada uji pendahuluan tarik kayu searah serat dibuat tiga buah benda uji seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 4.2. Dari ketiga benda uji tersebut kemudian di uji untuk mengetahui rata-rata kuat tarik kayu searah serat yang selanjutnya akan digunakan dalam analisis.

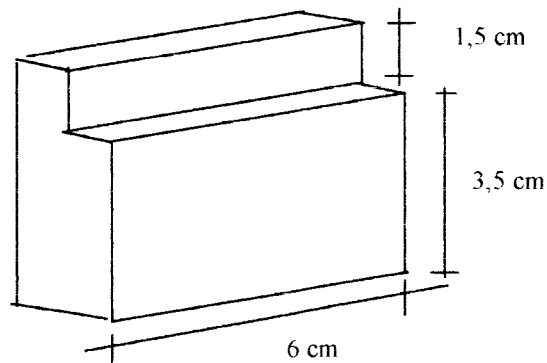


Gambar 4.2 Benda Uji Tarik Kayu Searah Serat

Pengujian dilakukan dengan cara memberikan beban tarik pada masing-masing benda uji sampai pada beban maksimum, kemudian dicari tegangan tarik kayu yang terjadi dengan cara membandingkan kuat tarik kayu yang terjadi dengan luas tampang patah rata-rata dari masing-masing kayu.

4.2.1.3 Pembuatan Benda Uji Pendahuluan Geser Kayu Searah Serat

Pada uji pendahuluan geser kayu searah serat dibuat tiga buah benda uji seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 4.3. Dari ketiga benda uji tersebut kemudian di uji untuk mengetahui rata-rata geser kayu searah serat.



Gambar 4.3 Benda Uji Geser Kayu Searah Serat

Pengujian geser kayu searah serat kayu dilakukan dengan cara memberikan beban geser pada masing-masing benda uji dengan bantuan *shear tools* sampai pada beban maksimum, kemudian dihitung tegangan geser kayu yang terjadi dengan cara membandingkan kuat geser kayu yang terjadi dengan luas tampang geser dari masing-masing benda uji.

4.2.1.4 Pembuatan Benda Uji Pendahuluan Berat Jenis Kayu

Pembuatan benda uji pendahuluan berat jenis kayu diambil dari masing-masing potongan kecil berbentuk kubus dari benda uji desak kayu searah serat, tarik kayu searah serat dan geser kayu searah serat. Potongan kecil tadi kemudian diukur dimensi dan beratnya lalu dimasukkan ke dalam oven selama 36 jam. Setelah itu potongan kecil tadi diukur kembali dimensi dan beratnya kemudian dapat diketahui berat jenis kayu kering udara dan berat jenis kayu kering oven dari masing-masing benda uji.

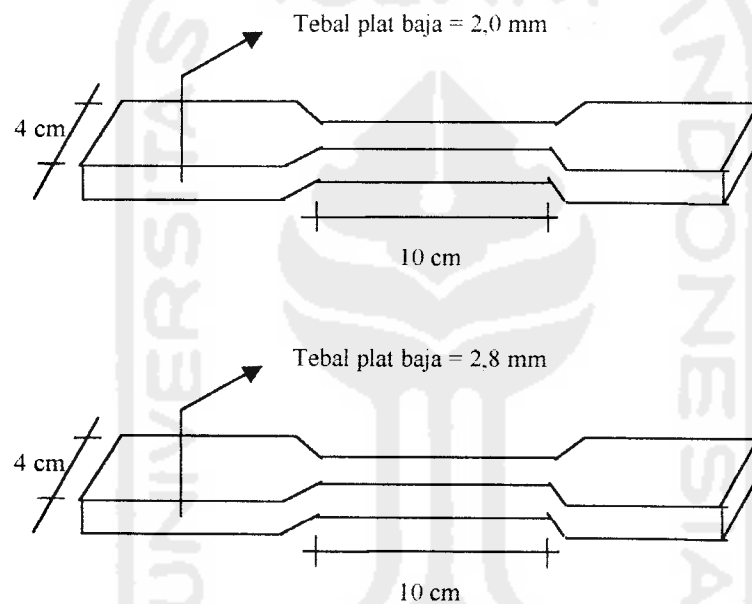
4.2.1.5 Pembuatan Benda Uji Pendahuluan Kadar Lengas Kayu

Pembuatan benda uji pendahuluan kadar lengas kayu diambil dari masing-masing potongan kecil berbentuk kubus dari benda uji desak kayu searah serat,

tarik kayu searah serat dan geser kayu searah serat. Potongan kecil tadi kemudian diukur beratnya sebelum dimasukkan ke dalam oven, lalu dimasukkan ke dalam oven selama 36 jam. Setelah itu potongan kecil tadi diukur kembali beratnya kemudian dapat diukur kadar lengas kayu tersebut.

4.2.1.6 Pembuatan Benda Uji Pendahuluan Kuat Tarik Plat Baja

Pada pembuatan benda uji pendahuluan kuat tarik plat baja dibuat empat buah benda uji seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 4.4.



Gambar 4.4. Benda Uji Tarik Plat Baja

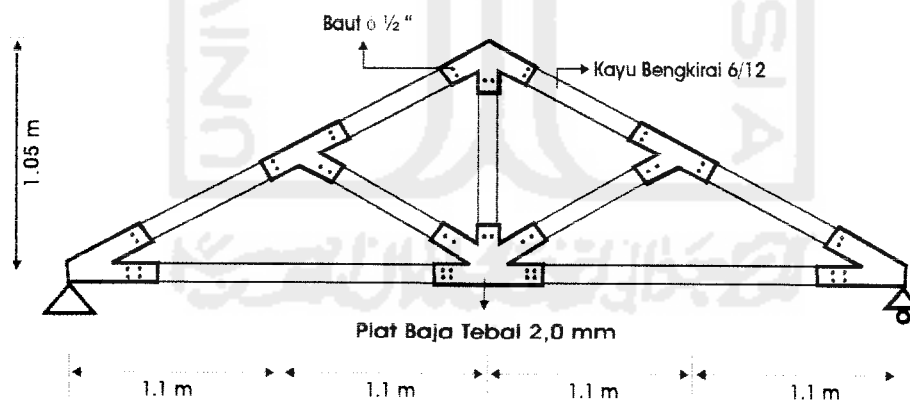
Pengujian dilakukan dengan cara memberikan beban tarik secara statis monotonik menggunakan alat tarik pada plat baja kemudian dicatat beban luluh awal, luluh akhir, dan tegangan maksimum/ultimate yang terjadi dari masing-masing benda uji. Dari masing-masing benda uji tersebut lalu dianalisis untuk mendapatkan rata-rata dari tegangan luluh awal, luluh akhir dan tegangan maksimum/ultimate.

4.2.1.7 Pembuatan Benda Uji Pendahuluan Geser Baut

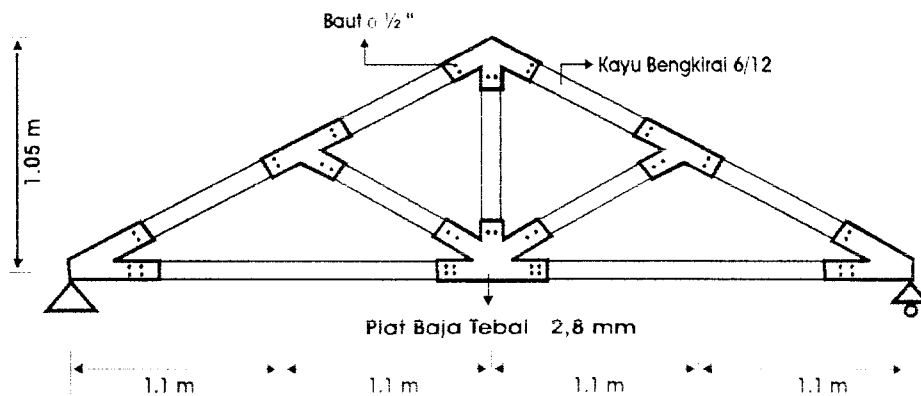
Pada pengujian pendahuluan geser baut dilakukan dengan menguji masing-masing tiga buah contoh baut dengan diameter $\frac{1}{2}$ yang digunakan dalam pembuatan benda uji. Pada pengujian ini dilakukan dengan memberikan pembebanan secara statis monotonik pada masing-masing baut dengan diameter yang telah ditentukan kemudian dicari tegangan ultimate rata-rata dari masing-masing benda uji baut.

4.2.2 Pembuatan Benda Uji Sambungan pada Batang Kuda-Kuda Kayu

Dalam uji eksperimen ini digunakan model rangka atap *Howe Truss* dengan menggunakan sambungan baut dan plat baja yang menyesuaikan dengan profil kayu yang digunakan. Rangka atap yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 4.5 dan Gambar 4.6.

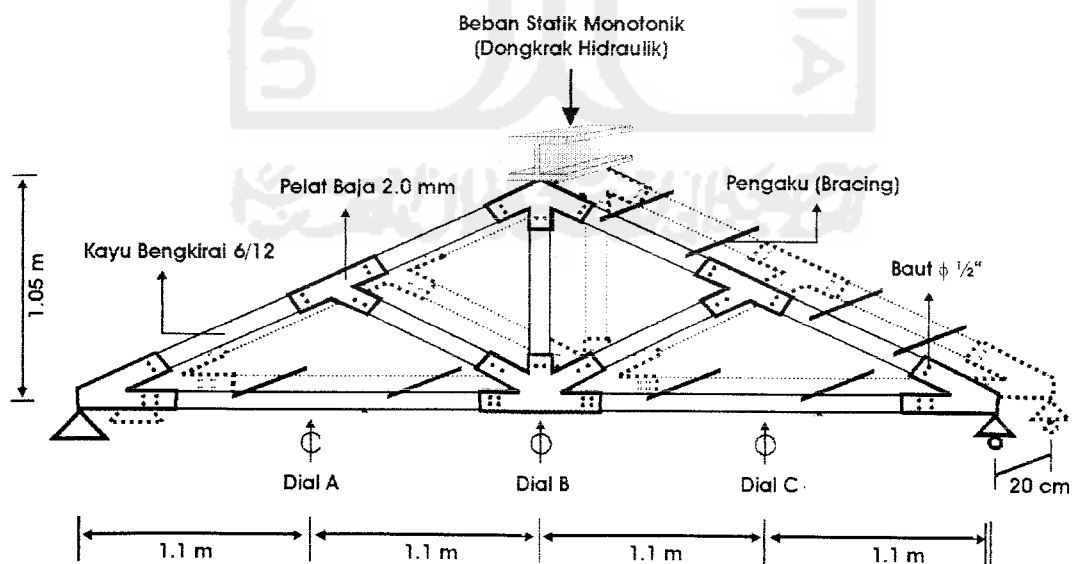


Gambar 4.5 Rangka Atap *Howe Truss* dengan tebal plat = 2 mm

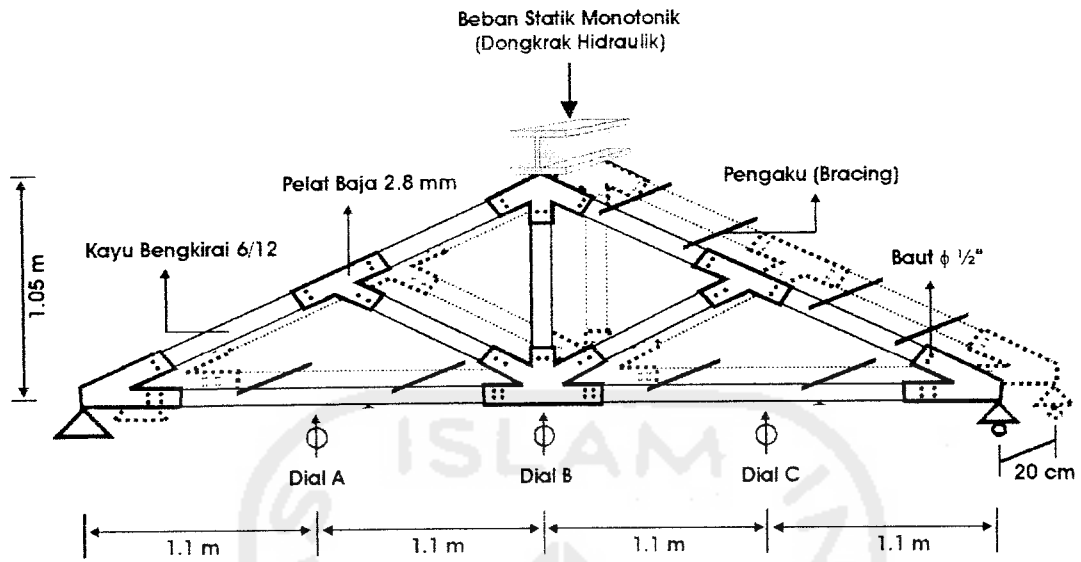


Gambar 4.6 Rangka Atap *Howe Truss* dengan tebal plat = 2,8 mm

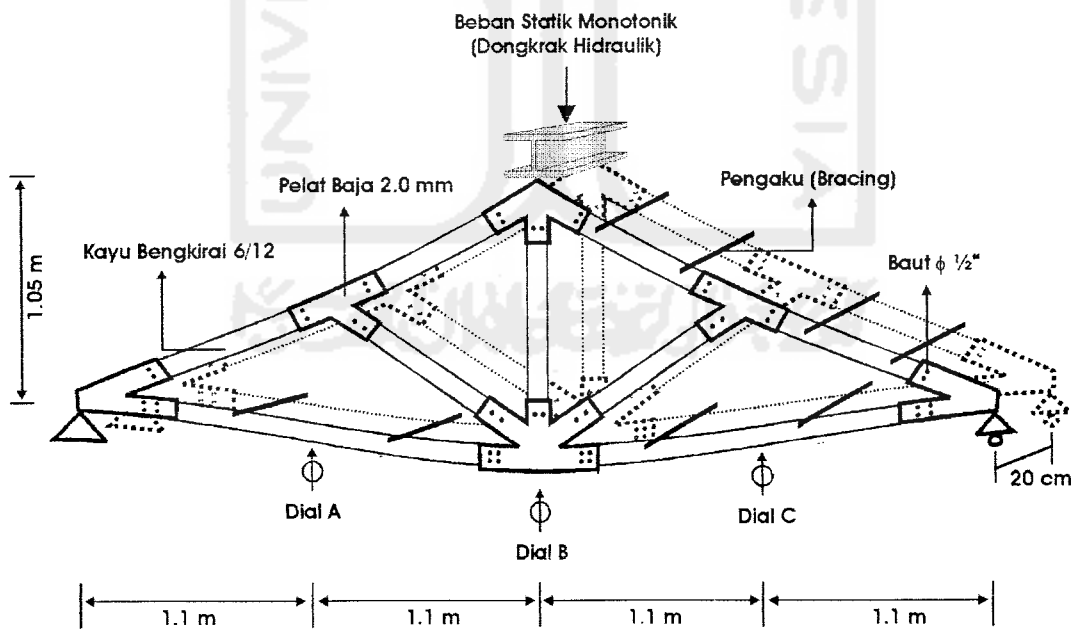
Pengujian rangka atap/kuda-kuda *Howe Truss* dilakukan dengan memberikan beban statis monotonik pada puncak kuda-kuda. Pembebanan dilakukan dengan menggunakan dongkrak hidrolik (*Hidrolik Jack*) dengan kapasitas 30 Ton. Dalam pengujian digunakan sepasang kuda-kuda yang diberi pengaku (*Bracing*) dengan jarak antar kuda-kuda sebesar 20 cm. Deformasi yang terjadi dihitung dengan menggunakan dial yang dipasang sebanyak tiga buah pada sepasang kuda-kuda. Metode pengujian dapat dilihat pada Gambar 4.7.

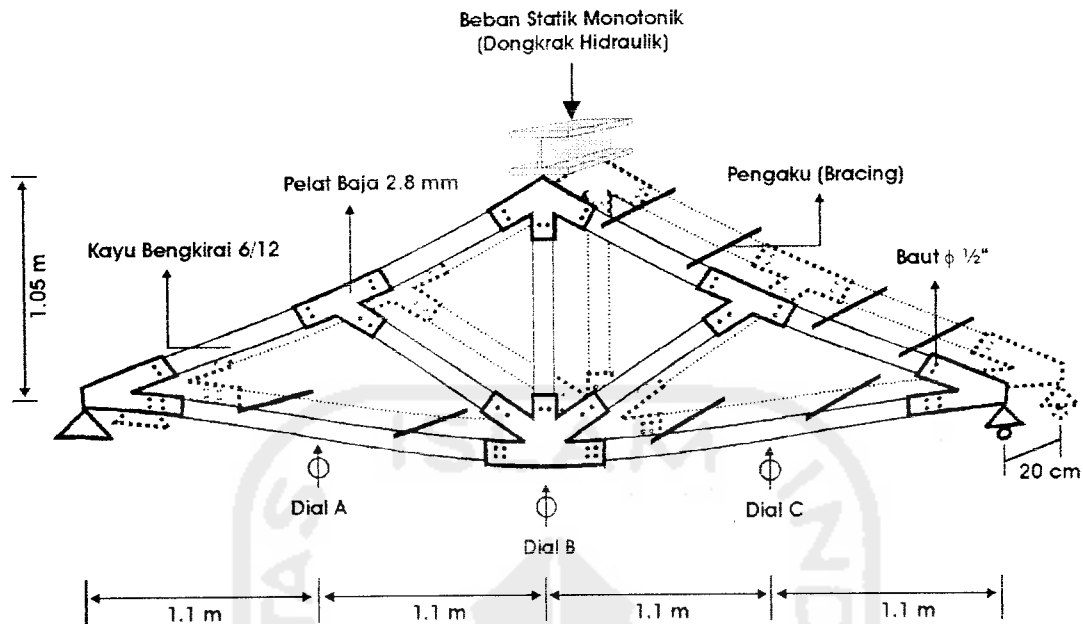


Gambar 4.7 Model pengujian pembebanan kuda-kuda dengan tebal plat = 2 mm



Gambar 4.8 Model pengujian pembebanan kuda-kuda dengan tebal plat = 2,8 mm
Setelah dilakukan pembebanan maka akan tampak deformasi akibat pembebanan pada kuda-kuda seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 4.9.

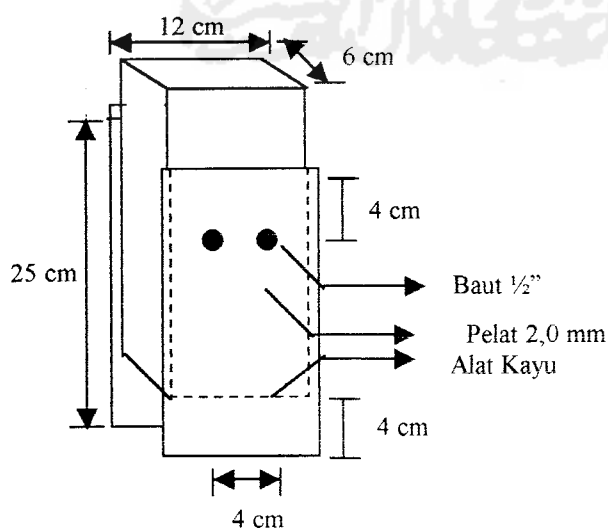




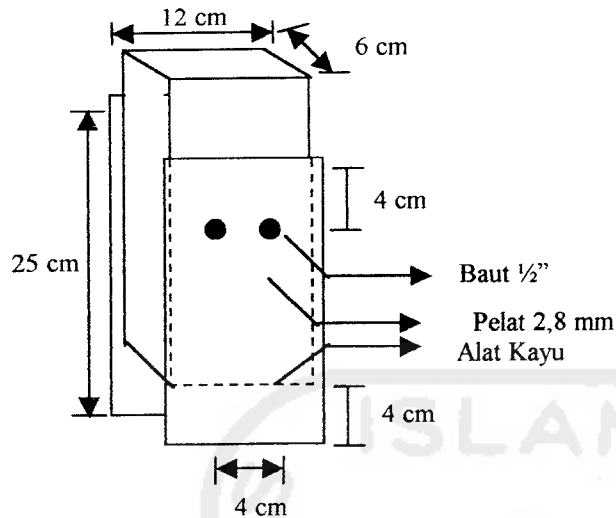
Gambar 4.9 Deformasi akibat pembebanan pada kuda-kuda dengan tebal plat 2 mm dan 2,8 mm

4.2.3 Pembuatan Benda Uji Elemen dengan Sambungan Baut dan Variasi Tebal Plat Baja

Pada Pengujian ini juga dilakukan uji elemen sambungan dengan sambungan baut dan variasi plat baja. Dalam percobaan ini digunakan perletakan untuk jumlah baut sebanyak 2, variasi tebal plat baja 2,0 mm dan 2,8 mm. Detail benda uji elemen sambungan dapat dilihat pada Gambar 4.8 - 4.9



Gambar 4.10 Pengujian Elemen Sambungan 2 Baut dengan tebal plat 2,0 mm

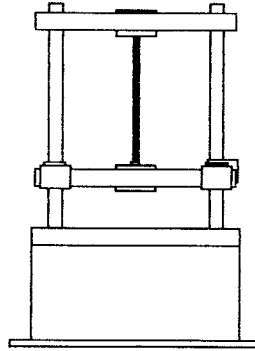


Gambar 4.11 Pengujian Elemen Sambungan 2 Baut dengan tebal plat 2,8 mm

4.3 Peralatan Benda Uji

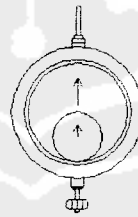
Untuk dapat melakukan uji eksperimen ini diperlukan beberapa peralatan yang dapat mengakomodasi maksud dan tujuan penelitian. Adapun peralatan yang dipergunakan adalah sebagai berikut :

1. mesin uji kuat desak, merek *Controls* kapasitas 2000 kN, digunakan untuk mengetahui kuat desak kayu dan kuat geser baut,
2. *stop watch*, digunakan untuk mengukur waktu pembebanan saat pengujian,
3. oven, digunakan untuk mengeringkan kayu sehingga didapatkan kadar lengas pada kayu uji,
4. alat ukur panjang seperti kaliper, meteran, penggaris dan siku,
5. timbangan, untuk mengetahui berat benda uji yang diteliti,
6. mesin uji kuat tarik, merek Shimadzu type UMH 30 kapasitas 30 ton, untuk mengetahui kuat tarik kayu, kuat geser kayu dan kuat tarik pelat baja, Mesin tarik dapat dilihat dalam Gambar 4.12.



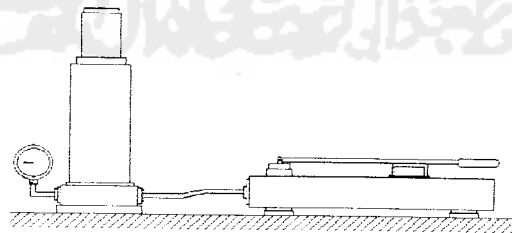
Gambar 4.12 Mesin Tarik Shimadzu type UMH Kapasitas 30 ton

7. *dial gauge*, digunakan untuk mengetahui defleksi yang terjadi pada balok kuda-kuda kayu, seperti dalam Gambar 4.13,



Gambar 4.13 *Dial Gauge*

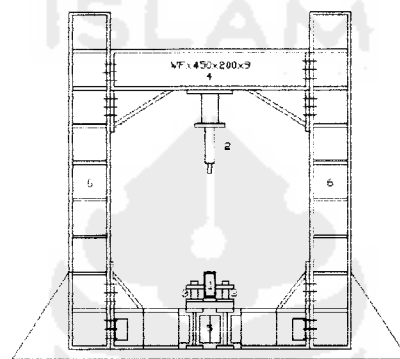
8. *hidraulik jack*, alat ini dipakai untuk memberikan pembebanan pada pengujian lentur kuda-kuda dengan kapasitas maksimum 30 ton, *hidraulik jack* dapat ditunjukkan pada Gambar 4.14,



Gambar 4.14 *Hidraulik Jack*

9. *loading frame*, adalah alat yang terbuat dari baja profil WF 450x200x9x14 mm. Bentuk dasar *Loading Frame* berupa portal

segi empat yang berdiri diatas lantai beton (*rigid floor*) dengan untuk menyesuaikan bentuk dan ukuran model yang akan diuji perantara dari besi setebal 14 mm. Agar alat tetap stabil, pelat dasar di baut ke lantai beton dan kedua kolomnya dihubungkan oleh balok WF 450 x 200 x 9 x 14 mm. Posisi balok portal dapat diatur dengan cara melepas sambungan baut, dilihat dalam Gambar 4.15.



Gambar 4.15 Loading Frame

4.4 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian meliputi 5 tahap dengan penjelasan sebagai berikut ini.

1. Tahap perumusan masalah

Tahap ini meliputi perumusan terhadap topik penelitian, termasuk perumusan tujuan, serta pembahasan masalah,

2. Tahap perumusan teori

Pada tahap ini dilakukan pengkajian pustaka terhadap teori yang melandasi penelitian serta ketentuan-ketentuan yang dijadikan acuan dalam pelaksanaan penelitian.

3. Tahap pelaksanaan penelitian

Pelaksanaan penelitian ini dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik UII, yang meliputi:

- a. pengumpulan bahan,
- b. pembuatan model benda uji,
- c. Persiapan peralatan,
- d. Pemeriksaan karakteristik kayu,
- e. Pengujian model benda uji, pengujian dilakukan dengan cara memberikan gaya tekan sentris terhadap model benda uji secara perlahan sampai terjadi kerusakan pada benda uji tersebut, dan
- f. Pengujian tersebut untuk mengetahui kuat batang, kuat sambungan dan kuat bahan, tahap analisa di pembahasan.

4. Analisa dilakukan terhadap hasil pengujian laboratorium. Hasil pengujian laboratorium dicatat kemudian dibandingkan hasilnya dengan perhitungan gaya batang, yaitu gaya tarik maksimal maupun gaya desak maksimal.

5. Tahap penarikan kesimpulan

Dari hasil penelitian laboratorium dapat diambil kesimpulan berdasarkan teori yang digunakan untuk menjawab pemecahan terhadap masalah.

BAB V

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Dalam hasil penelitian dan pembahasan ini akan diterangkan mengenai hasil uji pendahuluan, hasil pengujian elemen sambungan dengan sambungan baut dan variasi tebal plat baja, hasil uji kekuatan dan perilaku konstruksi kuda-kuda kayu dengan sambungan baut dan plat baja, analisa data hubungan beban-lendutan dan pembahasan.

5.1 Hasil Uji Pendahuluan

Sebelum dilakukan uji eksperimen sambungan baut pada kuda-kuda kayu dengan sambungan baut dan plat baja maka terlebih dahulu dilakukan uji pendahuluan yang meliputi uji desak kayu, tarik kayu, geser kayu searah serat, berat volume kayu, kadar lengas kayu, uji tarik plat baja, dan uji geser baut.

5.1.1 Hasil Uji Desak Kayu Searah Serat

Dalam pengujian desak kayu searah serat digunakan dua buah benda uji dari kayu bangkirai. Dari hasil pengujian didapat kuat desak kayu rata-rata sebesar 549,987 kg/cm². Untuk kuat desak kayu searah serat diperoleh dari rumus, $\sigma_{ds//}$

$\sigma_{maks} = \frac{P}{A}$ atau $\frac{P}{L_{Tampang}}$. Beban ijin dari uji desak kayu diambil sebesar $\frac{1}{3}$ dari

beban maksimal, perhitungan dapat dilihat pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Hasil Pengujian Desak Kayu Searah Serat

| Benda Uji | Beban Maksimal | | L. Tampang (cm ²) | Beban Ijin (kg) | $\sigma_{ds// maks}$ (kg/cm ²) | Modulus Elastis (kg/cm ²) |
|-----------|----------------|-----------|-------------------------------|-----------------|--|---------------------------------------|
| | KN | Kg | | | | |
| 1 | 168,000 | 17125,382 | 29,935 | 5708,461 | 572,086 | 454033,3 |
| 2 | 155,000 | 15800,204 | 29,931 | 5266,735 | 527,888 | 247690,9 |
| Rata-rata | | | | 5487,598 | 549,987 | 350862,1 |

5.1.2 Hasil Uji Tarik Kayu

Dalam pengujian tarik kayu searah serat digunakan dua buah benda uji dari kayu bengkirai. Dari hasil pengujian didapat kuat tarik kayu rata-rata sebesar

811,431 kg/cm². Untuk kuat tarik kayu diperoleh dari rumus $\sigma_{tr//} = \frac{P}{L_{Tampangrata-rata}}$,

perhitungan dapat dilihat pada Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Hasil Pengujian Tarik Kayu Searah Serat

| Benda Uji | Beban Maksimum (kg) | Patah Pada Titik | Luas Tampang Rata-Rata (cm ²) | $\sigma_{tr//}$ (kg/cm ²) |
|-----------|---------------------|------------------|---|---------------------------------------|
| 1 | 1950,000 | 6 s/d 16 | 2,414 | 807,788 |
| 2 | 1860,000 | 1 s/d 11 | 2,282 | 815,074 |
| Rata-rata | | | | 811,431 |

5.1.3 Hasil Uji Geser Kayu Searah Serat

Dalam pengujian geser kayu searah serat digunakan dua buah benda uji dari kayu bengkirai. Dari hasil pengujian didapat kuat geser kayu rata-rata sebesar 69,013 kg/cm². Analisa geser kayu didapat dengan membandingkan antara beban maksimum dengan luas tampang geser kayu, perhitungan dilihat pada Tabel 5.3.

Tabel 5.3 Hasil Pengujian Geser Kayu Searah Serat

| Benda Uji | Beban Maksimum (kg) | Luas Tampang (cm ²) | $\tau//$ (kg/cm ²) |
|-----------|---------------------|---------------------------------|--------------------------------|
| 1 | 1572,000 | 21,962 | 71,578 |
| 2 | 1440,000 | 21,671 | 66,448 |
| Rata-rata | | | 69,013 |

5.1.4 Hasil Uji Berat Volume Kayu

Dalam pengujian berat volume kayu digunakan enam buah benda uji yang masing-masing diambil dari sampel desak kayu searah serat, tarik kayu searah serat dan geser kayu searah serat. Dari hasil pengujian didapatkan rata-rata berat volume kayu kering udara sebesar 1,003 gr/cm³ dimana berat jenis rata-rata tersebut telah memenuhi standar dari persyaratan berat jenis kayu kering udara (Suwarno, 1976), dan berat volume kayu kering oven sebesar 0,965 gr/cm³. Untuk berat volume kayu diperoleh dari rumus $Berat\ Volume = \frac{Berat}{Volume}$, perhitungan dapat dilihat pada Tabel 5.4.

Tabel 5.4 Hasil Pengujian Berat Volume Kayu

| Benda Uji | Berat (gram) | | Volume (cm ³) | | Berat Volume (gram/cm ³) | |
|-----------|--------------|-----------|---------------------------|-----------|--------------------------------------|-------|
| | Sbl. Oven | Sthl Oven | Sbl. Oven | Sthl Oven | Udara | Oven |
| Desak 1 | 147,600 | 125,700 | 139,245 | 122,852 | 1,060 | 1,023 |
| Desak 2 | 145,700 | 124,600 | 137,323 | 120,656 | 1,061 | 1,033 |
| Tarik 1 | 38,810 | 31,700 | 38,734 | 32,631 | 1,002 | 0,971 |
| Tarik 2 | 35,620 | 28,600 | 35,472 | 31,325 | 1,004 | 0,913 |
| Geser 1 | 11,000 | 9,300 | 11,931 | 9,769 | 0,922 | 0,952 |
| Geser 2 | 28,500 | 24,000 | 29,351 | 26,726 | 0,971 | 0,898 |
| Rata-rata | | | | | 1,003 | 0,965 |

5.1.5 Hasil Uji Kadar Lengas Kayu

Dalam pengujian kadar lengas kayu digunakan enam buah benda uji yang masing-masing diambil dari sampel desak kayu searah serat, tarik kayu searah serat dan geser kayu searah serat. Analisa kadar lengas kayu dilakukan dengan cara membandingkan selisih berat antara berat benda uji sebelum di oven terhadap berat benda uji sesudah di oven dengan berat benda uji sebelum di oven. Dari hasil pengujian didapat kadar lengas kayu sebesar 16,432 %, perhitungan dapat dilihat pada Tabel 5.5.

Tabel 5.5 Hasil Pengujian Kadar Lengas Kayu

| Benda Uji | Berat | | Kadar Lengas (%) |
|------------------|-----------------|-----------------|------------------|
| | Sebelum di oven | Sesudah di oven | |
| Desak 1 | 147,600 | 125,700 | 14,837 |
| Desak 2 | 145,700 | 124,600 | 14,482 |
| Tarik 1 | 38,810 | 31,700 | 18,320 |
| Tarik 2 | 35,620 | 28,600 | 19,708 |
| Geser 1 | 11,000 | 9,300 | 15,454 |
| Geser 2 | 28,500 | 24,000 | 15,789 |
| Rata-rata | | | 16,432 |

5.1.6 Hasil Uji Kuat Tarik Plat Baja

Dalam pengujian kuat tarik pelat baja digunakan 4 buah benda uji, dimana untuk benda uji 1 dan 2 Luas penampangnya didapat dari jarak x tebal plat = 2 cm x 0,2 cm = 0,400 cm², sedangkan untuk benda uji 3 dan 4 Luas penampang didapat dari : 2 cm x 0,28 cm = 0,56 cm². Sedangkan untuk rumus tegangan kuat tarik plat baja didapat dari rumus $\sigma = \frac{P}{A}$. Hasil pengujian didapatkan kuat tarik plat baja seperti yang terdapat pada Tabel 5.6 dan Tabel 5.7.

Tabel 5.6 Hasil Pengujian Kuat Tarik Plat Baja pada tebal plat 2,0 mm

| Ben da Uji | Luas (cm ²) | Beban (kg) | | | Tegangan (kg/cm ²) | | |
|------------------|----------------------------|------------|----------|----------|--------------------------------|----------|----------|
| | | L. Awal | L. Akhir | Ultimate | L. Awal | L. Akhir | Ultimate |
| 1 | 0,400 | 1000,000 | 1000,000 | 1210,000 | 2500,000 | 2500,000 | 3025,000 |
| 2 | 0,400 | 950,000 | 950,000 | 1185,000 | 2375,000 | 2375,000 | 2962,500 |
| Rata-rata | | | | | 2437,500 | 2437,500 | 2993,750 |

Tabel 5.7 Hasil Pengujian Kuat Tarik Plat Baja pada tebal plat 2,8 mm

| Ben da Uji | Luas (cm ²) | Beban (kg) | | | Tegangan (kg/cm ²) | | |
|------------------|----------------------------|------------|----------|----------|--------------------------------|----------|----------|
| | | L. Awal | L. Akhir | Ultimate | L. Awal | L. Akhir | Ultimate |
| 1 | 0,560 | 1495,000 | 1495,000 | 1810,000 | 2669,643 | 2669,643 | 3232,143 |
| 2 | 0,560 | 1410,000 | 1410,000 | 1810,000 | 2517,857 | 2517,857 | 3232,143 |
| Rata-rata | | | | | 2593,750 | 2593,750 | 3232,143 |

5.1.7 Hasil Uji Kuat Geser Baut

Dalam pengujian kuat geser baut plat baja digunakan tiga buah benda uji baut dengan diameter $\frac{1}{2}$ " atau 1,27 cm. Hasil pengujian didapatkan tegangan geser rata-rata baut $\frac{1}{2}$ " sebesar 2495,833 kg/cm², hasil tegangan geser didapat dari : $\tau = \frac{P}{A_{\text{Baut}}}$, dimana A_{baut} didapat dari $A_{\text{baut}} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2$. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 5.8.

Tabel 5.8 Hasil Pengujian Tegangan Baut $\frac{1}{2}$ "

| Benda Uji | Beban Maksimum (KN) | Beban Maksimum (kg) | Tegangan (kg/cm ²) |
|------------------|------------------------|------------------------|-----------------------------------|
| 1 | 60,000 | 6116,208 | 2415,323 |
| 2 | 64,000 | 6523,955 | 2576,344 |
| 3 | 62,000 | 6320,082 | 2495,833 |
| Rata-rata | 62,000 | 6320,082 | 2495,833 |

5.2. Hasil Pengujian Elemen Sambungan dengan Sambungan Baut dan Variasi Tebal Plat baja

Pengujian elemen sambungan dengan sambungan baut dan variasi tebal plat baja dilakukan dengan memberikan beban statis monotonik dengan pembacaan dial tiap kenaikan beban 200 kg sampai pada beban maksimum, untuk jumlah baut 2 dengan tebal plat 2,0 mm diuji dengan 2 buah benda uji mendapatkan beban maksimum sebesar 1275,000 kg dan 1450,000 kg, sedangkan untuk tebal plat 2,8 mm didapatkan beban maksimum sebesar 3540,000 kg dan 3250,000 kg. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 5.9.

Tabel 5.9 Uji Elemen Sambungan dengan Variasi Jumlah dan Perletakan Baut

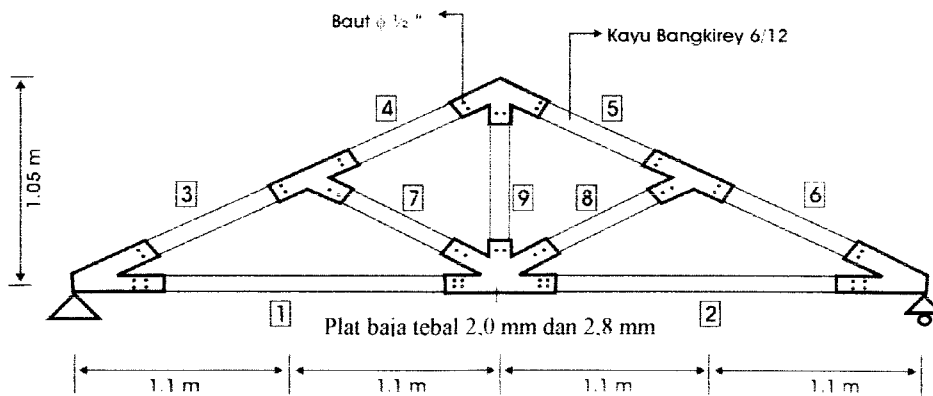
| Benda Uji | | Beban Maksimum (kg) |
|--------------------------|---------|---------------------|
| Jumlah Baut | Variasi | |
| 2 (tebal plat 2,0 mm) | 1 | 1275,000 |
| | 2 | 1450,000 |
| 2 (tebal plat 2,8 mm) | 1 | 3540,000 |
| | 2 | 3250,000 |

5.3. Hasil Uji Kekuatan dan Perilaku Konstruksi Kuda-Kuda Kayu dengan Sambungan Baut dan Plat Baja.

Dalam uji kekuatan dan perilaku konstruksi kuda-kuda kayu dengan sambungan baut dan plat baja, digunakan dua pasang benda uji seperti yang terlihat dalam Gambar 5.1 Hasil pengujian dapat dilihat dalam Tabel 5.10, sedangkan untuk lendutan yang terjadi dapat dilihat pada Lampiran III.

Tabel 5.10 Hasil Pengujian Kuda-Kuda

| Benda Uji | Beban maksimum (kg) | Lendutan yang terjadi (0,01 mm) |
|-----------|---------------------|---------------------------------|
| 1 | 1800,000 | 2775,000 |
| 2 | 3580,000 | 2870,00 |



Gambar 5.1 Benda uji konstruksi kuda-kuda kayu

Proses pengujian dilakukan dengan memberikan beban statis monotonik pada puncak kuda-kuda sampai pada batas plastis. Hasil analisis pengujian dapat dilihat pada Tabel 5.11 – 5.18.

Dari analisis SAP 2000 didapatkan gaya batang dan kapasitas kayu hasil hitungan seperti yang terdapat pada Tabel 5.11 dan 5.15.

Tabel 5.11 Perhitungan Kapasitas Kayu (P_{cr}) dengan tebal plat 2,0 mm

| Batang | | Gaya | | P_{ijin} (kg) |
|--------|--------------|-------|----------|--------------------|
| No | Panjang (cm) | Jenis | P (kg) | |
| 1 | 220,000 | Tarik | 909,510 | 19474,344 |
| 2 | 220,000 | Tarik | 909,510 | 19474,344 |
| 3 | 122,000 | Desak | 1014,150 | 7058,657 |
| 4 | 122,000 | Desak | 1034,910 | 7058,657 |
| 5 | 122,000 | Desak | 1034,910 | 7058,657 |
| 6 | 122,000 | Desak | 1014,150 | 7058,657 |
| 7 | 122,000 | Tarik | 29,200 | 19474,344 |
| 8 | 122,000 | Tarik | 29,200 | 19474,344 |
| 9 | 105,000 | Desak | 21,880 | 7810,466 |

Dari hasil analisis hitungan di atas dapat dilihat bahwa kapasitas yang dimiliki oleh kayu (P_{cr}) lebih besar dibandingkan dengan gaya yang terjadi. Berdasarkan hasil hitungan tersebut maka kerusakan pengujian tidak terjadi pada kayu, maka analisis selanjutnya dilakukan analisis kapasitas alat sambung yang digunakan.

Tabel 5.12 Hasil Analisis Tegangan Geser Baut Pengujian Kuda-Kuda dengan tebal plat 2,0 mm

| No | Batang | P _{Baut} (kg) | Jumlah Baut | fv Terjadi (kg/cm ²) | fv Maks (kg/cm ²) | fy (kg/cm ²) |
|----|----------|---------------------------|----------------|-------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|
| | P (kg) | | | | | |
| 1 | 909,510 | 6320,082 | 4 | 179,585 | 2495,833 | 2437,500 |
| 2 | 909,510 | 6320,082 | 4 | 179,585 | 2495,833 | 2437,500 |
| 3 | 1014,150 | 6320,082 | 2 | 400,493 | 2495,833 | 2437,500 |
| 4 | 1034,910 | 6320,082 | 2 | 408,691 | 2495,833 | 2437,500 |
| 5 | 1034,910 | 6320,082 | 2 | 408,691 | 2495,833 | 2437,500 |
| 6 | 1014,150 | 6320,082 | 2 | 400,493 | 2495,833 | 2437,500 |
| 7 | 29,200 | 6320,082 | 2 | 11,531 | 2495,833 | 2437,500 |
| 8 | 29,200 | 6320,082 | 2 | 11,531 | 2495,833 | 2437,500 |
| 9 | 21,880 | 6320,082 | 2 | 8,641 | 2495,833 | 2437,500 |

Tabel 5.13 Hasil Analisis Tegangan Tumpu Plat Pengujian Kuda-Kuda dengan tebal plat 2,0 mm

| No | Batang | P _{Baut} (kg) | Jumlah Baut | ft Terjadi (kg/cm ²) | ft Maks (kg/cm ²) | fy (kg/cm ²) |
|----|----------|---------------------------|----------------|-------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|
| | P (kg) | | | | | |
| 1 | 909,510 | 6320,082 | 4 | 447,594 | 3592,500 | 2437,500 |
| 2 | 909,510 | 6320,082 | 4 | 447,594 | 3592,500 | 2437,500 |
| 3 | 1014,150 | 6320,082 | 2 | 998,179 | 3592,500 | 2437,500 |
| 4 | 1034,910 | 6320,082 | 2 | 1018,612 | 3592,500 | 2437,500 |
| 5 | 1034,910 | 6320,082 | 2 | 1018,612 | 3592,500 | 2437,500 |
| 6 | 1014,150 | 6320,082 | 2 | 998,179 | 3592,500 | 2437,500 |
| 7 | 29,200 | 6320,082 | 2 | 28,740 | 3592,500 | 2437,500 |
| 8 | 29,200 | 6320,082 | 2 | 28,740 | 3592,500 | 2437,500 |
| 9 | 21,880 | 6320,082 | 2 | 21,535 | 3592,500 | 2437,500 |

Tabel 5.14 Hasil Analisis Tegangan Lentur Baut Pengujian Kuda-Kuda dengan tebal plat 2,0 mm

| No | Batang | P _{Baut} (kg) | Jumlah Baut | fb Terjadi (kg/cm ²) | fb Maks (kg/cm ²) | fy (kg/cm ²) |
|----|----------|---------------------------|----------------|-------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|
| | P (kg) | | | | | |
| 1 | 909,510 | 6320,082 | 4 | 848,434 | 2196,333 | 2437,500 |
| 2 | 909,510 | 6320,082 | 4 | 848,434 | 2196,333 | 2437,500 |
| 3 | 1014,150 | 6320,082 | 2 | 946,047 | 2196,333 | 2437,500 |
| 4 | 1034,910 | 6320,082 | 2 | 965,413 | 2196,333 | 2437,500 |
| 5 | 1034,910 | 6320,082 | 2 | 965,413 | 2196,333 | 2437,500 |
| 6 | 1014,150 | 6320,082 | 2 | 946,047 | 2196,333 | 2437,500 |
| 7 | 29,200 | 6320,082 | 2 | 27,239 | 2196,333 | 2437,500 |
| 8 | 29,200 | 6320,082 | 2 | 27,239 | 2196,333 | 2437,500 |
| 9 | 21,880 | 6320,082 | 2 | 20,412 | 2196,333 | 2437,500 |

Tabel 5.15 Perhitungan Kapasitas Kayu (*Per*) dengan tebal plat 2,8 mm

| Batang | | Gaya | | P _{ijin} (kg) |
|--------|--------------|-------|----------|---------------------------|
| No | Panjang (cm) | Jenis | P (kg) | |
| 1 | 220,000 | Tarik | 1808,910 | 19474,344 |
| 2 | 220,000 | Tarik | 1808,910 | 19474,344 |
| 3 | 122,000 | Desak | 2017,030 | 7058,657 |
| 4 | 122,000 | Desak | 2058,330 | 7058,657 |
| 5 | 122,000 | Desak | 2058,330 | 7058,657 |
| 6 | 122,000 | Desak | 2017,030 | 7058,657 |
| 7 | 122,000 | Tarik | 58,080 | 19474,344 |
| 8 | 122,000 | Tarik | 58,080 | 19474,344 |
| 9 | 105,000 | Desak | 43,520 | 7810,466 |

Tabel 5.16 Hasil Analisis Tegangan Geser Baut Pengujian Kuda-Kuda dengan tebal plat 2,8 mm

| Batang | | P _{Baut} (kg) | Jumlah Baut | <i>f_v Terjadi</i> (kg/cm ²) | <i>f_v Maks</i> (kg/cm ²) | <i>f_y</i> (kg/cm ²) |
|--------|----------|---------------------------|----------------|---|--|---|
| No | P (kg) | | | | | |
| 1 | 1808,910 | 6320,082 | 4 | 357,174 | 2495,833 | 2593,750 |
| 2 | 1808,910 | 6320,082 | 4 | 357,174 | 2495,833 | 2593,750 |
| 3 | 2017,030 | 6320,082 | 2 | 796,536 | 2495,833 | 2593,750 |
| 4 | 2058,330 | 6320,082 | 2 | 812,845 | 2495,833 | 2593,750 |
| 5 | 2058,330 | 6320,082 | 2 | 812,845 | 2495,833 | 2593,750 |
| 6 | 2017,030 | 6320,082 | 2 | 796,536 | 2495,833 | 2593,750 |
| 7 | 58,080 | 6320,082 | 2 | 22,936 | 2495,833 | 2593,750 |
| 8 | 58,080 | 6320,082 | 2 | 22,936 | 2495,833 | 2593,750 |
| 9 | 43,520 | 6320,082 | 2 | 17,186 | 2495,833 | 2593,750 |

Tabel 5.17 Hasil Analisis Tegangan Tumpu Plat Pengujian Kuda-Kuda dengan tebal plat 2,8 mm

| Batang | | P _{Baut} (kg) | Jumlah Baut | <i>f_t Terjadi</i> (kg/cm ²) | <i>f_t Maks</i> (kg/cm ²) | <i>f_y</i> (kg/cm ²) |
|--------|----------|---------------------------|----------------|---|--|---|
| No | P (kg) | | | | | |
| 1 | 1808,910 | 6320,082 | 4 | 635,865 | 3878,572 | 2593,750 |
| 2 | 1808,910 | 6320,082 | 4 | 635,865 | 3878,572 | 2593,750 |
| 3 | 2017,030 | 6320,082 | 2 | 1418,047 | 3878,572 | 2593,750 |
| 4 | 2058,330 | 6320,082 | 2 | 1447,082 | 3878,572 | 2593,750 |
| 5 | 2058,330 | 6320,082 | 2 | 1447,082 | 3878,572 | 2593,750 |
| 6 | 2017,030 | 6320,082 | 2 | 1418,047 | 3878,572 | 2593,750 |
| 7 | 58,080 | 6320,082 | 2 | 40,832 | 3878,572 | 2593,750 |
| 8 | 58,080 | 6320,082 | 2 | 40,832 | 3878,572 | 2593,750 |
| 9 | 43,520 | 6320,082 | 2 | 30,596 | 3878,572 | 2593,750 |

Tabel 5.18 Hasil Analisis Tegangan Lentur Baut Pengujian Kuda-Kuda dengan tebal plat 2,8 mm

| No | Batang | P _{Baut} (kg) | Jumlah Baut | fb Terjadi (kg/cm ²) | fb Maks (kg/cm ²) | fy (kg/cm ²) |
|----|----------|---------------------------|----------------|-------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|
| | P (kg) | | | | | |
| 1 | 1808,910 | 6320,082 | 4 | 1687,436 | 2196,333 | 2593,750 |
| 2 | 1808,910 | 6320,082 | 4 | 1687,436 | 2196,333 | 2593,750 |
| 3 | 2017,030 | 6320,082 | 2 | 1881,580 | 2196,333 | 2593,750 |
| 4 | 2058,330 | 6320,082 | 2 | 1920,107 | 2196,333 | 2593,750 |
| 5 | 2058,330 | 6320,082 | 2 | 1920,107 | 2196,333 | 2593,750 |
| 6 | 2017,030 | 6320,082 | 2 | 1881,580 | 2196,333 | 2593,750 |
| 7 | 58,080 | 6320,082 | 2 | 54,179 | 2196,333 | 2593,750 |
| 8 | 58,080 | 6320,082 | 2 | 54,179 | 2196,333 | 2593,750 |
| 9 | 43,520 | 6320,082 | 2 | 40,597 | 2196,333 | 2593,750 |

Dari hasil analisis di atas dapat dilihat bahwa pada uji eksperimen sambungan baut pada kuda-kuda kayu dengan tebal plat baja 2,0 mm dan tebal plat 2,8 mm tidak terjadi kerusakan sambungan, baik itu dari pengujian geser baut, tumpu plat, dan lentur baut yang semuanya masih aman. Sedangkan kerusakan yang terjadi pada pengujian konstruksi kuda-kuda kayu dapat disebabkan oleh faktor lain, yaitu bisa berasal dari faktor tekuk plat (seperti terlihat pada gambar lampiran 6). Sedangkan untuk mengetahui hasil pengujian kuda-kuda kayu dapat dilihat pada Tabel 5.19 dan 5.20.

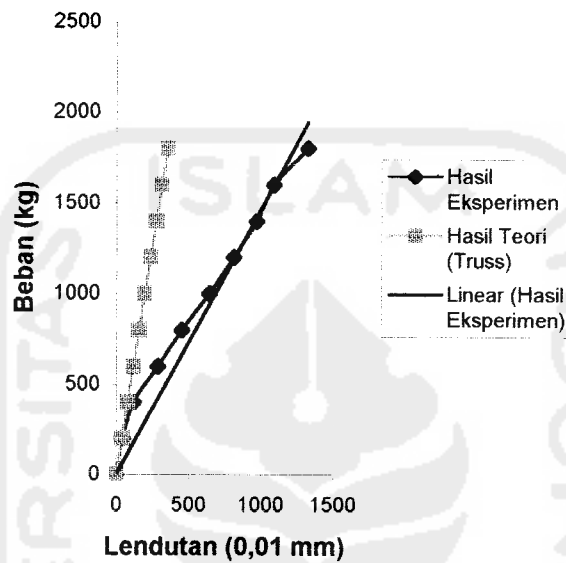
a. Pengamatan benda uji 1

Tabel 5.19. Pengamatan benda uji 1 menggunakan tebal plat 2,0 mm.

| Beban (kg) | Pengamatan Dial | | |
|---------------|-----------------|---------|---------|
| | Dial A | Dial B | Dial C |
| 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 200 | 48,00 | 42,00 | 62,00 |
| 400 | 121,00 | 126,00 | 142,00 |
| 600 | 287,00 | 328,00 | 315,00 |
| 800 | 452,00 | 568,00 | 475,00 |
| 1000 | 640,00 | 838,00 | 642,40 |
| 1200 | 811,00 | 1187,00 | 795,00 |
| 1400 | 968,00 | 1318,00 | 943,50 |
| 1600 | 1086,00 | 1598,00 | 1056,00 |

Tabel 5.19. lanjutan,

| | | | |
|------|---------|---------|---------|
| 1800 | 1328,00 | 1830,00 | 1264,00 |
| 1800 | 1780,00 | 2248,00 | 1522,00 |
| 1800 | 1903,00 | 2358,00 | 1592,00 |
| 1800 | 2020,00 | 2569,00 | 1666,00 |
| 1800 | 2140,00 | 2680,00 | 1739,00 |
| 1800 | 2240,00 | 2775,00 | 1805,50 |



Gambar 5.2. Grafik hubungan beban-lendutan benda uji 1 dial A dengan regresi linier

Dari regresi Gambar 5.2. didapatkan persamaan:

$$Y = 1,4642 X$$

$$r^2 = 0,9566$$

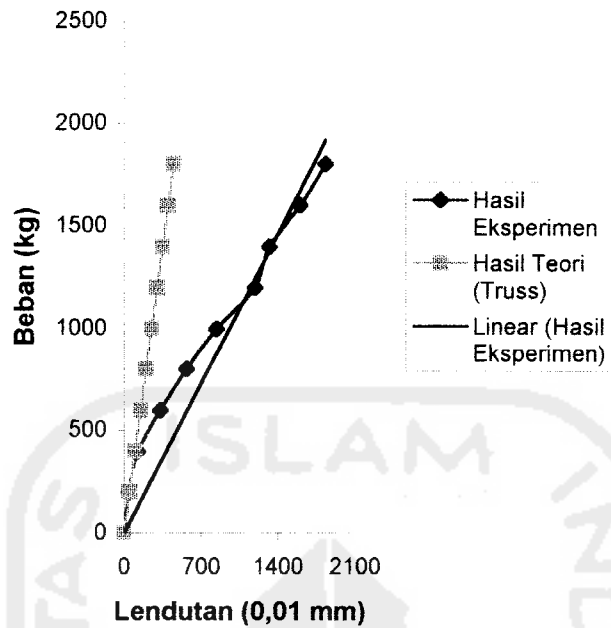
sehingga :

$$P = 1,4642 \Delta$$

Dari persamaan dapat ditentukan :

$$\text{Stiffness } (k) = 146,42 \text{ kg / mm}$$

$$\text{Strength} = 1800 \text{ kg}$$



Gambar 5.3. Grafik hubungan beban-lendutan benda uji 1 dial B dengan regresi linier

Dari regresi Gambar 5.3. didapatkan persamaan:

$$Y = 1,0461 X$$

$$r^2 = 0,9272$$

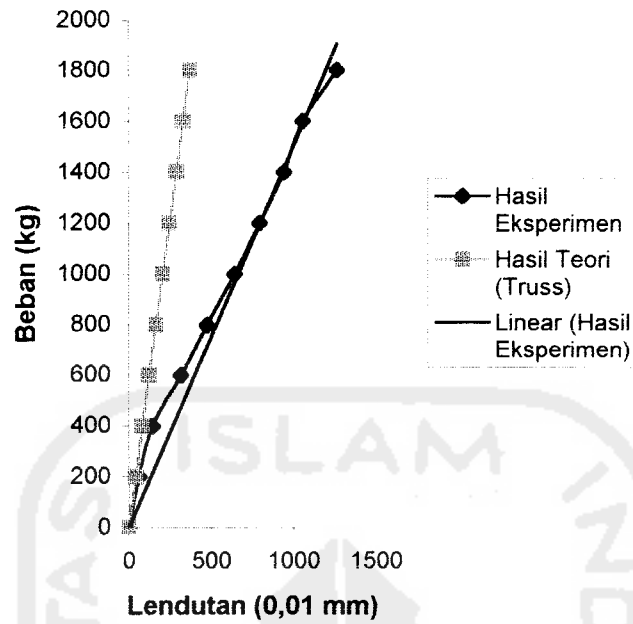
sehingga :

$$P = 1,0461 \Delta$$

Dari persamaan dapat ditentukan :

$$\text{Stiffness } (k) = 104,61 \text{ kg / mm}$$

$$\text{Strength} = 1800 \text{ kg}$$



Gambar 5.4. Grafik hubungan beban-lendutan benda uji 1 dial C dengan regresi linier

Dari regresi Gambar 5.4. didapatkan persamaan:

$$Y = 1,5051 X$$

$$r^2 = 0,9754$$

sehingga :

$$P = 1,5051 \Delta$$

Dari persamaan dapat ditentukan :

$$\text{Stiffness } (k) = 150,51 \text{ kg / mm}$$

$$\text{Strength} = 1800 \text{ kg}$$

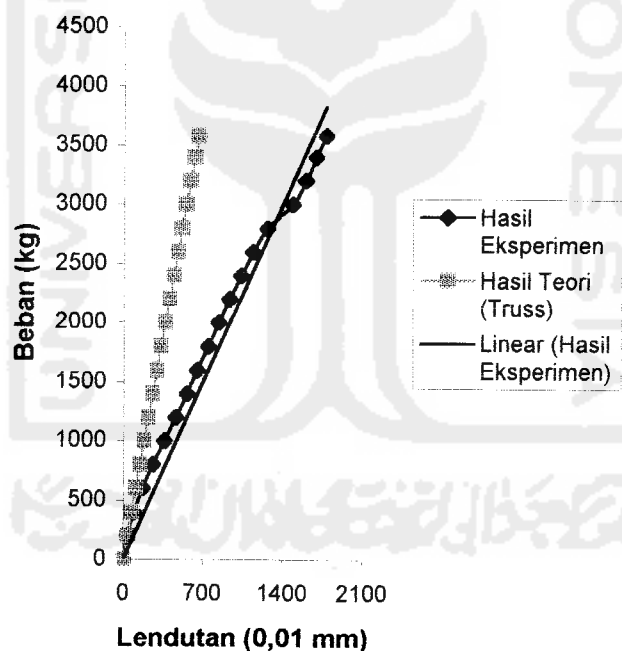
b. Pengamatan benda uji 2

Tabel 5.20. Pengamatan benda uji 2 menggunakan tebal plat 2,8 mm

| Beban (kg) | Pengamatan Dial | | |
|---------------|-----------------|--------|--------|
| | Dial A | Dial B | Dial C |
| 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 200 | 35,00 | 52,00 | 26,50 |
| 400 | 94,00 | 129,50 | 97,00 |
| 600 | 168,00 | 227,00 | 182,00 |

Tabel 5.20.Lanjutan

| | | | |
|------|---------|---------|---------|
| 800 | 260,00 | 350,00 | 283,50 |
| 1000 | 362,00 | 504,00 | 393,50 |
| 1200 | 458,00 | 661,50 | 501,00 |
| 1400 | 556,00 | 850,00 | 596,00 |
| 1600 | 645,00 | 1015,00 | 690,00 |
| 1800 | 744,00 | 1197,00 | 784,00 |
| 2000 | 836,00 | 1387,00 | 873,00 |
| 2200 | 928,00 | 1565,00 | 963,00 |
| 2400 | 1033,00 | 1772,00 | 1065,00 |
| 2600 | 1133,00 | 1955,00 | 1168,00 |
| 2800 | 1261,00 | 2292,00 | 1230,00 |
| 3000 | 1486,00 | 2411,00 | 1468,00 |
| 3200 | 1598,00 | 2531,00 | 1596,00 |
| 3400 | 1687,00 | 2737,00 | 1680,00 |
| 3580 | 1775,00 | 2870,00 | 1790,00 |
| 3200 | 1841,00 | 2935,00 | 1841,00 |
| 3200 | 1875,00 | 2978,00 | 2008,00 |
| 3050 | 1900,00 | 3065,00 | 2082,00 |
| 3050 | 2060,00 | 3135,00 | 2145,00 |



Gambar 5.5. Grafik hubungan beban-lendutan benda uji 2 dial A dengan regresi linier

Dari regresi Gambar 5.5. didapatkan persamaan:

$$Y = 2,1544 X$$



$$r^2 = 0,9673$$

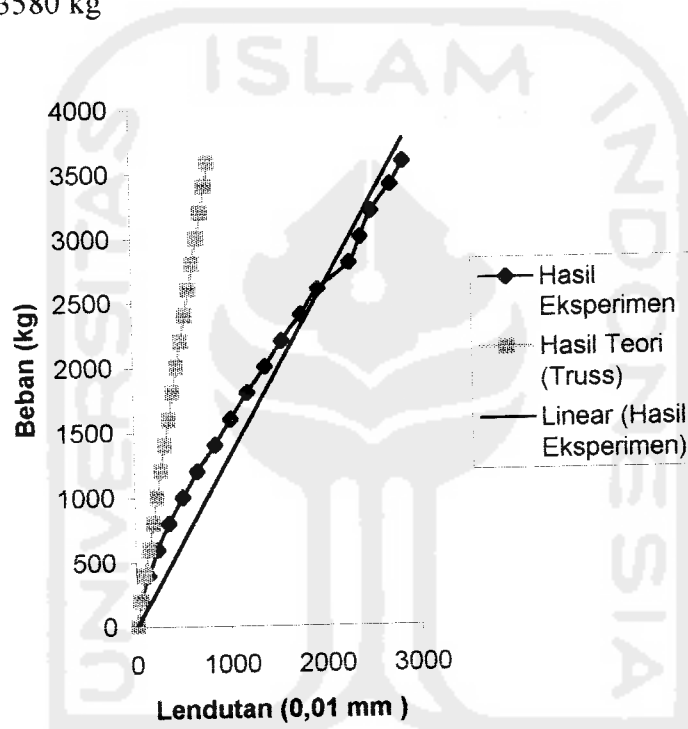
sehingga :

$$P = 2,1544 \Delta$$

Dari persamaan dapat ditentukan :

$$\text{Stiffness (k)} = 215,44 \text{ kg / mm}$$

$$\text{Strength} = 3580 \text{ kg}$$



Gambar 5.6. Grafik hubungan beban-lendutan benda uji 2 dial B dengan regresi linier

Dari regresi Gambar 5.6. didapatkan persamaan:

$$Y = 1,3091 X$$

$$r^2 = 0,9593$$

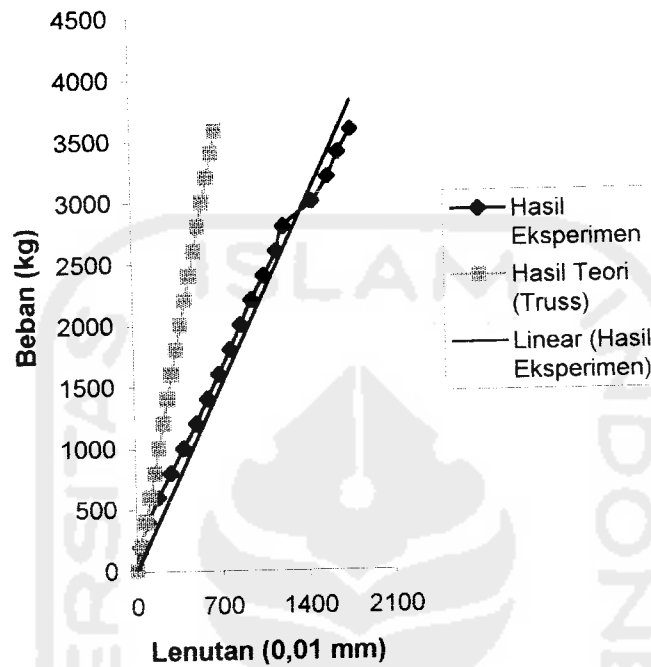
sehingga :

$$P = 1,3091 \Delta$$

Dari persamaan dapat ditentukan :

Stiffness (k) = 130,91 kg / mm

Strength = 3580 kg



Gambar 5.7. Grafik hubungan beban-lendutan benda uji 2 dial C dengan regresi linier
 Dari regresi Gambar 5.7. didapatkan persamaan:

$$Y = 2,133 X$$

$$r^2 = 0,9788$$

sehingga :

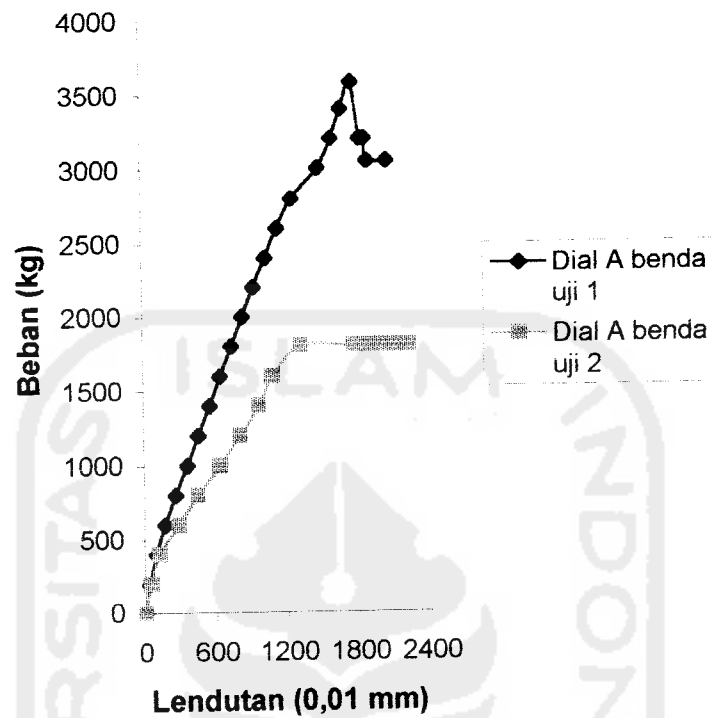
$$P = 2,133 \Delta$$

Dari persamaan dapat ditentukan :

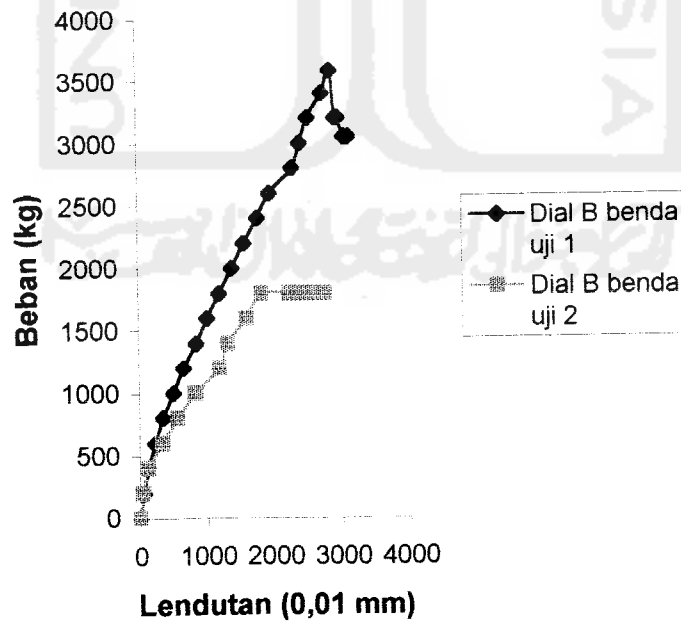
Stiffness (k) = 213,30 kg / mm

Strength = 3580 kg

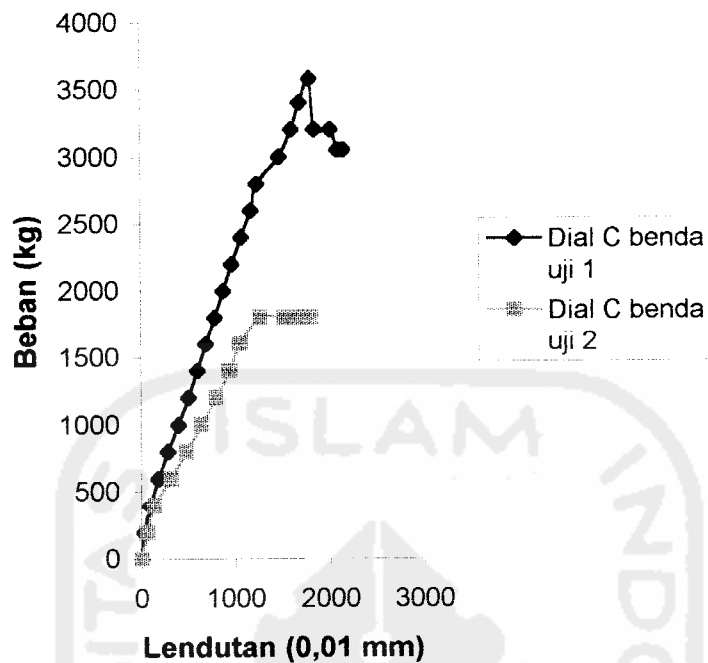
c. Pengamatan benda uji 1 dan benda uji 2 dalam Gambar 5.8 – 5.11,



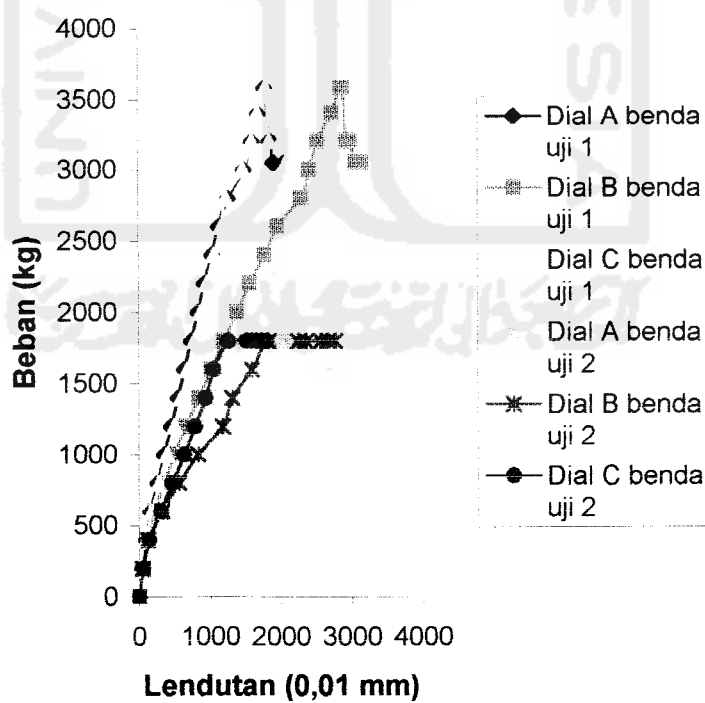
Gambar 5.8. Grafik hubungan beban-lendutan benda uji 1 dan 2 dial A



Gambar 5.9. Grafik hubungan beban-lendutan benda uji 1 dan 2 dial B



Gambar 5.10. Grafik hubungan beban-lendutan benda uji 1 dan 2 dial C



Gambar 5.11. Grafik hubungan beban-lendutan benda uji 1 dan 2

5.4 Analisa Data Hubungan Beban-Lendutan

Dari data hasil pengamatan grafik hubungan beban-lendutan pada Gambar 5.9. Disimpulkan tentang kekakuan konstruksi kuda-kuda kayu seperti Tabel 5.21.

Tabel 5.21. Analisa kekakuan dari hubungan beban-lendutan

| Benda Uji | Beban (P) Kg | Lendutan (Δ) Mm | Kekakuan (k) Kg/mm | Kekakuan % |
|-----------------------------------|-----------------|--------------------------------|--------------------------|---------------|
| Benda uji 1 (tebal plat = 2,0 mm) | 1800 | 2775 | 104,61 | 79,91 |
| Benda uji 2 (tebal plat = 2,8 mm) | 3580 | 2870 | 130,91 | 100 |

5.5 Pembahasan

Dalam pembahasan ini akan membahas tentang analisis uji pendahuluan yang di laksanakan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik yang terdiri dari analisis mutu kayu, analisis tegangan geser, analisis tegangan tarik plat baja, dan analisis uji utama berupa analisis kekuatan konstruksi kuda-kuda kayu dengan sambungan baut dan variasi tebal plat baja yang dilakukan di Laboratorium Mekanika Rekayasa.

5.5.1 Analisis Mutu Kayu

Berdasarkan PKKI 1961, pada umumnya kayu-kayu di Indonesia mempunyai kadar lengas antara 12-18% atau rata-rata 15%. Dari hasil uji pendahuluan didapatkan kadar lengas kayu sebesar 16,432 %, ini berarti bahwa kayu tersebut sudah cukup kering untuk digunakan sebagai bahan konstruksi teknik sipil.

Dari pengujian pendahuluan kayu yang meliputi pengujian tegangan desak kayu searah serat, tegangan tarik kayu searah serat, tegangan geser kayu searah serat, kadar lengas kayu dan berat volume kayu. Dimana untuk tegangan desak kayu

rata-rata searah serat sebesar 549,987 kg/cm², tegangan tarik rata-rata kayu searah serat 811,431 kg/cm², tegangan geser rata-rata kayu searah serat sebesar 69,013 kg/cm², hasil yang didapat setelah dibandingkan dengan Tabel 3.2 pada landasan teori, maka kayu bengkirai yang digunakan dapat dikelompokkan sebagai kayu kelas kuat I.

5.5.2 Analisis Kapasitas Batang

Berdasarkan hasil perhitungan dari analisis SAP2000 Non-Linear yang digunakan untuk menganalisa gaya batang yang terjadi pada masing-masing batang kuda-kuda kayu menggunakan sambungan baut dan variasi tebal plat baja didapatkan angka kelangsingan (λ) sebesar 70 untuk batang desak yang menerima gaya desak maksimum, perhitungan dapat dilihat dalam Lampiran I. Menurut PKKI NI-5 1961, bahwa di dalam suatu konstruksi tiap-tiap batang bertekan harus mempunyai kelangsingan (λ) \leq 150. Dari hasil perhitungan tersebut maka batang tekan uji eksperimen sambungan baut pada kuda-kuda kayu dengan menggunakan plat baja memiliki kelangsingan yang sesuai dengan yang disyaratkan.

Perhitungan kapasitas batang menggunakan rumus Euler yang terdapat pada persamaan 3.17 dengan $P_{cr} = \frac{k^2 \cdot \pi^2 \cdot E \cdot I}{l^2}$. Perhitungan kapasitas batang pada persamaan 3.17 di atas tidak berlaku untuk nilai kelangsingan (λ) \leq 30. Dari persamaan tersebut dianalisis panjang kayu efektif yang masih berpengaruh terhadap perhitungan kapasitas kayu.

$$I_{min} = \frac{1}{12} \times h \times b^3$$

$$= \frac{1}{12} \times 12 \times 6^3 = 216 \text{ cm}^4$$

Pada batang desak, luas tampang yang digunakan merupakan luas tampang kotor/bruto (F_{bruto}),

$$\begin{aligned} F_{bruto} &= b \times h &&= 6 \times 12 \\ &&&= 72 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Jari-jari lembam maksimum,

$$\begin{aligned} i_{min} &= \sqrt{\frac{I_{min}}{F_{br}}} &&= \sqrt{\frac{216}{72}} \\ &&&= 1,732 \text{ cm} \end{aligned}$$

maka dari persamaan kelangsingan :

$$\begin{aligned} \lambda &= \frac{ltk}{i_{min}} \\ ltk &= \lambda \times i_{min} &&= 30 \times 1,732 = 51,962 \text{ cm} \approx 52 \text{ cm} \end{aligned}$$

dari hasil analisis didapatkan panjang tekuk minimum yang berpengaruh terhadap persamaan Euler sesuai dengan spesifikasi profil yang digunakan sebesar 52 cm, sehingga batang desak yang memiliki ukuran panjang > 52 cm akan mengalami tekuk. Kapasitas kayu dihitung berdasarkan kapasitas masing-masing batang pada kuda-kuda, hasil analisis dapat dilihat pada Tabel 5.11 dan 5.15, dan pada tabel tersebut dapat dilihat bahwa kapasitas kayu untuk tegangan tarik dan desak masih kuat dibandingkan dengan gaya yang terjadi pada tiap batang kuda-kuda.

5.5.3 Analisis Tegangan Geser (f_v) Baut, Tumpu (f_{Tumpu}) Plat dan Lentur

(f) Baut.

Pada pengujian geser baut maksimum didapatkan untuk baut dengan diameter $\frac{1}{2}$ " sebesar 4991,667 kg/cm² atau 489 MPa.

Gaya desak yang diterima tiap elemen kayu menyebabkan terjadinya tegangan geser rangkap baut, tegangan lentur baut dan tegangan tumpu plat. Dari hasil pengujian didapatkan kuat geser rangkap rata-rata satu baut sebesar 6320,082 kg atau 620 Mpa. untuk tegangan geser (f_v) baut yang terjadi :

$$f_v = \frac{P}{A} = \frac{P_{btg}}{2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2}$$

$$\bar{f}_v = \frac{1}{3} f_v, \text{ dimana } \frac{1}{3} f_v \text{ adalah faktor aman tegangan geser ijin.}$$

Tegangan tumpu plat yang terjadi dapat dihitung melalui persamaan 3.6.

$$f_{tumpu} = \frac{P}{D \times \text{TebalPelat} \times n} \leq \frac{P}{A_{baja}}$$

Tegangan lentur yang terjadi pada setiap baut dalam elemen sambungan dapat dihitung melalui persamaan 3.7, $fb = \frac{M}{S} = \frac{\frac{1}{8} ql^2}{\frac{1}{32} \pi D^3 n}$, dengan $q = \frac{P}{l}$ dan n merupakan jumlah baut pada tiap elemen sambungan. Hasil analisis tegangan geser (f_v) baut, tumpu (f_{tumpu}) plat dan lentur baut (fb) dapat dilihat pada tabel 5.12 – 5.18. Pada Tabel 5.12 dan Tabel 5.16 dapat diketahui bahwa tegangan geser baut masih kuat terhadap tegangan geser baut yang terjadi, sedangkan untuk Tabel 5.13 dan Tabel 5.17 tegangan tumpu plat baja masih kuat terhadap tegangan tumpu plat baja yang terjadi. Pada Tabel 5.14 dan Tabel 5.18 tegangan lentur baut pada batang 1 sampai batang 9 masih kuat menahan tegangan lentur baut yang terjadi, sehingga dari analisis diatas dapat diketahui bahwa untuk tegangan geser baut, tegangan tumpu plat, dan tegangan lentur baut masih aman, tetapi dari pengujian konstruksi kuda-kuda kayu didapatkan hasil bahwa kerusakan terjadi

pada plat, ini dapat disebabkan oleh faktor lain, yaitu faktor tekuk yang terjadi pada plat (seperti pada gambar lampiran 6).

5.5.4 Analisis Tegangan Tarik Plat Baja

Pada pengujian tegangan tarik plat baja dengan tebal 2,0 mm dan 2,8 mm, didapatkan tegangan leleh rata-rata plat baja (f_y) sebesar 2590,625 kg/cm² atau sebesar 254 MPa. Dari hasil pengujian di atas maka didapatkan kuat tarik plat sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 P_{\text{Plat 1}} &= f_y \times A_e \\
 &= f_y \times U.A_n \\
 &= f_y \cdot \{(t \times d) - n \times (t \times \emptyset)\} \times 2 \\
 &= 2590,625 \times \{(0,20 \times 12) - 2 \times (0,2 \times 1,27)\} \times 2 \\
 &= 9802,925 \text{ kg} \\
 P_{\text{Plat 2}} &= f_y \times A_e \\
 &= f_y \times U.A_n \\
 &= f_y \cdot \{(t \times d) - n \times (t \times \emptyset)\} \times 2 \\
 &= 2590,625 \times \{(0,28 \times 12) - 2 \times (0,28 \times 1,27)\} \times 2 \\
 &= 13724,095 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

5.5.5. Analisis Data Hubungan Beban-Lendutan pada Kuda-Kuda Kayu

Dengan mengamati grafik hubungan beban-lendutan kedua benda uji pada Gambar 5.9. dapat dilihat bahwa kuda-kuda dengan tebal plat 2,8 mm mempunyai lendutan sebesar 95 mm lebih baik dari pada kuda-kuda dengan tebal plat 2,0 mm. Konstruksi kuda-kuda kayu dengan sambungan baut dan plat baja dengan tebal plat 2,8 mm mempunyai kekakuan berdasarkan hubungan beban lendutan sebesar

20,09 % lebih baik dari konstruksi kuda-kuda kayu dengan sambungan baut dan plat baja dengan tebal 2,0 mm, dan dapat memikul beban lebih besar 1780 kg dari pada kuda-kuda dengan tebal plat 2,0 mm seperti pada Tabel 5.16. Jadi semakin besar tebal sambungan plat akan semakin besar beban yang dapat didukung, karena nilai kekakuan semakin besar. Dan lendutan yang terjadi pada tebal plat 2,8 mm lebih besar dari lendutan dengan tebal plat 2,0 mm.



BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Dari hasil pengujian pengujian kekuatan dan perilaku konstruksi kuda-kuda kayu dengan sambungan baut dan plat baja dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut ini,

1. Pada konstruksi kuda-kuda kayu (benda uji 1) dengan sambungan baut diameter 1,27 cm dan tebal plat 2,0 mm mampu menahan beban maksimum sebesar 1800 kg dengan lendutan maksimum sebesar 2775 mm yang terletak ditengah bentang, sedangkan pada konstruksi kuda-kuda kayu (benda uji 2) dengan sambungan baut diameter 1,27 cm dan tebal pelat 2,8 mm mampu menahan beban maksimum lebih besar 1780 kg dari pada benda uji 1. Lendutan maksimum lebih besar dari benda uji 1 sebesar 95 mm yang terletak di tengah bentang dan nilai kekakuan akibat hubungan beban-lendutan sebesar 20,09 % lebih baik dari konstruksi kuda-kuda kayu dengan tebal plat 2,0 mm. Dari data tersebut dapat diketahui bahwa kuda-kuda dengan tebal plat 2,8 mm mampu menahan beban lebih besar daripada kuda-kuda dengan tebal plat 2,0 mm, dan lendutan yang terjadi juga lebih besar dari kuda-kuda dengan tebal plat 2,0 mm,

2. Pada kuda-kuda dengan tebal plat 2,0 mm (benda uji I) dan tebal plat 2,8 mm (benda uji II) ketika diberi beban awal sampai pada pembebanan maksimal kerusakan terjadi pada sambungan plat (dapat dilihat pada lampiran 6), hal ini sebenarnya disebabkan oleh faktor lain, yaitu faktor tekuk plat. Karena tegangan geser baut masih kuat menahan tegangan geser yang terjadi pada baut, tegangan tumpu plat masih kuat menahan tegangan tumpu yang terjadi pada plat, dan tegangan lentur baut masih kuat menahan tegangan lentur yang terjadi pada baut yang semuanya masih menunjukkan nilai aman. Sedangkan untuk analisis kayu yang terjadi pada kuat tarik dan kuat desak masih kuat menahan gaya yang terjadi pada tiap batang kuda-kuda dari hasil SAP.

6.2 Saran-saran

Dalam pengujian ini tentunya masih banyak terdapat banyak keterbatasan, baik itu dari segi materi, waktu, bahan, dan biaya. Berdasarkan hal tersebut maka perlu dilakukan penelitian yang lebih mendalam dan lebih luas lagi sehingga data-data yang dihasilkan lebih akurat dan dapat digunakan untuk melengkapi kekurangan pada laporan ini. Oleh karena, itu, dalam penelitian ini perlu dikembangkan dengan penelitian lebih lanjut dengan memperhatikan hal-hal sebagai berikut ini,

1. Penelitian dengan sambungan baut dan plat baja pada kayu bengkirai dengan dimensi batang lebih kecil dari penelitian ini (6/12),

2. Untuk pengujian elemen dapat dilakukan dengan menambah lebih banyak lagi variasi jumlah baut, tebal pelat, perletakan baut, dan diameter baut yang digunakan,
3. Untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat maka perlu diadakan penambahan benda uji, baik itu untuk benda uji pendahuluan, benda uji kuda-kuda ataupun benda uji elemen sambungan, dan
4. Perlu diadakan penelitian tentang penggunaan kayu selain bengkirai pada kuda-kuda.



DAFTAR PUSTAKA

- _____, 1961, *Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia*, Departemen Pekerjaan Umum, Bandung.
- Alexander dan Tri Sambodho, 2002. **Uji Eksperimen Sambungan Baut pada Kuda-kuda Kayu dengan Menggunakan Plat Buhul Baja**, *Tugas Akhir Program S-1*. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Bambang Triatmojo, 1992, *METODE NUMERIK*, Beta Offset, Yogyakarta.
- De Vries dan P. Potma, 1984, *KONSTRUKSI BAJA*, Edisi Kedua, Prandya Paramita, Jakarta.
- Dwiananta, P. dan D. Arman, 2001. **Studi Eksperimental Kuat Geser Sambungan Kayu dengan Paku**. *Tugas Akhir Program S-1*. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Ery, P. dan Akbar, A, 2003. **Uji Eksperimen Sambungan Baut pada Kuda-Kuda Kayu Menggunakan Profil Tabung Baja**. *Tugas Akhir Program S-1* Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Gere, J. dan P. Timoshenko, 1987, *MEKANIKA BAHAN*, Edisi Kedua, Erlangga, Jakarta.
- Gere, J. dan P. Timoshenko, 1961, *THEORY OF ELASTIC STABILITY*, Second Edition, McGraw-Hill Publishing-co, New York.
- PADOSBAJAYO, 1991, *BAHAN KULIAH PENGETAHUAN DASAR STRUKTUR BAJA I*, PT. Nafiri, Yogyakarta.
- Rachmadi, H.R. 2000. **Perencanaan Struktur Bambu Type Truss Memakai Sambungan Baut dengan Pengisi**. *Tugas Akhir Program S-1*. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.

- Rahmadi dan Isheru, 2001. **Perilaku kuda-Kuda dengan Alat Sambung Claw Nail Plate**. *Tugas Akhir Program S-1*. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Salmon, C.G. dan J.E. Johnson, 1992, DESAIN DAN PERILAKU STRUKTUR BAJA, Penerbit PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Suwaryana. 1993. **Hitungan Sambungan Kayu dengan Alat Bantu Komputer Bahasa Pascal**. *Tugas Akhir Program S-1*. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Wiryomartono, S, 1976, KONSTRUKSI KAYU I, edisi Ke-12, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.



LAMPIRAN I

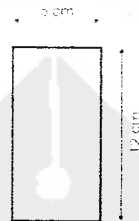


1. Perhitungan Pembebanan

Adapun hal-hal yang dicakup dalam perhitungan pembebanan berupa perhitungan kapasitas kayu, perhitungan kapasitas plat dan baut serta perhitungan beban rencana.

1.1 Perhitungan Kapasitas Kayu

Pada uji eksperimen sambungan baut pada kuda-kuda menggunakan profil tabung baja, digunakan kayu bangkirai 6/12, kelas II, dengan tegangan ijin tarik/desak sebesar 85 kg/cm^2 .



Gambar L.1 Tampang Kayu Bangkirai

$$\begin{aligned} P_{\text{ijin tarik}} &= A \times \sigma_{\text{ijin tarik}} \\ &= p \times l \times \sigma_{\text{ijin tarik}} \\ &= 6 \times 12 \times 85 \\ &= 6120 \text{ kg} \end{aligned}$$

1.2 Perhitungan Kapasitas Pelat dan Baut

Pada sambungan digunakan tipe tumpu, sehingga :

$$\begin{aligned} \sigma_{\text{ijin tumpu}} &= 1,5 \times \sigma_{\text{ijin dasar}} \\ &= 1,5 \times 1600 = 2400 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Untuk desain sambungan 1 digunakan kebutuhan pelat = kebutuhan kayu

$$\begin{aligned} \sigma_{\text{ijin tumpu}} \times \text{keliling pelat} \times \text{tebal pelat} &= A \times \sigma_{\text{ijin tarik}} \\ 2400 \times (12+12) \times \text{tebal pelat} &= 6 \times 12 \times 85 \\ 2400 \times 24 \times \text{tebal pelat} &= 6120 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Lampiran 1

$$\begin{aligned}\text{tebal pelat} &= \frac{6120}{2400 \times 24} \\ &= 0,106 \text{ cm} \quad \sim 2,0 \text{ mm dan } 2,8 \text{ mm} \\ &\quad \sim 0,20 \text{ cm dan } 0,28 \text{ cm}\end{aligned}$$

Kebutuhan Baut

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{ijin tumpu}} &= 1,5 \times \sigma_{\text{ijin dasar}} &= 1,5 \times 1600 \\ & &= 2400 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

digunakan baut dengan diameter $\frac{1}{2}$ " (1,27 cm),

$$\begin{aligned}P_{\text{baut}} &= 2 \times d \times \text{tebal pelat} \times 1 \times \sigma_{\text{ijin tumpu}} \\ &= 2 \times 1,27 \times 0,20 \times 2400 \\ &= 1219,200 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P_{\text{baut}} &= 2 \times d \times \text{tebal pelat} \times 2 \times \sigma_{\text{ijin tumpu}} \\ &= 2 \times 1,27 \times 0,28 \times 2400 \\ &= 1706,880 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P_{\text{baut}} &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times \sigma_{\text{ijin tumpu}} \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 1,27^2 \times 2400 \\ &= 3038,704 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P_{\text{baut}} &= 125 \times d \times b \times (1 - 0,6 \sin \alpha) \\ &= 125 \times 1,27 \times 6 \times (1 - 0,6 \sin 0) \\ &= 952,5 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P_{\text{baut}} &= 480 \times d^2 \times (1 - 0,35 \sin \alpha) \\ &= 480 \times 1,27^2 \times (1 - 0,35 \sin 0) \\ &= 774,192 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P_{\text{baut}} &= 250 \times d \times b \times (1 - 0,6 \sin \alpha) \\ &= 250 \times 1,27 \times 6 \times (1 - 0,6 \sin 0) \\ &= 1905 \text{ kg}\end{aligned}$$

dari perhitungan kekuatan baut di atas digunakan kekuatan baut yang terkecil yaitu sebesar $P_{\text{baut}} = 774,192 \text{ kg}$.

1.3 Perhitungan Beban Rencana

Perhitungan pada desain kuda-kuda di dasarkan atas beban maksimum yang terjadi pada masing-masing elemen. Pada tipe kuda-kuda *Howe Truss* seperti yang terlampir pada Gambar 4.5, tegangan maksimum terjadi pada batang desak, maka pendekatan perhitungan dilakukan pada batang desak tersebut.

Inersia minimum (I_{min}) yang terjadi sebesar,

$$\begin{aligned} I_{min} &= \frac{1}{12} \times h \times b^3 \\ &= \frac{1}{12} \times 12 \times 6^3 = 216 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

Pada batang desak luas tampang yang ada merupakan luas tampang bruto (F_{bruto}),

$$\begin{aligned} F_{bruto} &= b \times h \\ &= 6 \times 12 \\ &= 72 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Jari-jari lembam maksimum,

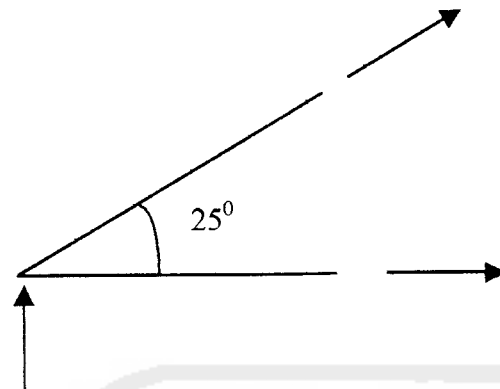
$$\begin{aligned} i_{min} &= \sqrt{\frac{I_{min}}{F_{br}}} = \sqrt{\frac{216}{72}} \\ &= 1,732 \text{ cm} \end{aligned}$$

pada desain kuda-kuda diambil kelangsingan (λ) batang desak sebesar 70 s/d 100, maka dicoba kelangsingan (λ) = 70.

$$\begin{aligned} L_{tk} &= \lambda \times i_{min} \\ &= 70 \times 1,732 = 121,24 \text{ cm} \sim 122 \text{ cm} \end{aligned}$$

dari Daftar III PKKI, halaman 10-13, untuk nilai kelangsingan (λ) = 70 didapatkan faktor tekuk (ω) sebesar 1,87, sehingga diperoleh tegangan desak ijin,

$$\begin{aligned} \sigma_{ijin} &= \frac{Px \ \omega}{F_{br}} \\ 85 &= \frac{Px \ 1,87}{72} \\ P &= \frac{85 \times 72}{1,87} \\ &= 3272,727 \text{ kg} \sim 3273 \text{ kg} \end{aligned}$$



Gambar L.2. Pembebanan batang tekan pada kuda-kuda *Howe Truss*

$$\frac{1}{2} PK = P \times \sin \alpha$$

$$\begin{aligned} PK &= 2 \times P \times \sin \alpha \\ &= 2 \times 3273 \times \sin 25^\circ \\ &= 2766,459 \text{ kg} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan maka beban rencana yang diaplikasikan pada rangka *howe truss* sebesar 2766,459 kg untuk satu buah kuda-kuda, namun dalam pengujian yang dilakukan digunakan sepasang kuda-kuda sehingga beban rencana (PK) yang diaplikasikan menjadi $2 \times 2766,459 = 5532,918$ kg.

LAMPIRAN 2



Uji Pendahuluan

Adapun hal-hal yang dicakup dalam uji pendahuluan ini yaitu mengenai uji pendahuluan kuat desak kayu, uji pendahuluan kuat geser kayu searah serat dan uji pendahuluan kuat tarik kayu searah serat.

1. Uji Pendahuluan Kuat Desak Kayu

Dalam uji pendahuluan kuat desak kayu ini akan diuji dari masing-masing benda uji yaitu uji pendahuluan kuat desak kayu benda uji I dan uji pendahuluan kuat desak kayu benda uji II.

1.1 Uji Pendahuluan Kuat Desak Kayu Benda Uji I

Panjang awal (P_0) = 5,993 cm

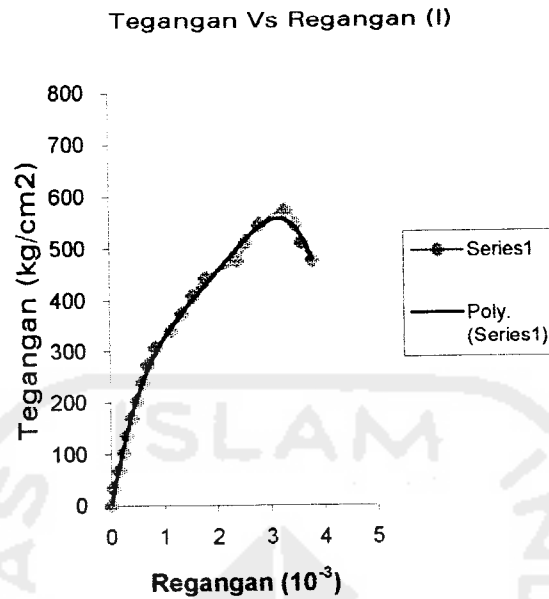
Lebar awal = 4,995 cm

Tinggi awal (T_0) = 20,000 cm

Luas tampang desak = 29,935 cm²

Tabel 2.1. Hasil uji pendahuluan desak kayu benda uji I

| Beban | | Pemb. Dial (x 10 ⁻² mm) | Tegangan (Kg/cm ²) | Regangan (ϵ) (x 10 ⁻³) | ϵ Koreksi (x 10 ⁻³) |
|-----------|----------------|--|-----------------------------------|---|--|
| KN | Kg | | | | |
| 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 10 | 1019,37 | 1,00 | 34,05 | 0,05 | 0,05 |
| 20 | 2038,74 | 3,00 | 68,11 | 0,15 | 0,15 |
| 30 | 3058,10 | 5,00 | 102,16 | 0,25 | 0,25 |
| 40 | 4077,47 | 6,00 | 136,21 | 0,30 | 0,30 |
| 50 | 5096,84 | 8,00 | 170,26 | 0,40 | 0,40 |
| 60 | 6116,21 | 10,00 | 204,32 | 0,50 | 0,50 |
| 70 | 7135,58 | 12,00 | 238,37 | 0,60 | 0,60 |
| 80 | 8154,94 | 14,00 | 272,42 | 0,70 | 0,70 |
| 90 | 9174,31 | 17,00 | 306,47 | 0,85 | 0,85 |
| 100 | 10193,68 | 23,00 | 340,53 | 1,15 | 1,15 |
| 110 | 11213,05 | 27,00 | 374,58 | 1,35 | 1,35 |
| 120 | 12232,42 | 31,00 | 408,63 | 1,55 | 1,55 |
| 130 | 13251,78 | 36,00 | 442,69 | 1,80 | 1,80 |
| 140 | 14271,15 | 48,00 | 476,74 | 2,40 | 2,40 |



Gambar 2.2 Grafik Tegangan-Regangan Benda Uji Desak I

1.2 Uji Pendahuluan Kuat Desak Kayu Benda Uji II

| | | |
|------------------------|----------|-----------------|
| Panjang awal (P_0) | = 5,993 | cm |
| Lebar awal | = 4,994 | cm |
| Tinggi awal (T_0) | = 20,000 | cm |
| Luas tampang desak | = 29,931 | cm ² |

Tabel 2.3 Hasil uji pendahuluan desak kayu benda uji 2

| Beban | | Pemb. Dial ($\times 10^{-2}$ mm) | Tegangan (Kg/cm ²) | Regangan (ϵ) ($\times 10^{-3}$) | ϵ Koreksi ($\times 10^{-3}$) |
|-------|----------|--------------------------------------|-----------------------------------|---|--|
| KN | Kg | | | | |
| 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 10 | 1019,37 | 3,00 | 34,06 | 0,15 | 0,10 |
| 20 | 2038,74 | 6,00 | 68,11 | 0,30 | 0,20 |
| 30 | 3058,10 | 9,00 | 102,17 | 0,45 | 0,30 |
| 40 | 4077,47 | 11,00 | 136,23 | 0,55 | 0,40 |
| 50 | 5096,84 | 15,00 | 170,23 | 0,75 | 0,50 |
| 60 | 6116,21 | 18,00 | 204,34 | 0,90 | 0,60 |
| 70 | 7135,58 | 21,00 | 238,40 | 1,05 | 0,70 |
| 80 | 8154,94 | 23,00 | 272,46 | 1,15 | 0,75 |
| 90 | 9174,31 | 25,00 | 306,51 | 1,25 | 0,85 |
| 100 | 10193,68 | 28,00 | 340,57 | 1,40 | 0,90 |
| 110 | 11213,05 | 31,00 | 374,63 | 1,55 | 1,00 |
| 120 | 12232,42 | 33,00 | 408,69 | 1,65 | 1,10 |

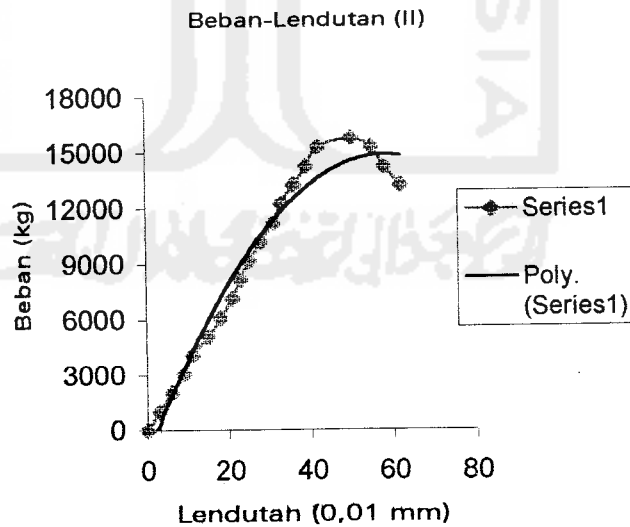
Lanjutan tabel 2.3,

| | | | | | |
|-----|----------|-------|--------|------|------|
| 130 | 13251,78 | 36,00 | 442,74 | 1,80 | 1,15 |
| 140 | 14271,15 | 39,00 | 476,80 | 1,95 | 1,25 |
| 150 | 15290,52 | 42,00 | 510,86 | 2,10 | 1,30 |
| 155 | 15800,20 | 50,00 | 527,89 | 2,50 | 1,35 |
| 150 | 15290,52 | 55,00 | 510,86 | 2,75 | 1,50 |
| 140 | 14271,15 | 58,00 | 476,80 | 2,90 | 1,55 |
| 130 | 13251,78 | 62,00 | 442,74 | 3,10 | 2,85 |

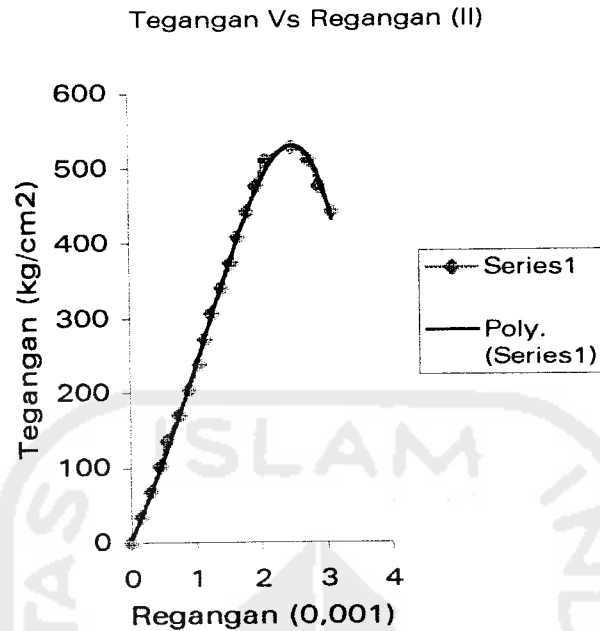
$$\text{Kuat Desak Maksimum} = \frac{\text{Beban Maksimum}}{\text{Luas Tampang}} = \frac{15800,20}{29,931} = 527,887 \text{ Kg/cm}^2$$

Tabel 2.4 Hasil Uji Pendahuluan Desak Kayu Benda Uji 2

| Tinjauan | | Potongan Kecil Kayu | |
|----------------------|--------------------|---------------------|--------------------|
| | | Sebelum Masuk Oven | Sesudah Masuk Oven |
| Panjang | cm | 5,835 | 5,435 |
| Lebar | cm | 4,810 | 4,755 |
| Tinggi | cm | 4,910 | 4,730 |
| G. Tangensial | cm | 5,880 | 5,645 |
| G. Radial | cm | 5,080 | 4,945 |
| G. Aksial | cm | 4,810 | 4,755 |
| Berat | gram | 145,700 | 124,600 |
| Gelang Tahun | buah | 5 | 5 |
| Berat Jenis | gr/cm ³ | 1,072 | 1,035 |



Gambar 2.3 Grafik Beban-Lendutan Benda Uji Desak II



Gambar 2.4 Grafik Tegangan Vs Regangan Benda Uji Desak II

Dari kedua uji pendahuluan desak kayu yang telah dilakukan maka diambil kuat desak rata-rata sebagai berikut,

$$\begin{aligned} \text{Kuat Desak Rata-rata} &= \frac{K1 + K2}{2} = \frac{572.086 + 527.887}{2} \\ &= 549.986 \text{ Kg/cm}^2 \end{aligned}$$

2 Uji Pendahuluan Kuat Geser Kayu Searah Serat

Dalam uji pendahuluan kuat geser kayu searah serat ini akan diuji dari masing-masing benda uji yaitu uji pendahuluan kuat geser kayu searah serat benda uji I dan uji pendahuluan kuat geser kayu searah serat benda uji II.

2.1 Uji Pendahuluan Kuat Geser Kayu Searah Serat Benda Uji I

Panjang awal (P_0) = 5,553 cm

Lebar awal = 3,955 cm

Luas tampang geser = 21,962 cm²

Beban maksimum = 1572,000 Kg

Kuat geser kayu = $\frac{1572}{21.962} = 71.578 \text{ Kg/cm}^2$

3. Uji Pendahuluan Kuat Tarik Kayu Searah Serat

Dalam uji pendahuluan kuat tarik kayu searah serat ini akan diuji dari masing-masing benda uji yaitu uji pendahuluan kuat tarik kayu searah serat benda uji I dan uji pendahuluan kuat tarik kayu searah serat benda uji I.

3.1 Uji Pendahuluan Kuat Tarik Kayu Searah Serat Benda Uji I

Tabel 2.7 Hasil uji pendahuluan tarik kayu benda uji I

| Titik | Lebar (cm) | Tebal (cm) | Luas Tampang (cm ²) |
|-------|------------|------------|---------------------------------|
| 1 | 3,000 | 1,500 | 4,500 |
| 2 | 2,700 | 1,500 | 4,050 |
| 3 | 2,300 | 1,500 | 3,450 |
| 4 | 2,000 | 1,500 | 3,000 |
| 5 | 1,800 | 1,500 | 2,700 |
| 6 | 1,600 | 1,500 | 2,400 |
| 7 | 1,500 | 1,500 | 2,250 |
| 8 | 1,300 | 1,500 | 1,950 |
| 9 | 1,200 | 1,500 | 1,800 |
| 10 | 1,200 | 1,500 | 1,800 |
| 11 | 1,300 | 1,500 | 1,950 |
| 12 | 1,400 | 1,500 | 2,100 |
| 13 | 1,700 | 1,500 | 2,550 |
| 14 | 1,800 | 1,500 | 2,700 |
| 15 | 2,200 | 1,500 | 3,300 |
| 16 | 2,500 | 1,500 | 3,750 |
| 17 | 2,800 | 1,500 | 4,200 |

Patah Pada Titik 6 s/d 16

Luas Tampang Rata-rata = 2,414 cm²

Beban Maksimum = 1950,000 kg

Tegangan Tarik Kayu = 807,788 kg/cm²

Tabel 2.8 Hasil Uji Pendahuluan Tarik Kayu, Potongan Kecil Benda Uji I

| Tinjauan | | Potongan Kecil Kayu | |
|----------|----|---------------------|--------------------|
| | | Sebelum Masuk Oven | Sesudah Masuk Oven |
| Panjang | cm | 4,910 | 4,670 |
| Lebar | cm | 3,110 | 2,970 |
| Tinggi | cm | 1,420 | 1,395 |

Lanjutan tabel 2.8,

| | | | |
|----------------------|--------------------|---|--------|
| G. Tangensial | cm | 1,220 | 1,085 |
| G. Radial | cm | 2,010 | 1,910 |
| G. Aksial | cm | 3,000 | 2,940 |
| Berat | gram | 38,810 | 31,700 |
| Gelang Tahun | buah | 4 | 4 |
| Berat Jenis | gr/cm ³ | 1,032 | 0,982 |
| Kadar Air | | $\frac{38.81 - 31.70}{38.81} = 18,320 \%$ | |

3.2 Uji Pendahuluan Kuat Tarik Kayu Searah Serat Benda Uji II

Tabel 2.9 Hasil uji pendahuluan tarik kayu benda uji II

| Titik | Lebar (cm) | Tebal (cm) | Luas Tampang (cm ²) |
|-------|------------|------------|---------------------------------|
| 1 | 2,900 | 1,500 | 4,350 |
| 2 | 2,600 | 1,500 | 3,900 |
| 3 | 2,000 | 1,500 | 3,000 |
| 4 | 1,700 | 1,500 | 2,550 |
| 5 | 1,500 | 1,500 | 2,250 |
| 6 | 1,300 | 1,500 | 1,950 |
| 7 | 1,200 | 1,500 | 1,800 |
| 8 | 1,100 | 1,500 | 1,650 |
| 9 | 1,100 | 1,500 | 1,650 |
| 10 | 1,150 | 1,500 | 1,725 |
| 11 | 1,200 | 1,500 | 1,800 |
| 12 | 1,400 | 1,500 | 2,100 |
| 13 | 1,500 | 1,500 | 2,250 |
| 14 | 1,600 | 1,500 | 2,400 |
| 15 | 1,800 | 1,500 | 2,700 |
| 16 | 2,100 | 1,500 | 3,150 |
| 17 | 2,500 | 1,500 | 3,750 |

Patah Pada Titik 1 s/d 11

Luas Tampang Rata-rata = 2,282 cm²

Beban Maksimum = 1860,000 kg

Tegangan Tarik Kayu = 815,074 kg/cm²

LAMPIRAN 3



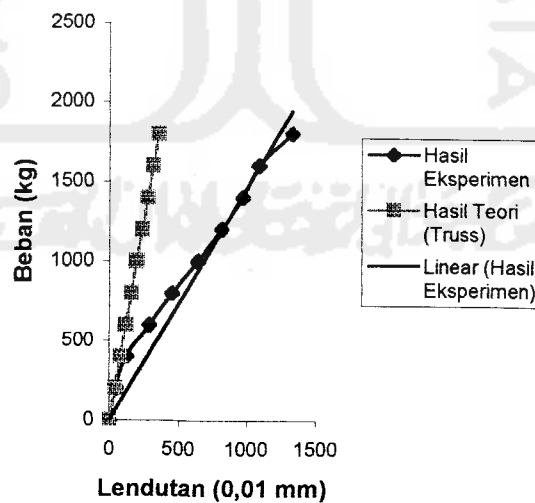
1. Hasil Pengamatan Uji Kekuatan dan Perilaku Konstruksi Kuda-Kuda Kayu Dengan Sambungan Baut dan Plat Baja

Dalam hasil pengamatan uji kekuatan dan perilaku konstruksi kuda-kuda kayu dengan sambungan baut dan plat baja yang terdiri dari pengamatan benda uji I dan pengamatan benda uji II.

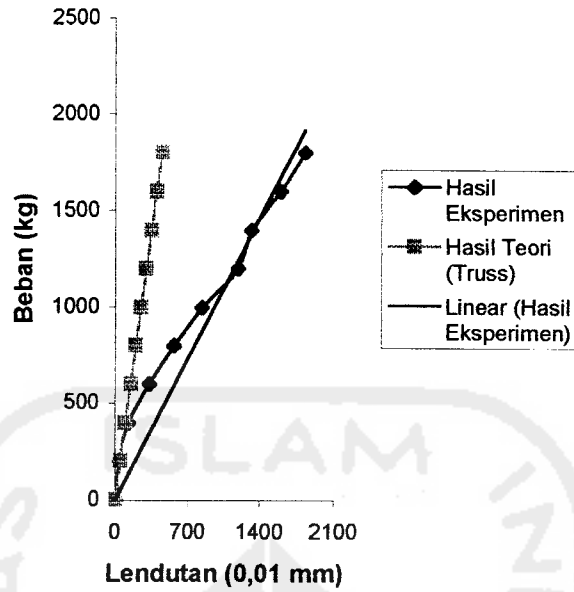
1.1 Pengamatan Benda Uji I

Tabel 3.1 Pengamatan benda uji I menggunakan tebal plat 2,0 mm.

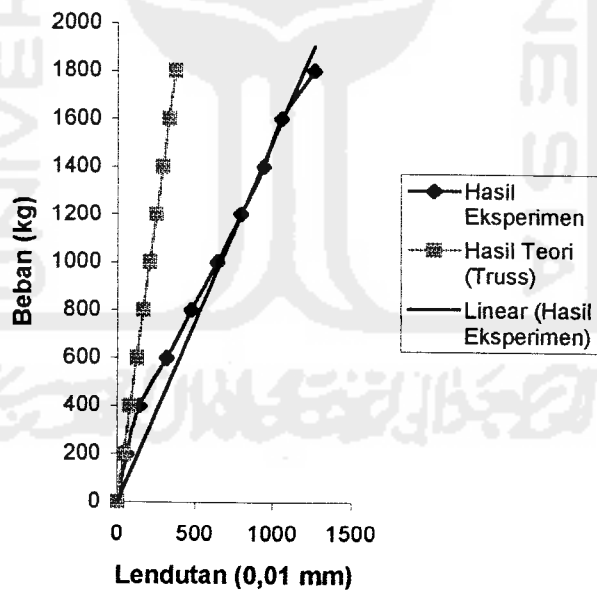
| Beban (kg) | Pengamatan Dial | | |
|------------|-----------------|---------|---------|
| | Dial A | Dial B | Dial C |
| 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 200 | 48,00 | 42,00 | 62,00 |
| 400 | 121,00 | 126,00 | 142,00 |
| 600 | 287,00 | 328,00 | 315,00 |
| 800 | 452,00 | 568,00 | 475,00 |
| 1000 | 640,00 | 838,00 | 642,40 |
| 1200 | 811,00 | 1187,00 | 795,00 |
| 1400 | 968,00 | 1318,00 | 943,50 |
| 1600 | 1086,00 | 1598,00 | 1056,00 |
| 1800 | 1328,00 | 1830,00 | 1264,00 |
| 1800 | 1780,00 | 2248,00 | 1522,00 |
| 1800 | 1903,00 | 2358,00 | 1592,00 |
| 1800 | 2020,00 | 2569,00 | 1666,00 |
| 1800 | 2140,00 | 2680,00 | 1739,00 |
| 1800 | 2240,00 | 2775,00 | 1805,50 |



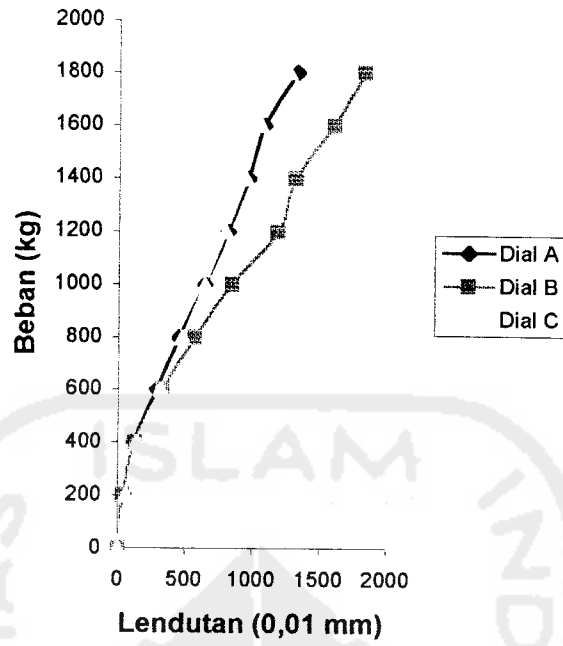
Gambar 3.1. Grafik hubungan beban-lendutan benda uji 1 dial A dengan regresi linier



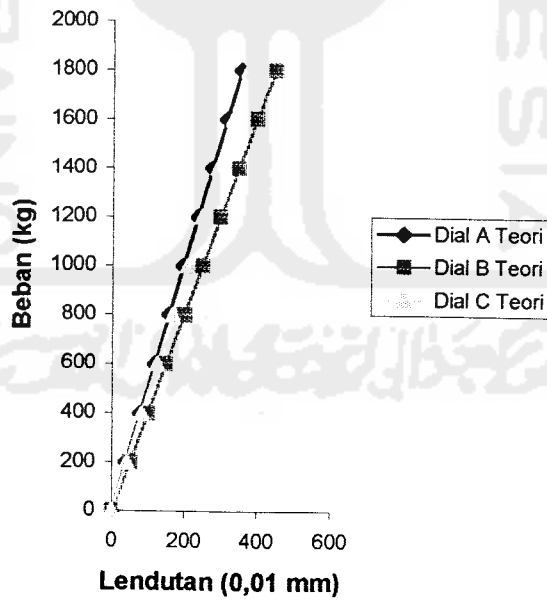
Gambar 3.2. Grafik hubungan beban-lendutan benda uji 1 dial B dengan regresi



Gambar 3.3. Grafik hubungan beban-lendutan benda uji 1 dial C dengan regresi linier



Gambar 3.4. Grafik hubungan beban-lendutan benda uji 1

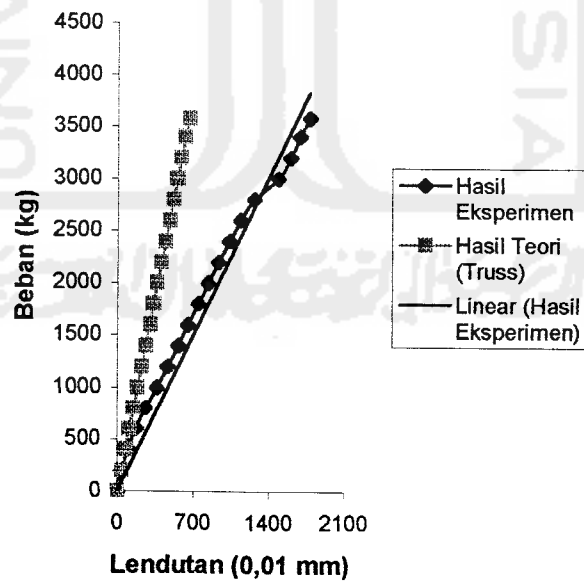


Gambar 3.5. Grafik hubungan beban-lendutan hasil Teori benda uji 1

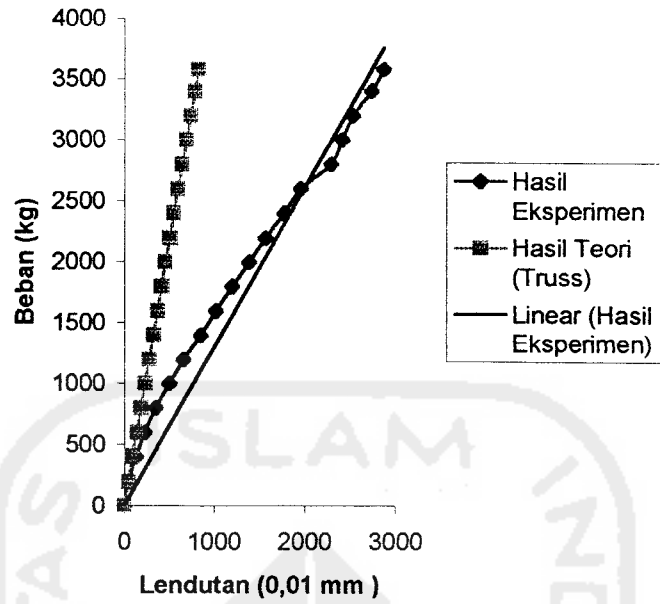
1.2 Pengamatan Benda Uji 2

Tabel 3.2 Pengamatan benda uji 2 menggunakan tebal plat 2,8 mm

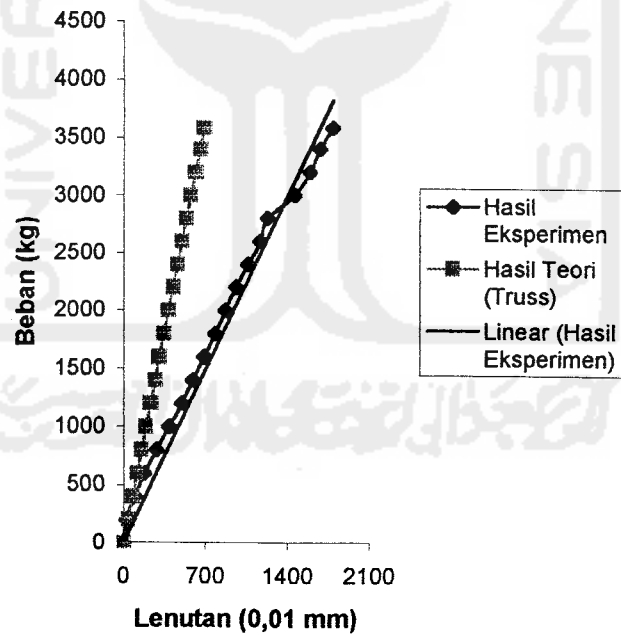
| Beban (kg) | Pengamatan Dial | | |
|------------|-----------------|---------|---------|
| | Dial A | Dial B | Dial C |
| 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 200 | 35,00 | 52,00 | 26,50 |
| 400 | 94,00 | 129,50 | 97,00 |
| 600 | 168,00 | 227,00 | 182,00 |
| 800 | 260,00 | 350,00 | 283,50 |
| 1000 | 362,00 | 504,00 | 393,50 |
| 1200 | 458,00 | 661,50 | 501,00 |
| 1400 | 556,00 | 850,00 | 596,00 |
| 1600 | 645,00 | 1015,00 | 690,00 |
| 1800 | 744,00 | 1197,00 | 784,00 |
| 2000 | 836,00 | 1387,00 | 873,00 |
| 2200 | 928,00 | 1565,00 | 963,00 |
| 2400 | 1033,00 | 1772,00 | 1065,00 |
| 2600 | 1133,00 | 1955,00 | 1168,00 |
| 2800 | 1261,00 | 2292,00 | 1230,00 |
| 3000 | 1486,00 | 2411,00 | 1468,00 |
| 3200 | 1598,00 | 2531,00 | 1596,00 |
| 3400 | 1687,00 | 2737,00 | 1680,00 |
| 3580 | 1775,00 | 2870,00 | 1790,00 |
| 3200 | 1841,00 | 2935,00 | 1841,00 |
| 3200 | 1875,00 | 2978,00 | 2008,00 |
| 3050 | 1900,00 | 3065,00 | 2082,00 |
| 3050 | 2060,00 | 3135,00 | 2145,00 |



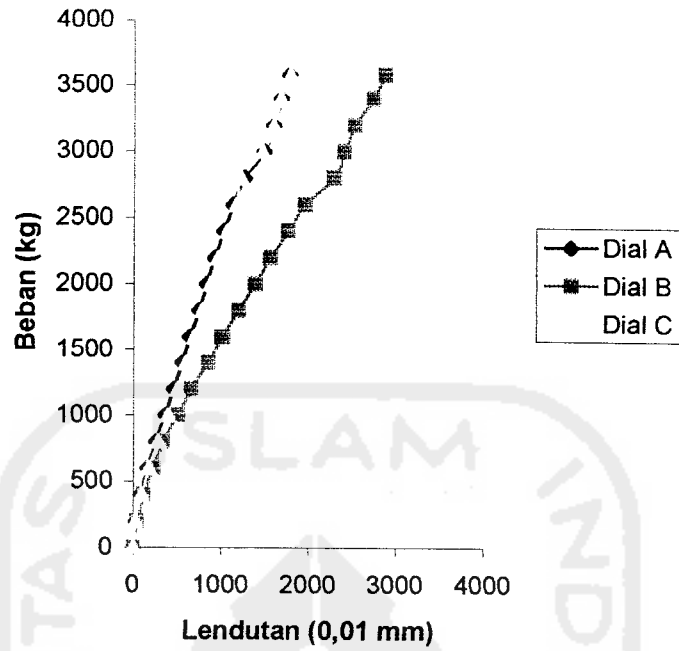
Gambar 3.6. Grafik hubungan beban-lendutan benda uji 2 dial A dengan regresi linier



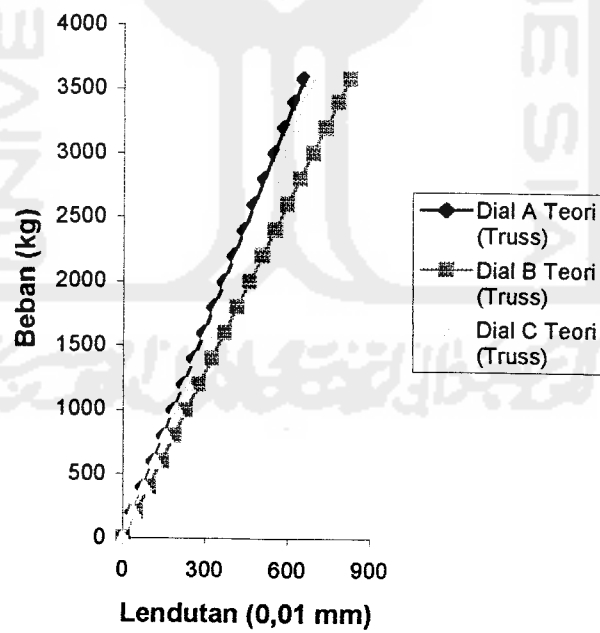
Gambar 3.7. Grafik hubungan beban-lendutan benda uji 2 dial B dengan regresi linier



Gambar 3.8. Grafik hubungan beban-lendutan benda uji 2 dial C dengan regresi linier

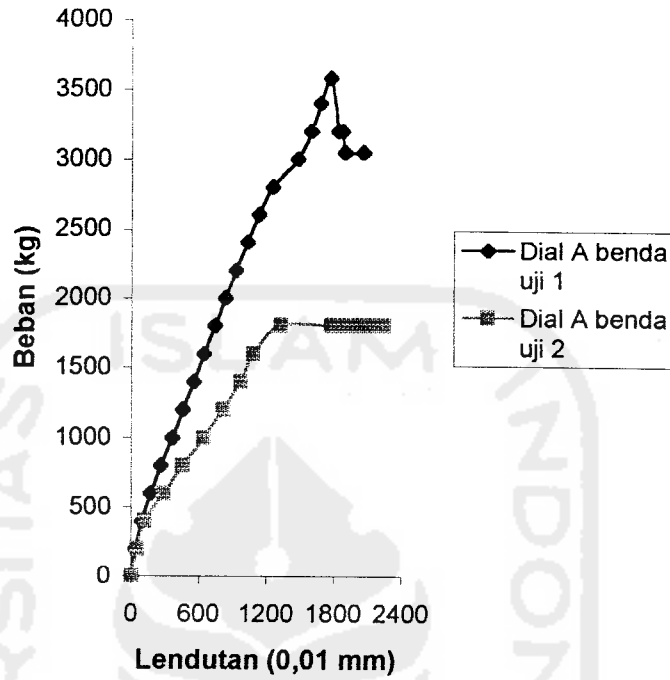


Gambar 3.9. Grafik hubungan beban-lendutan benda uji 2

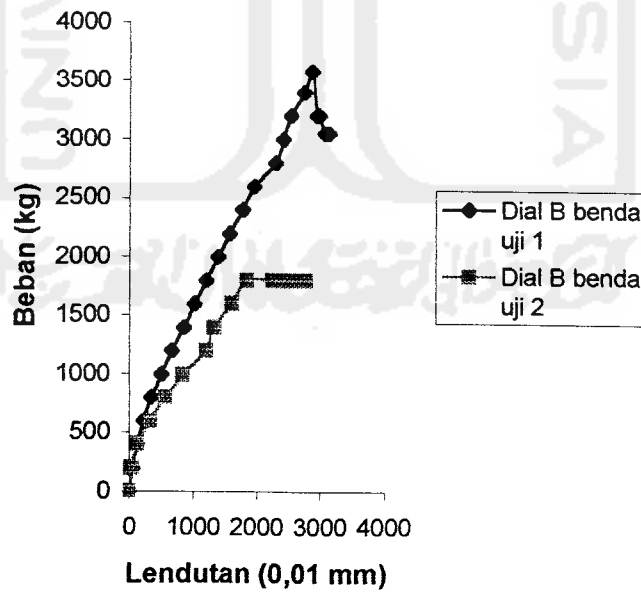


Gambar 3.10. Grafik hubungan beban-lendutan hasil Teori benda uji 2

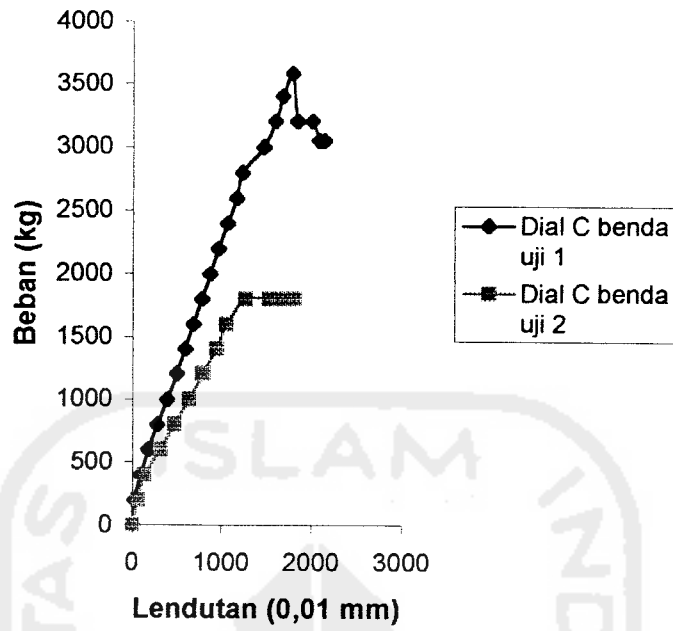
1.3. Pengamatan benda uji 1 dan benda uji 2



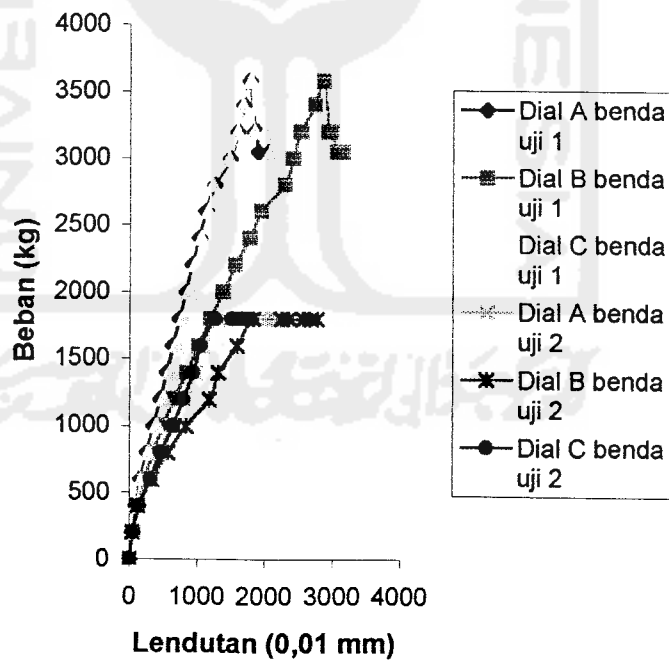
Gambar 3.11. Grafik hubungan beban-lendutan benda uji 1 dan 2 dial A



Gambar 3.12. Grafik hubungan beban-lendutan benda uji 1 dan 2 dial B



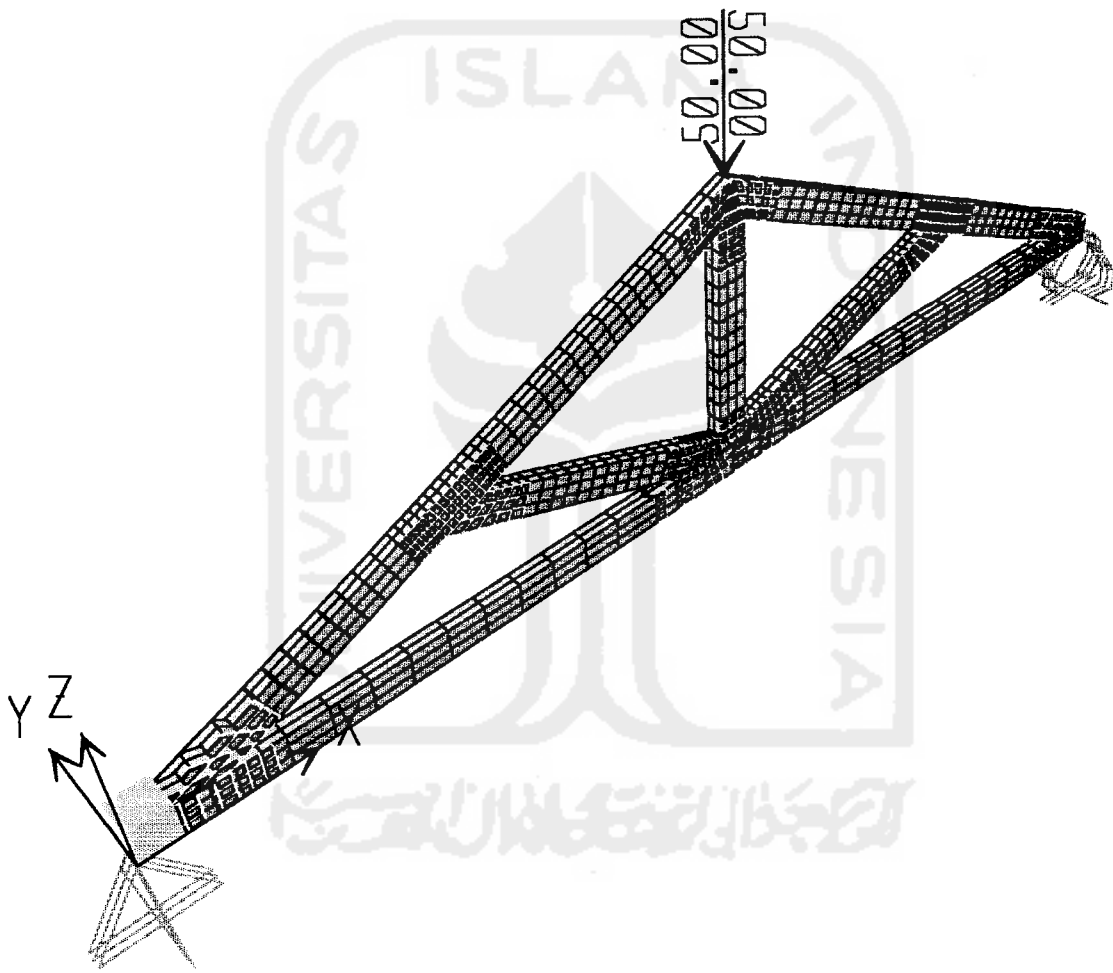
Gambar 3.13. Grafik hubungan beban-lendutan benda uji 1 dan 2 dial C

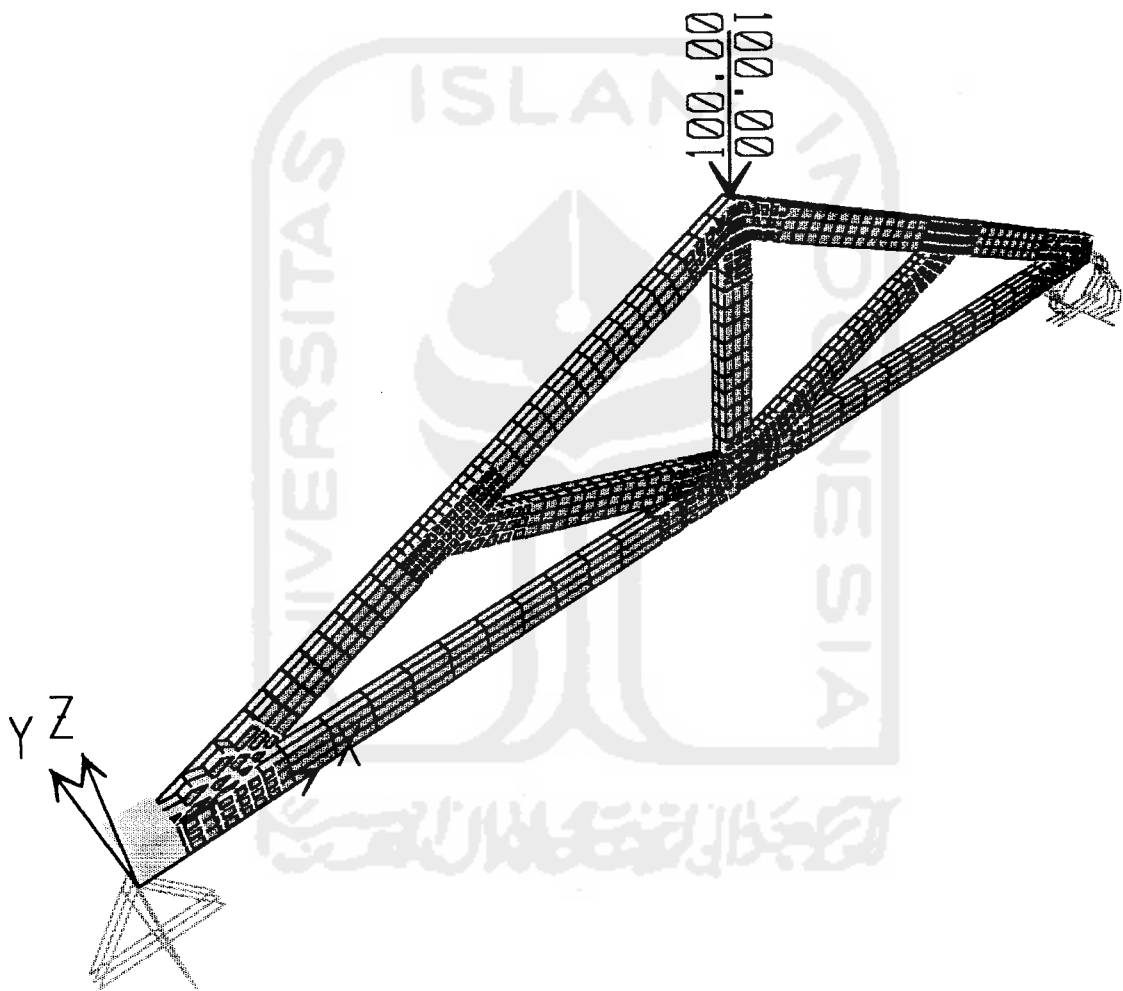


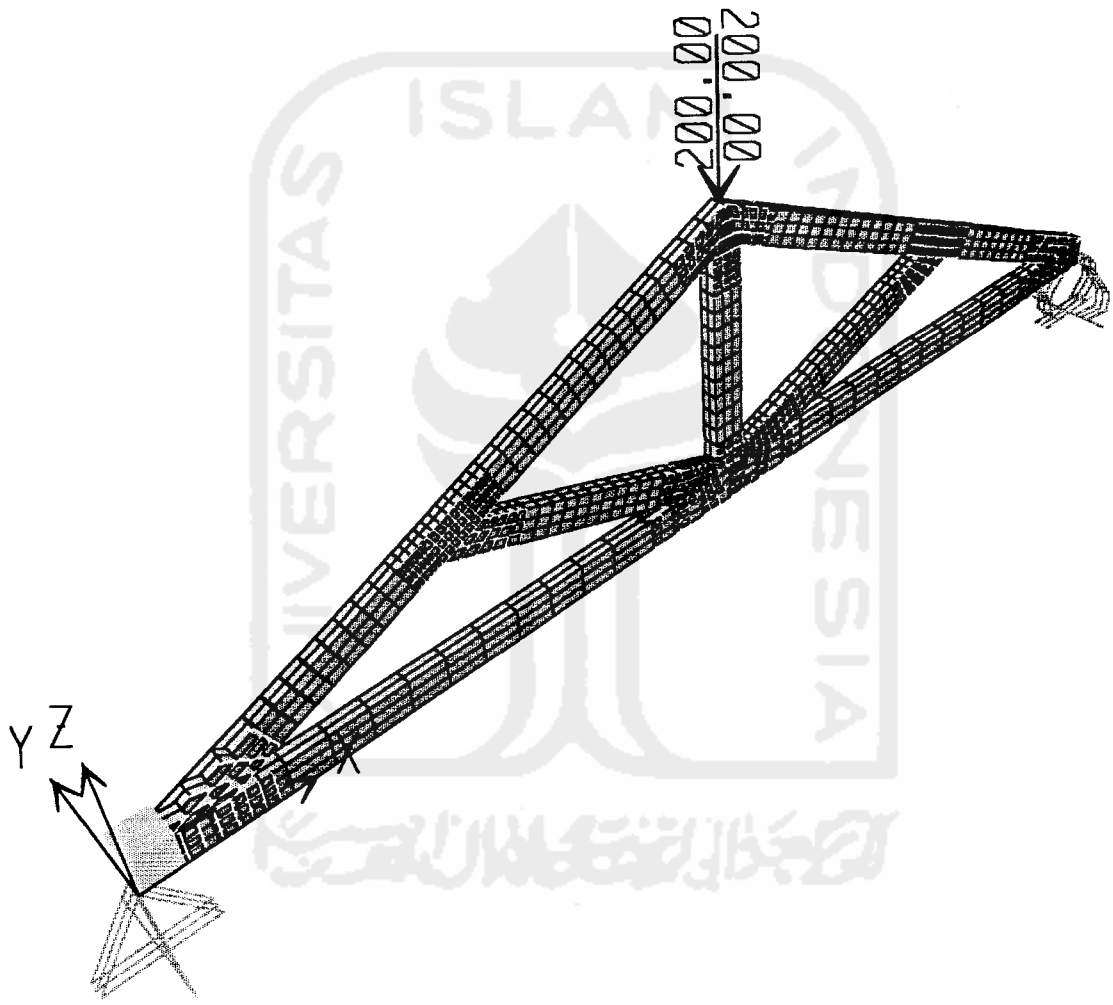
Gambar 3.14. Grafik hubungan beban-lendutan benda uji 1 dan 2

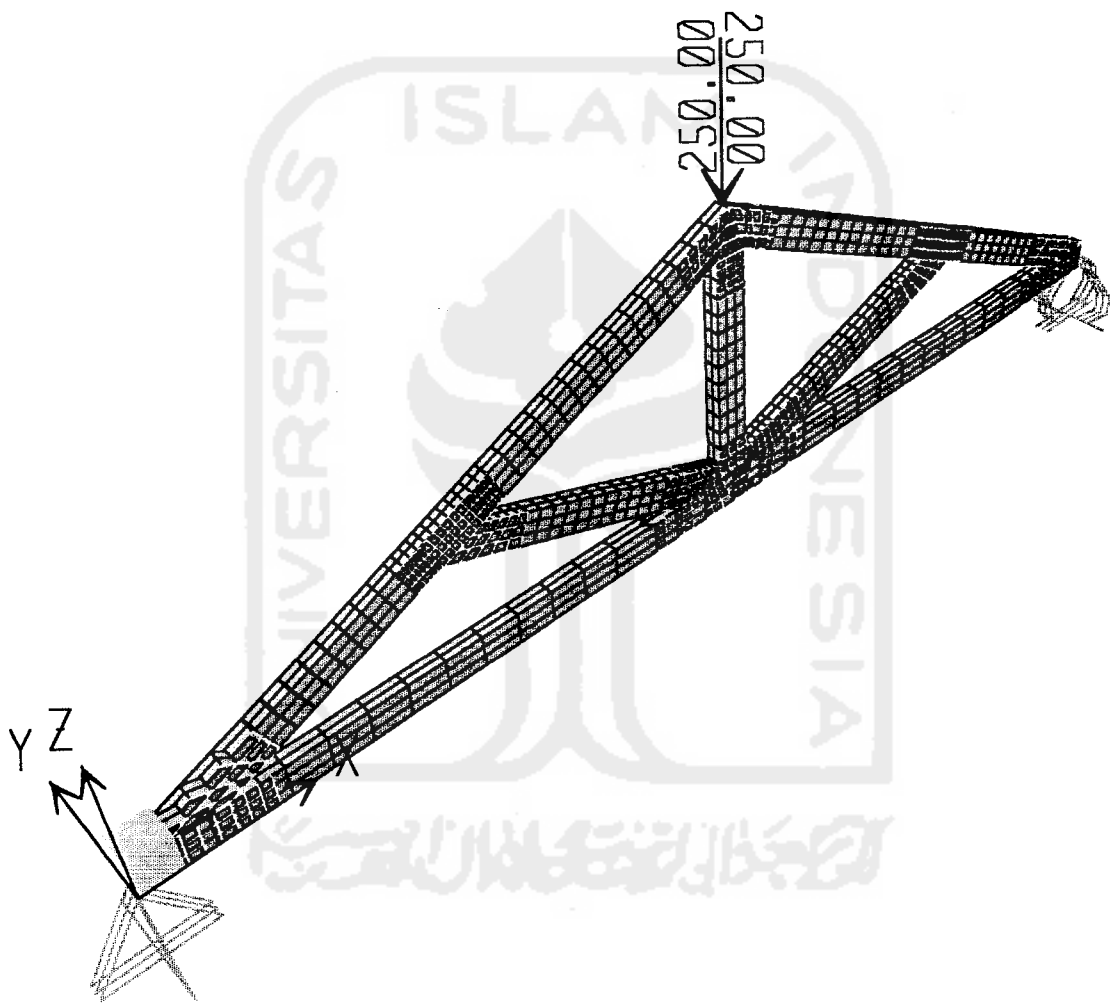
LAMPIRAN 4

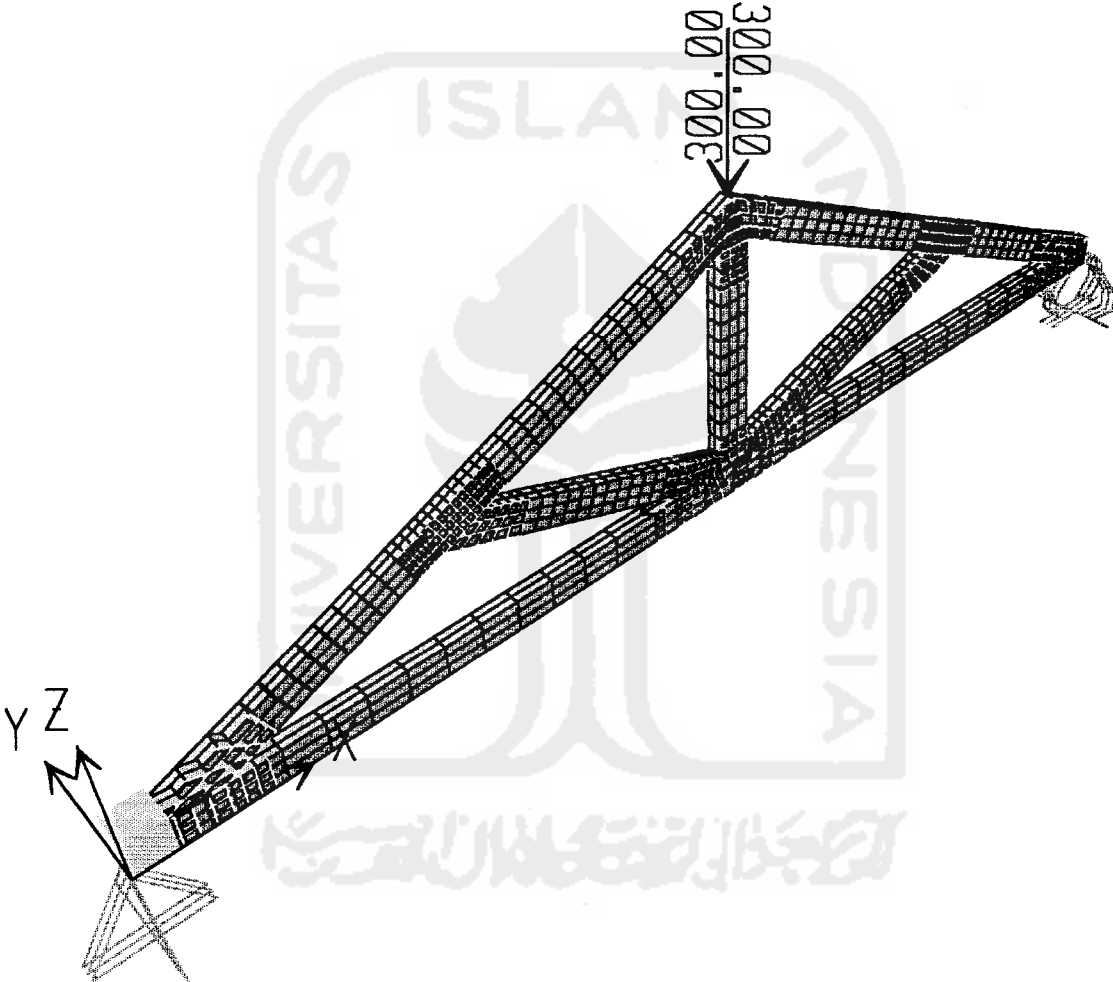


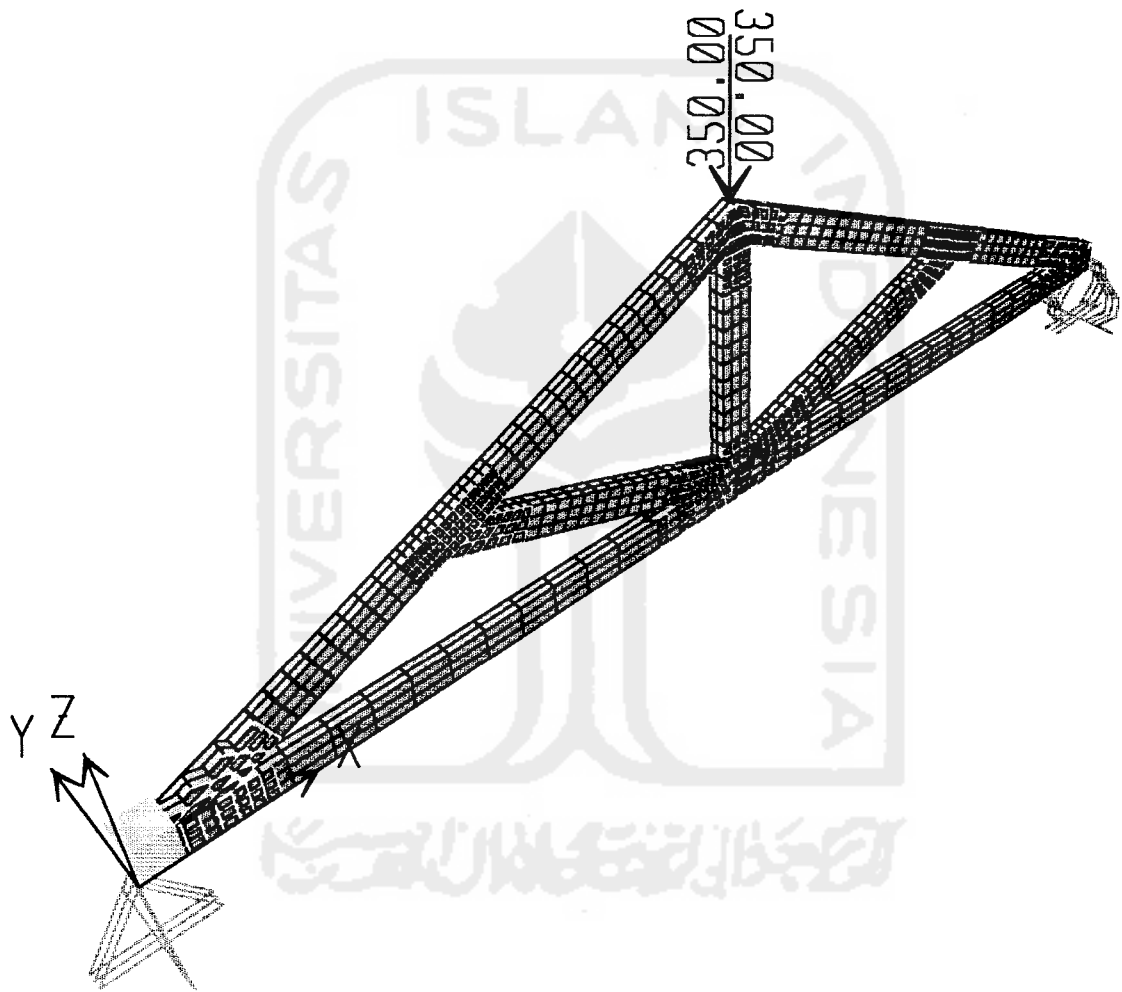


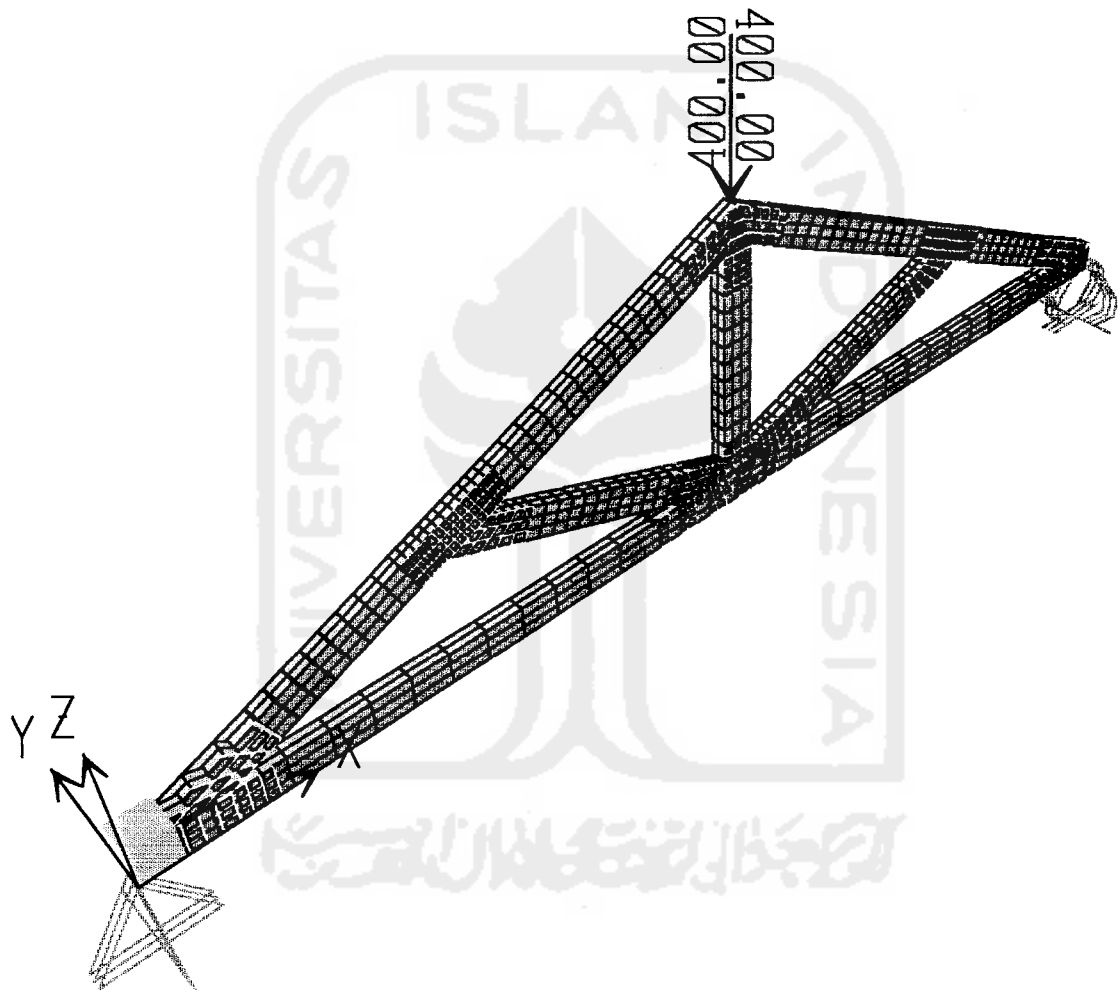


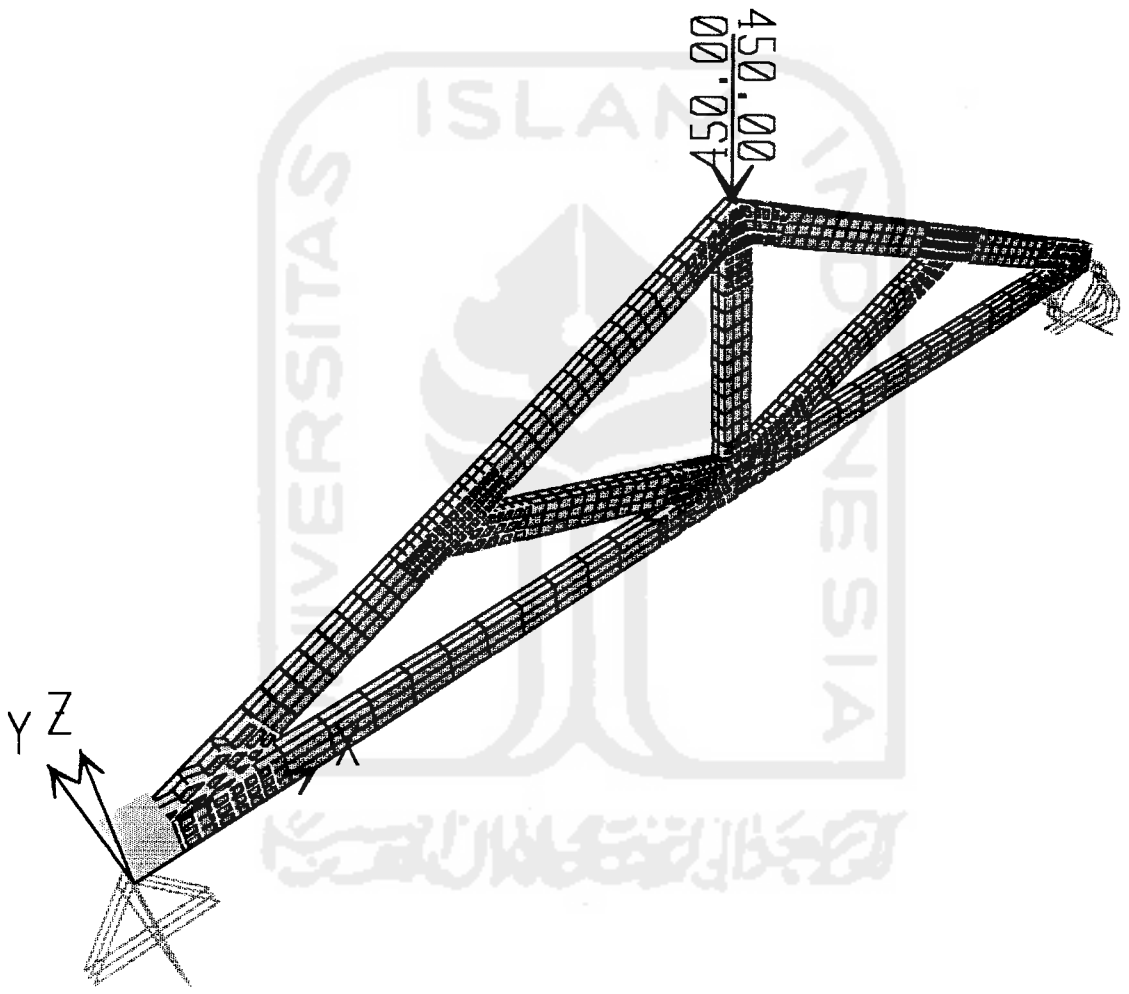


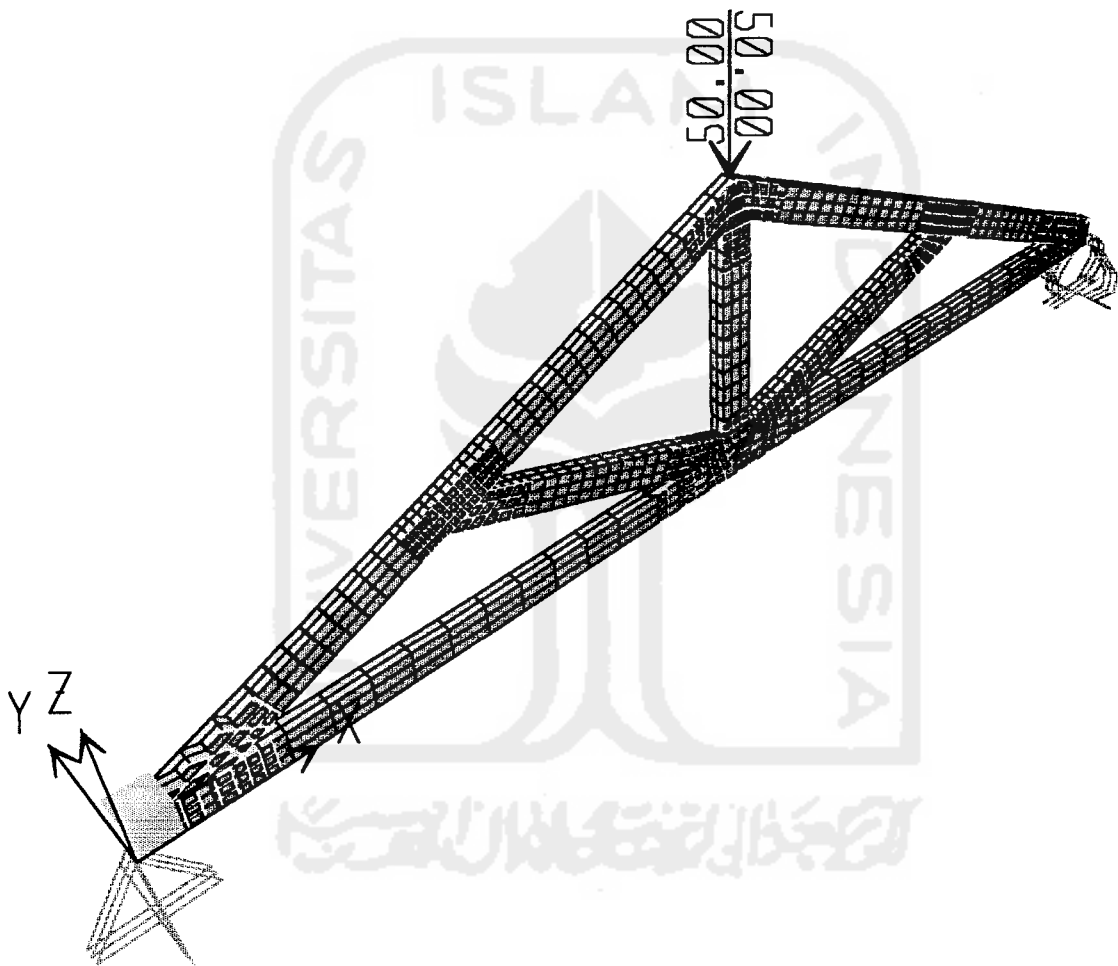


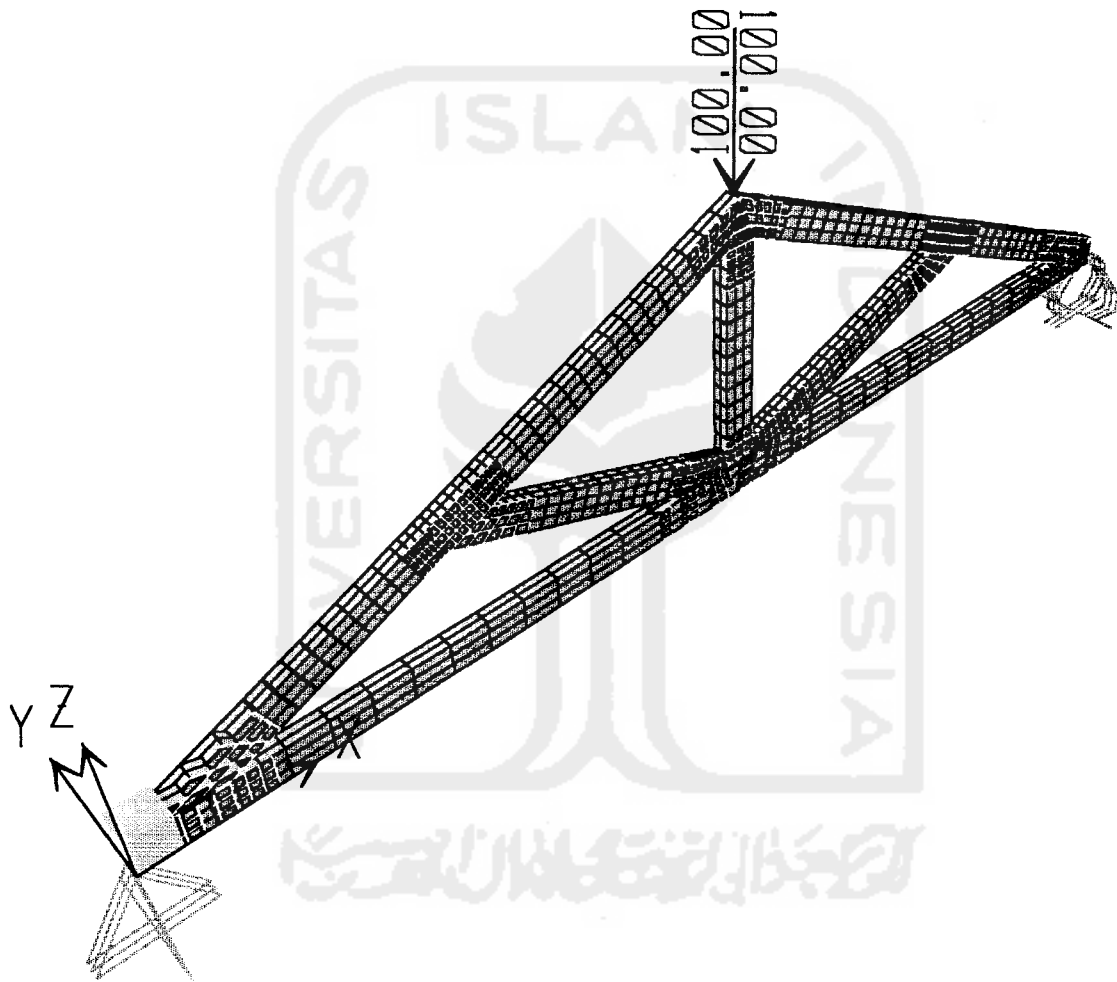


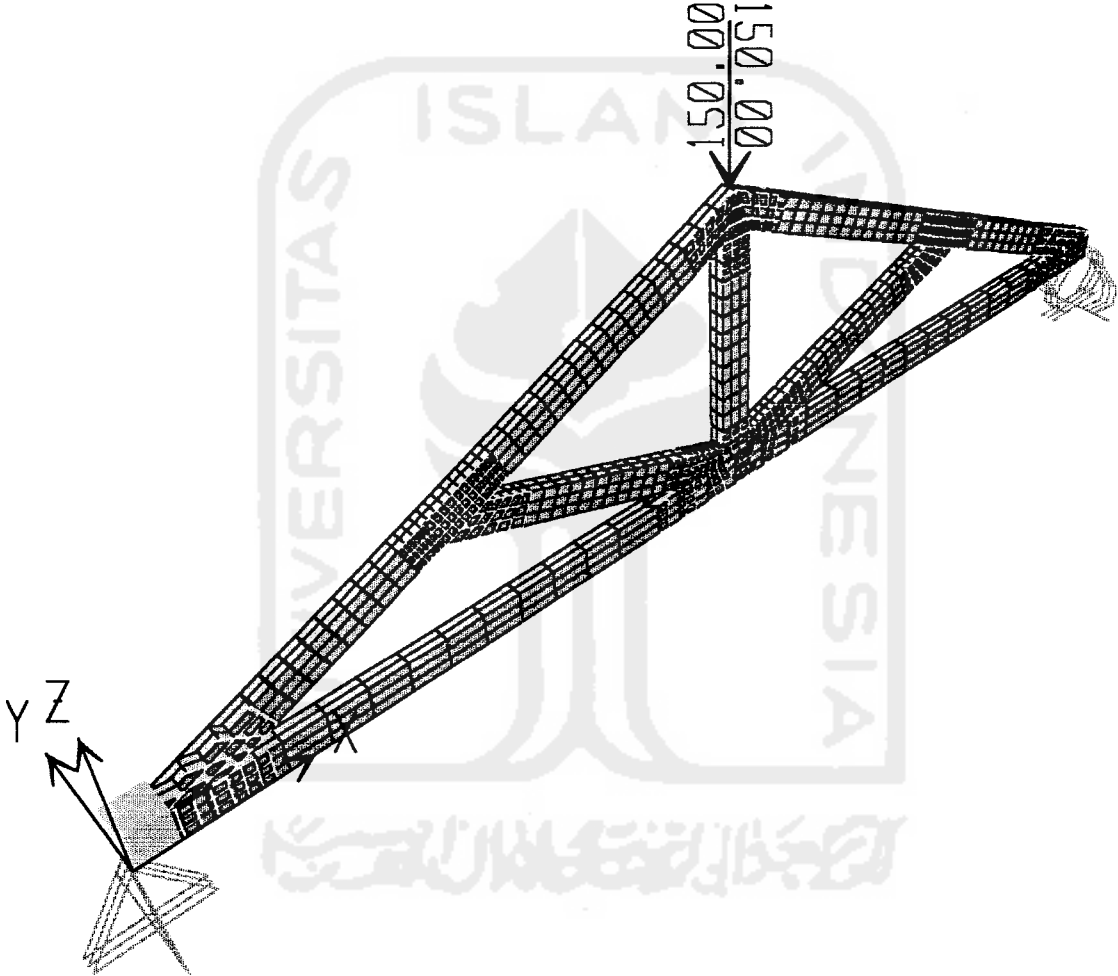


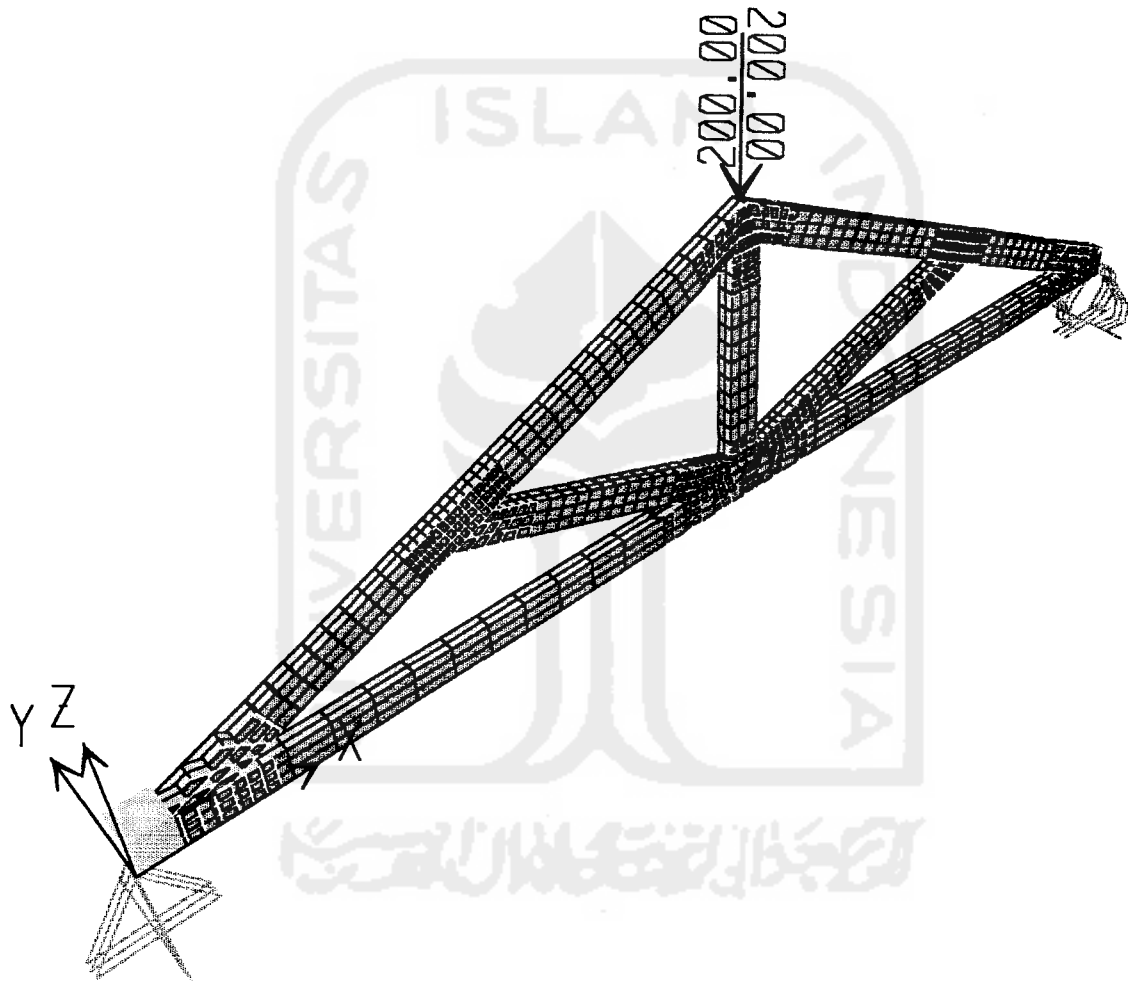


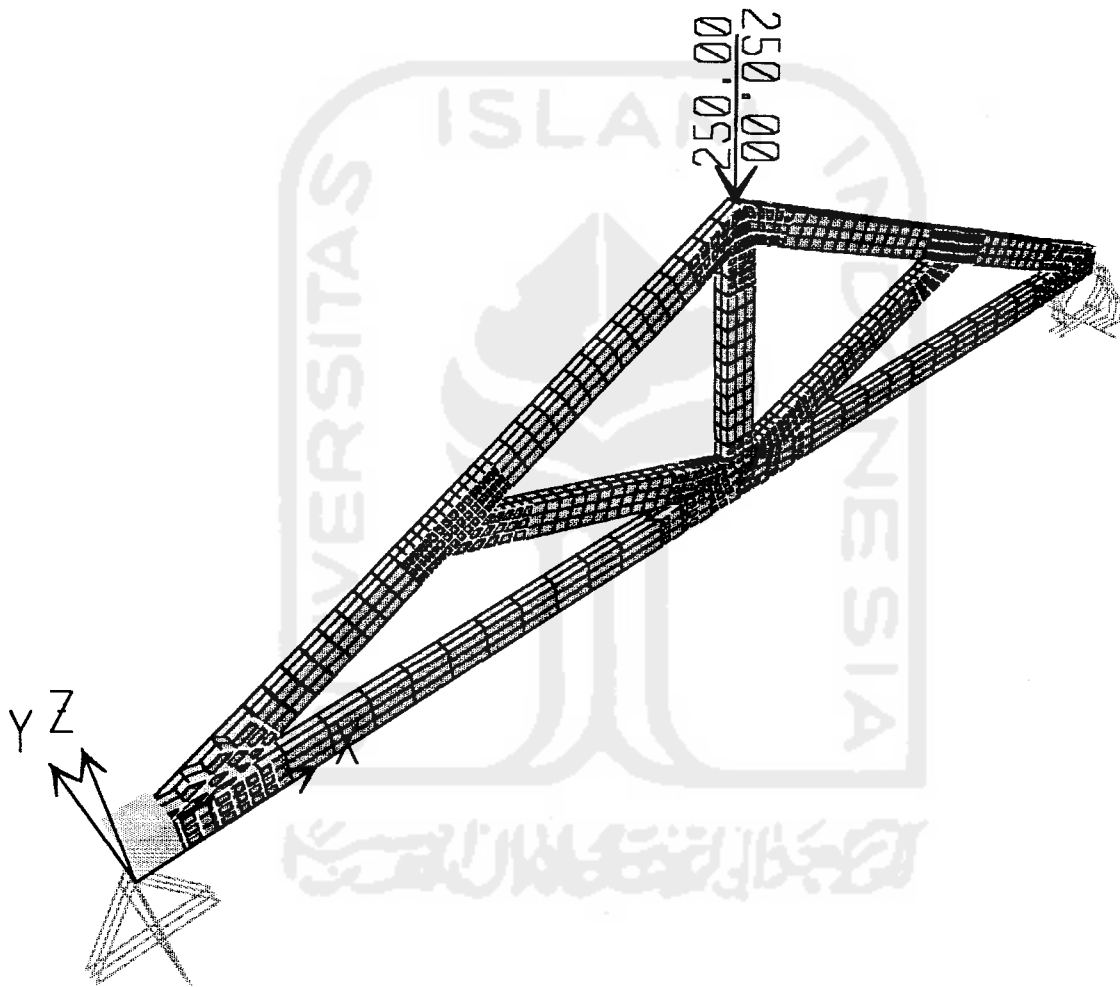


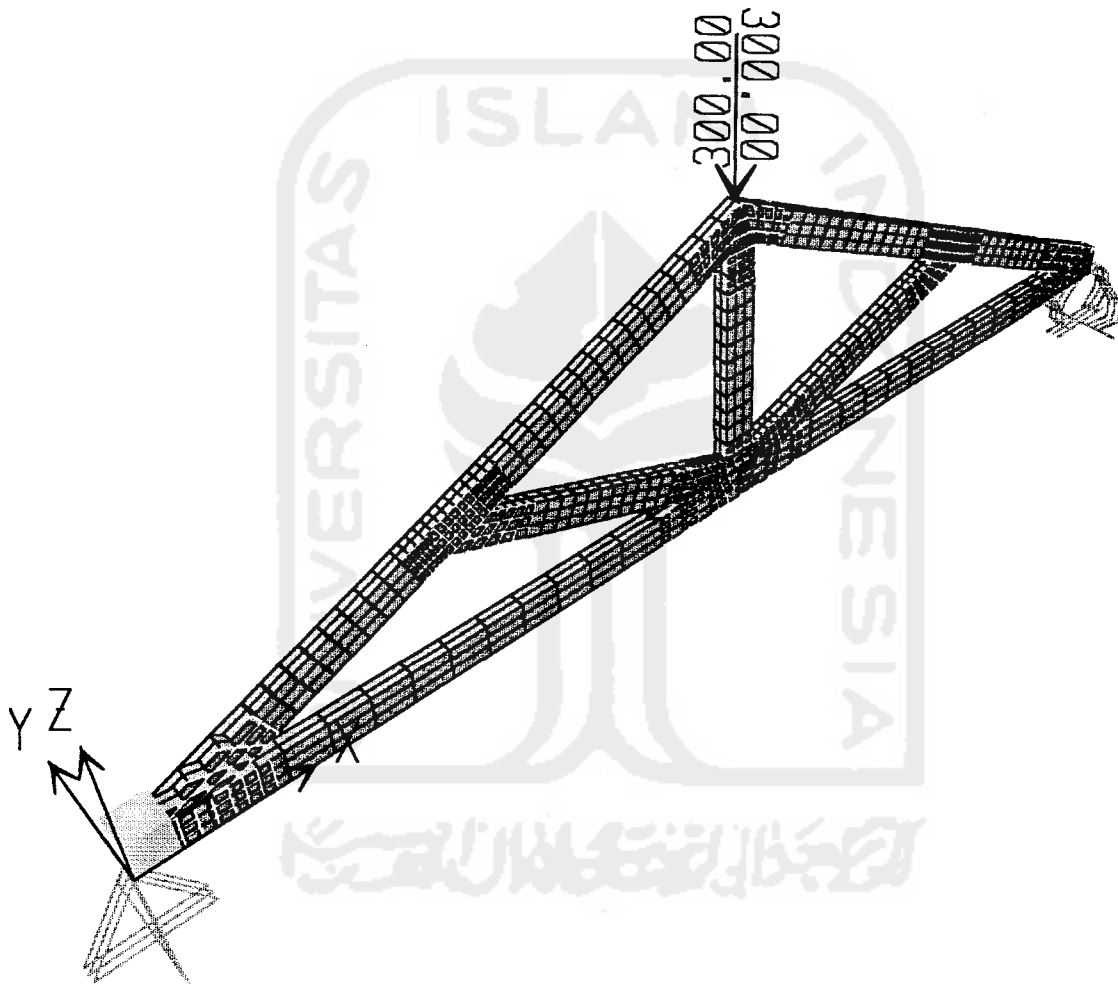


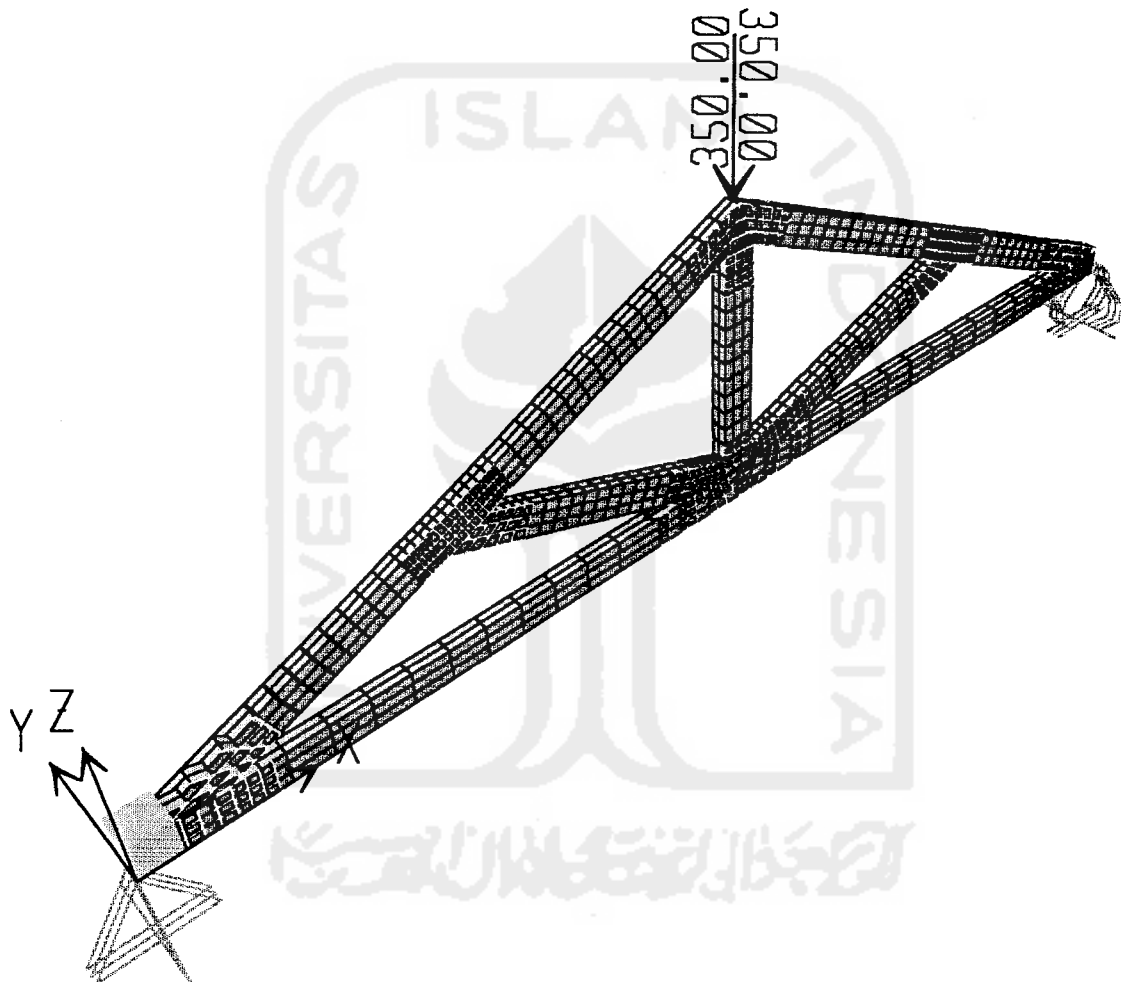


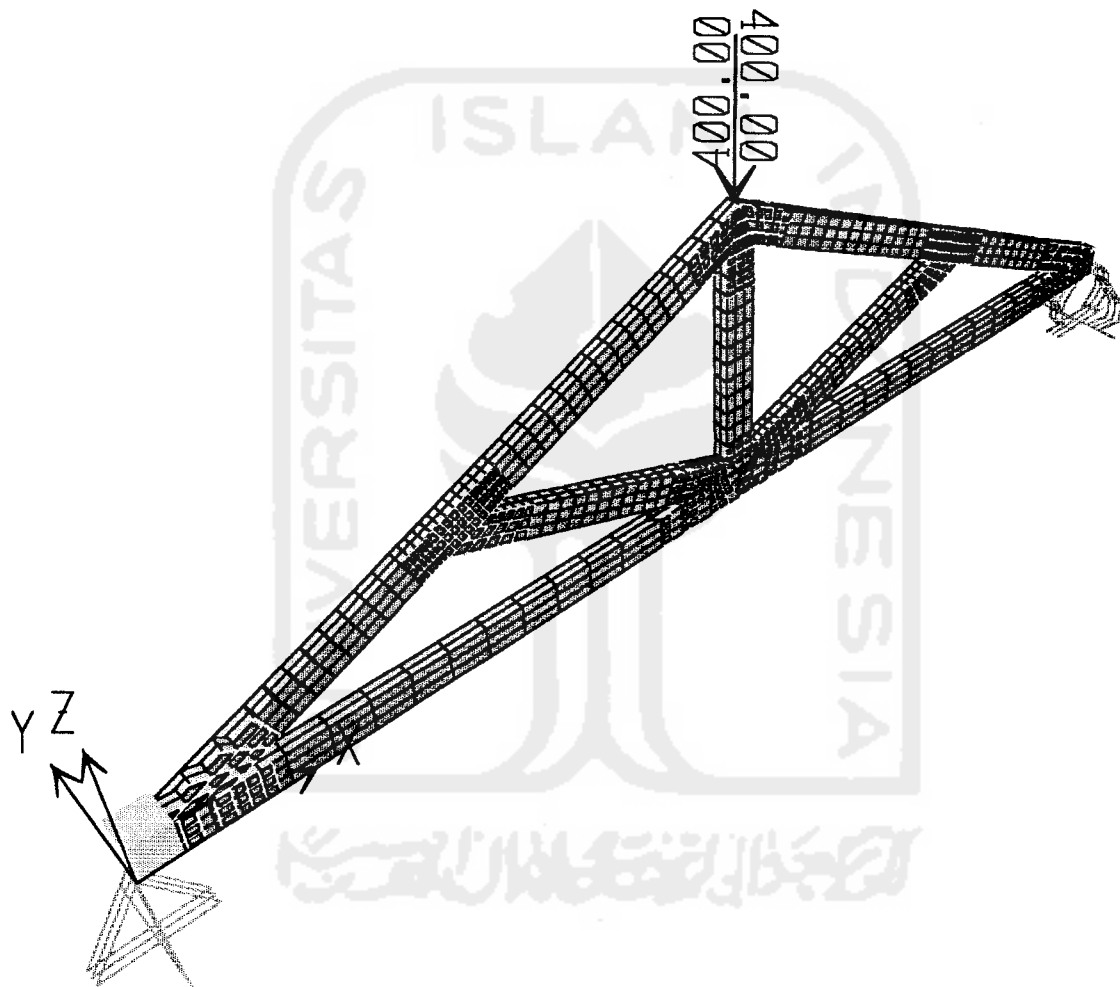


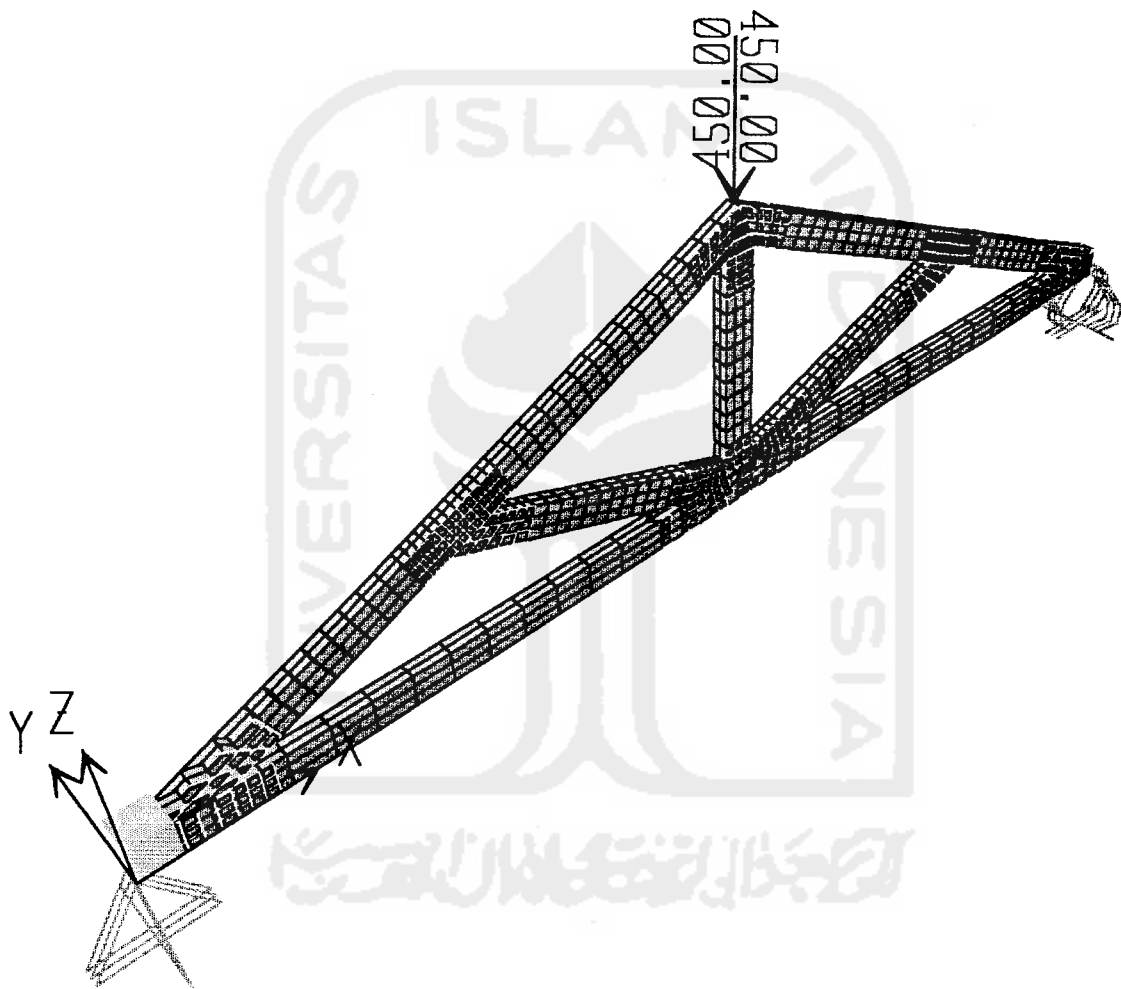


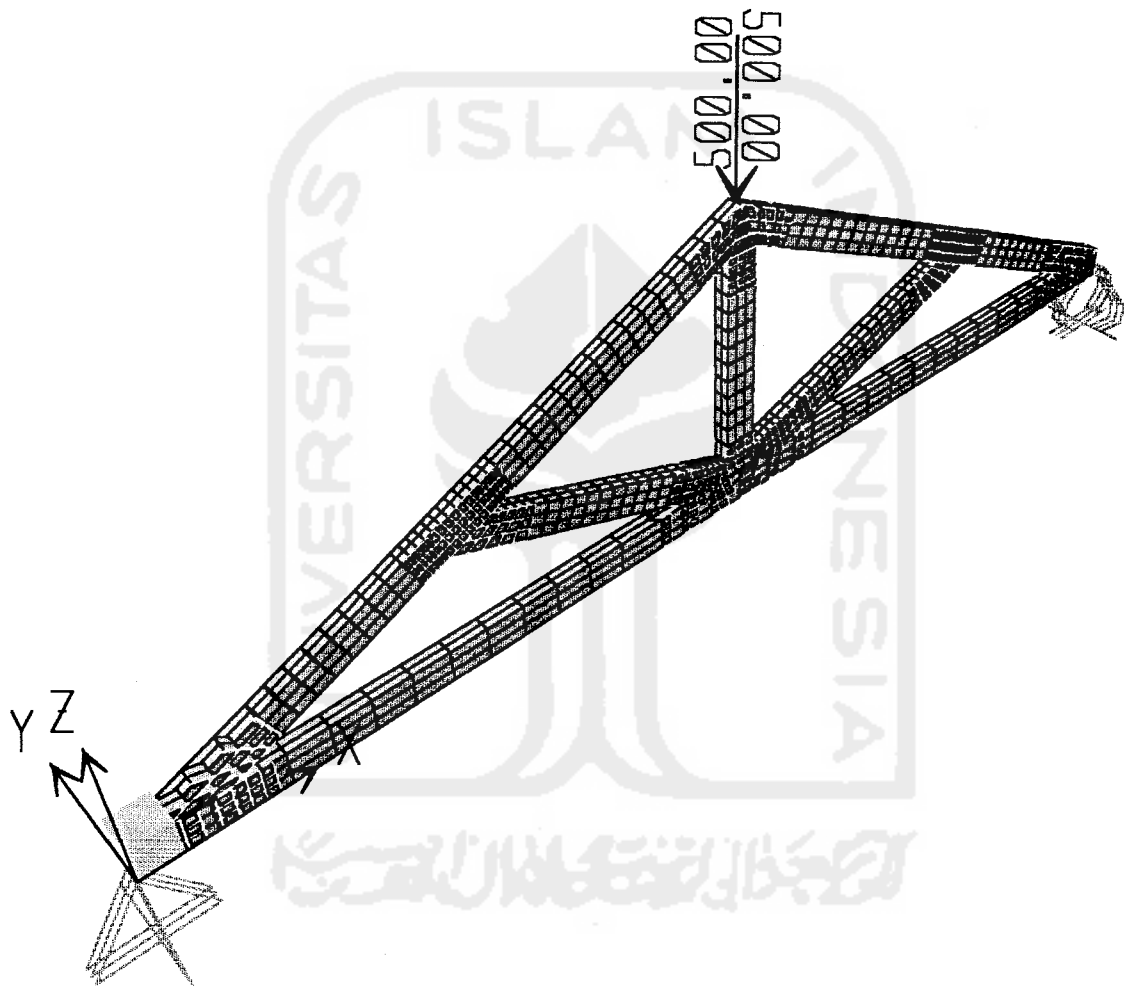


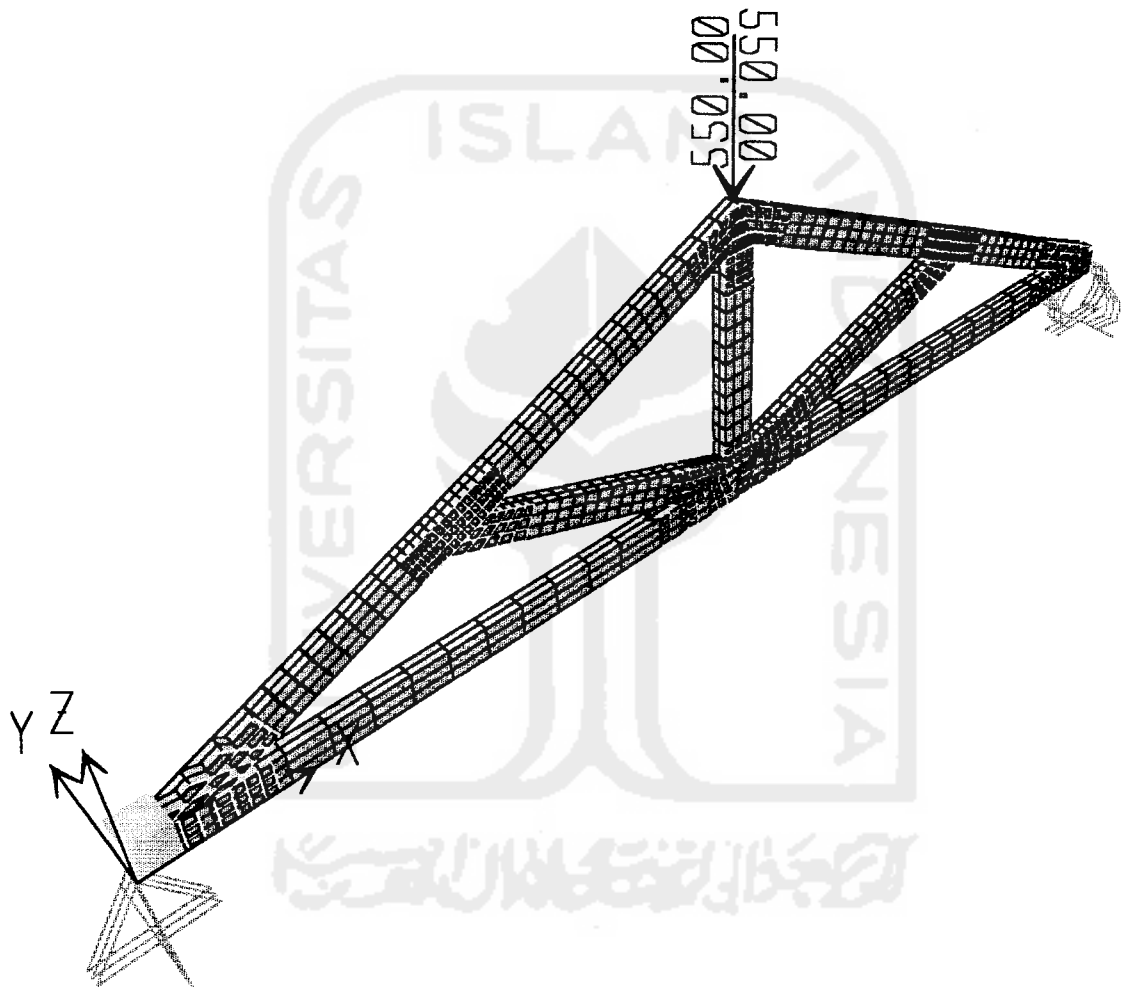


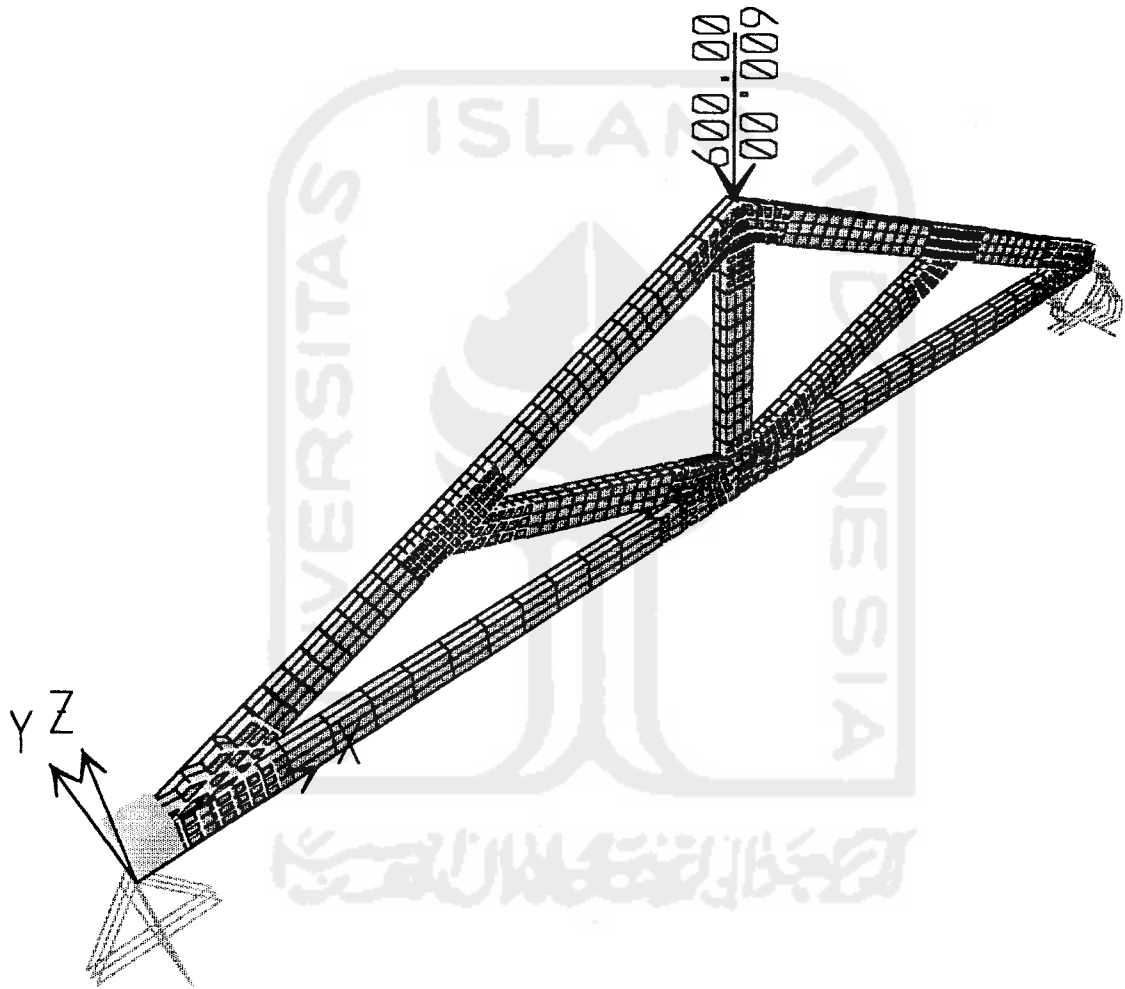


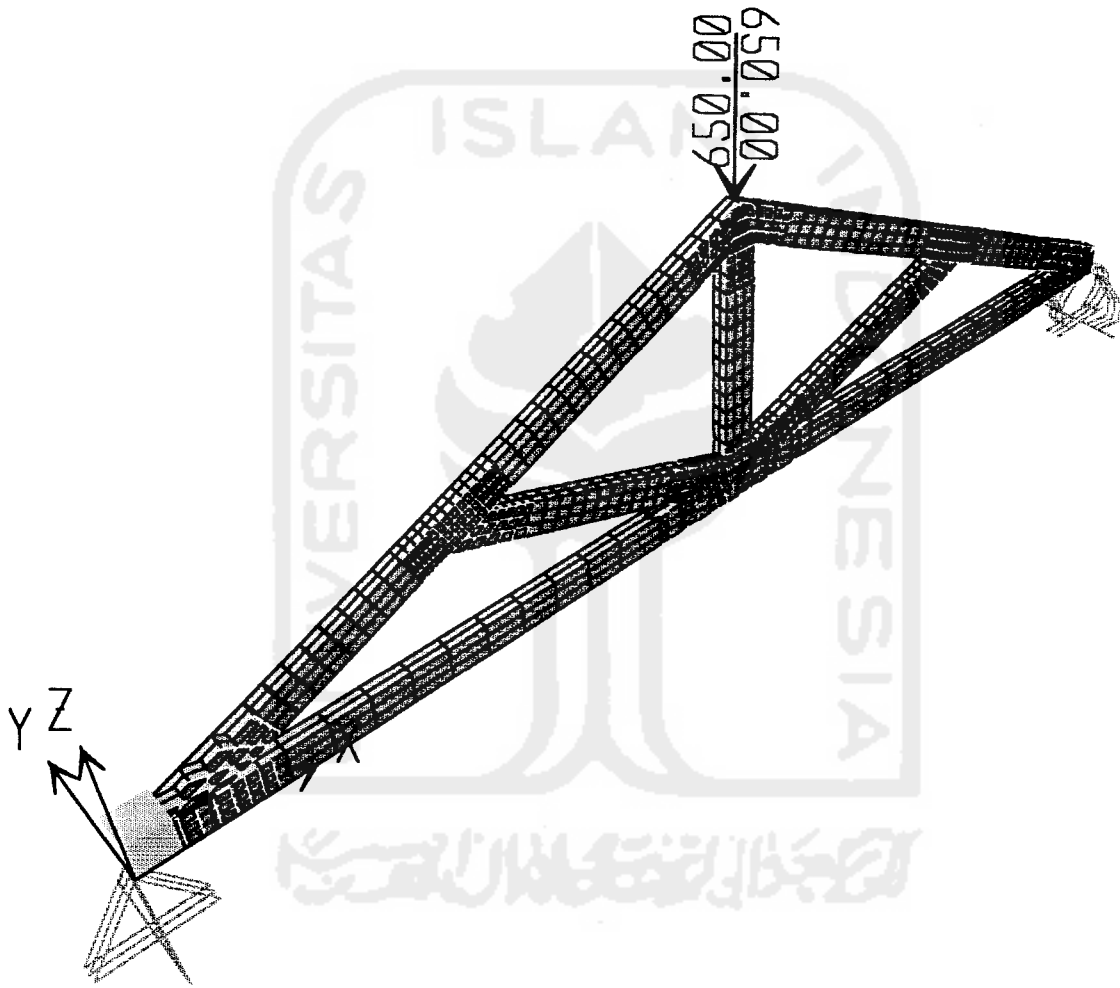


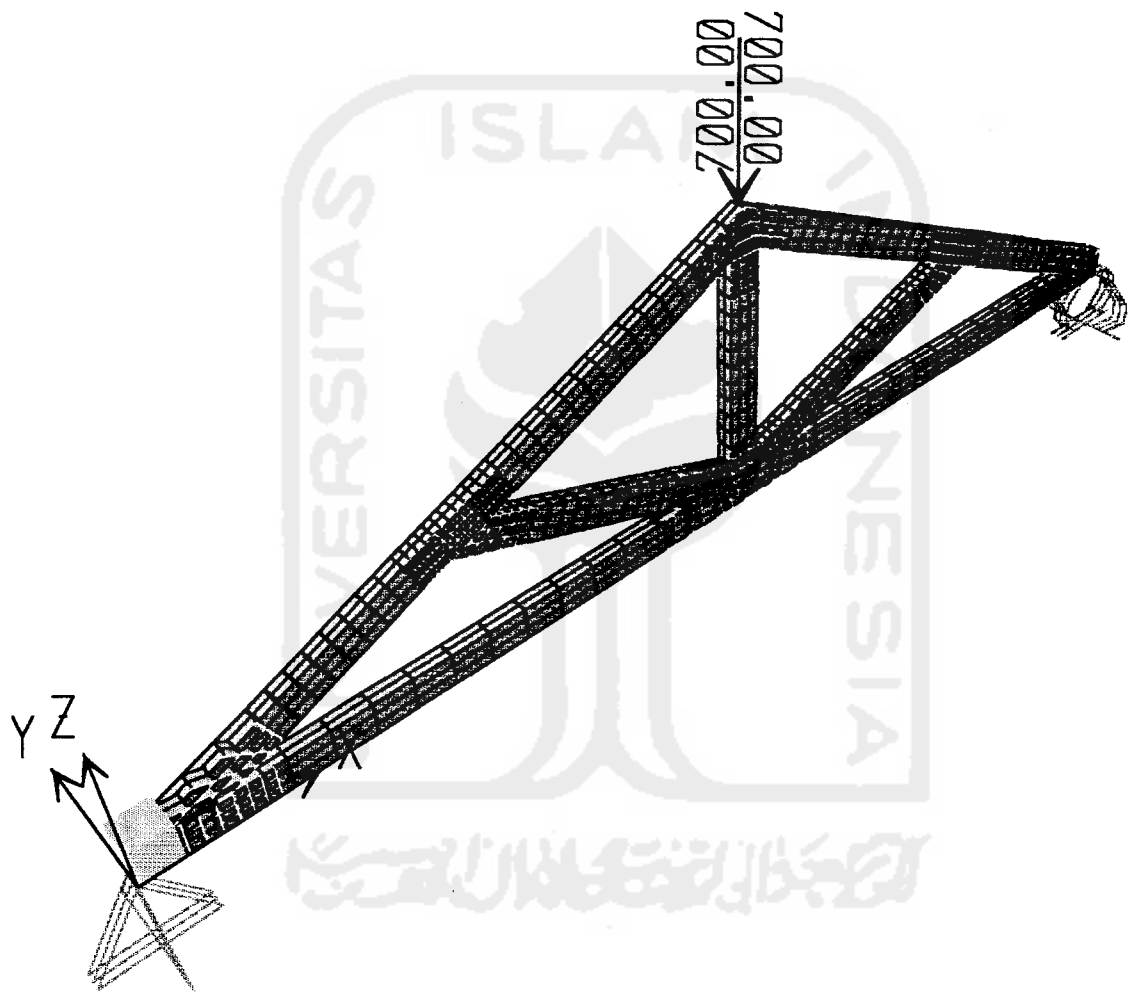


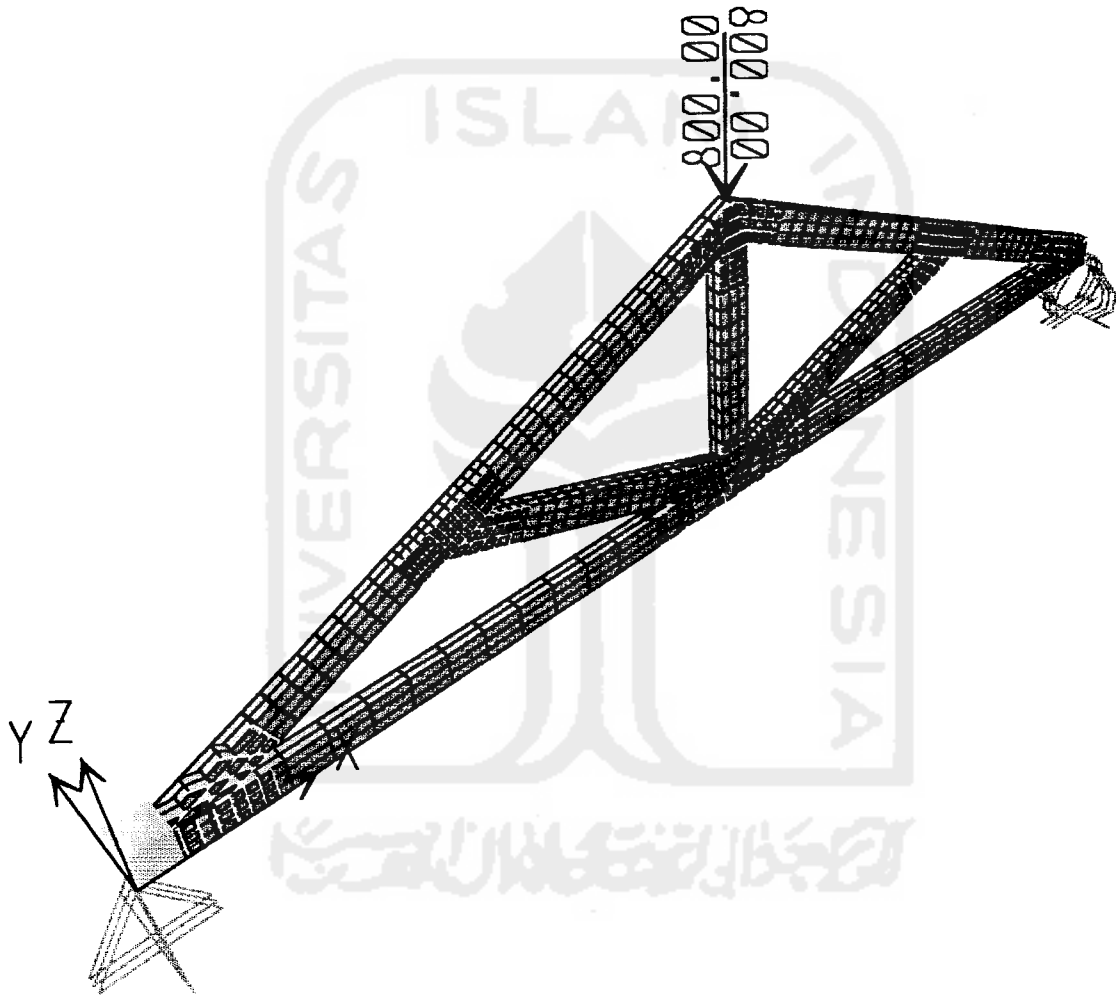


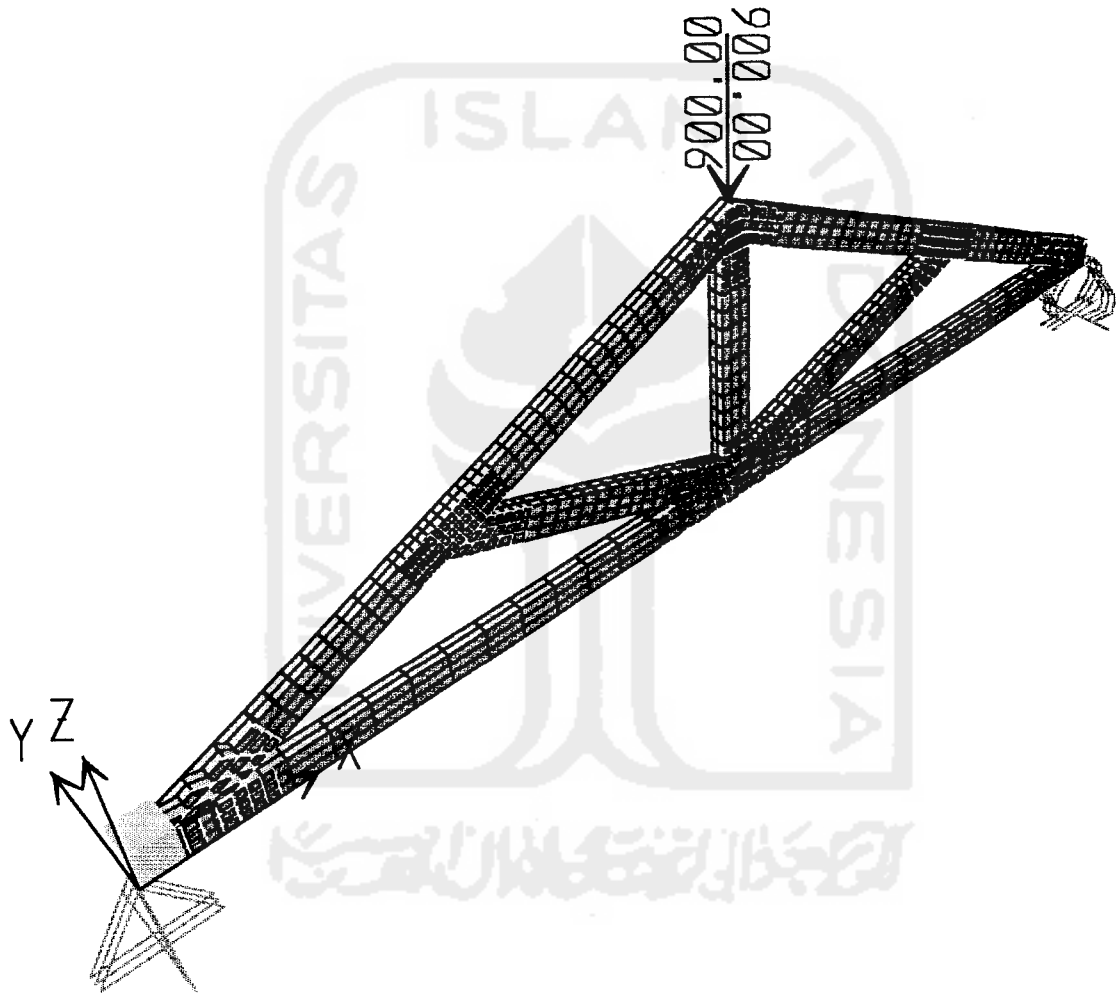


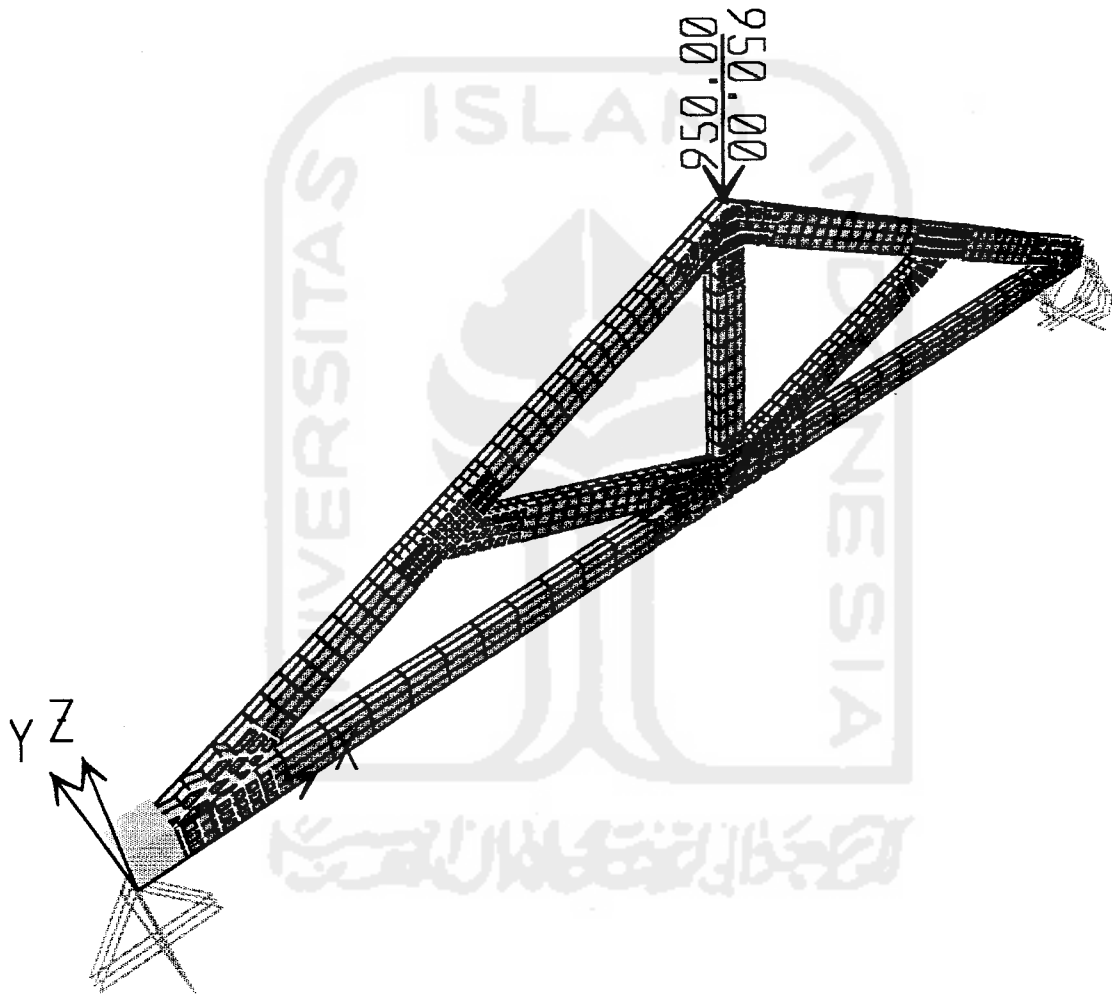


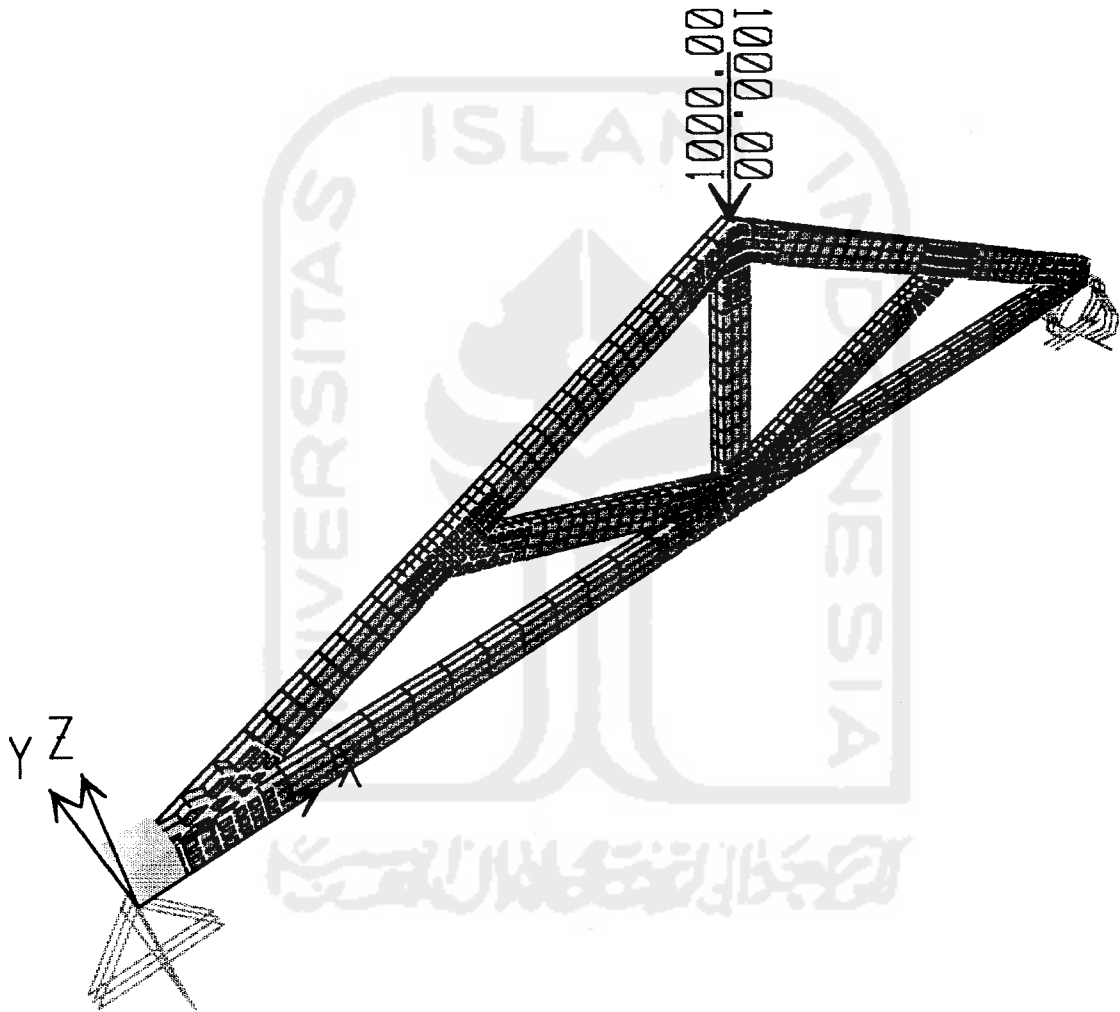


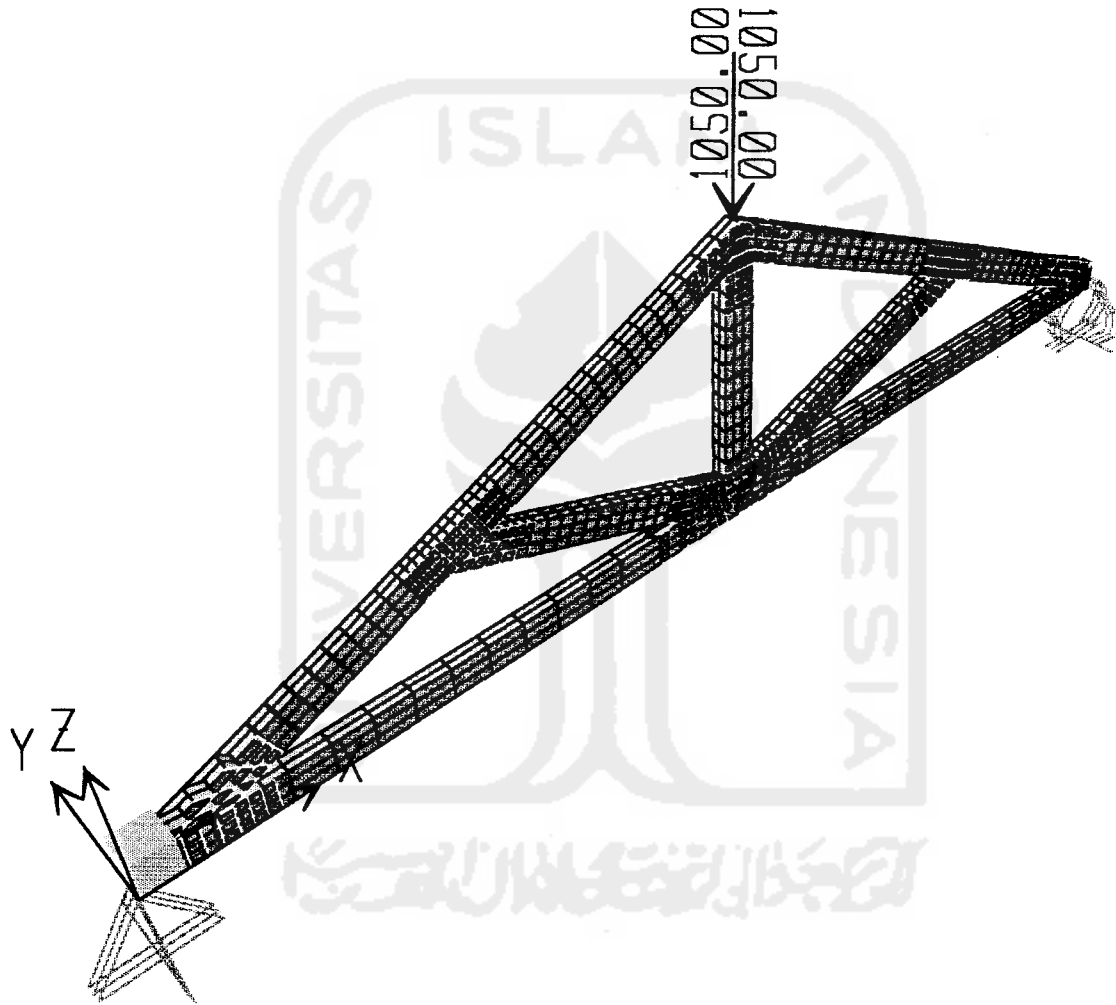


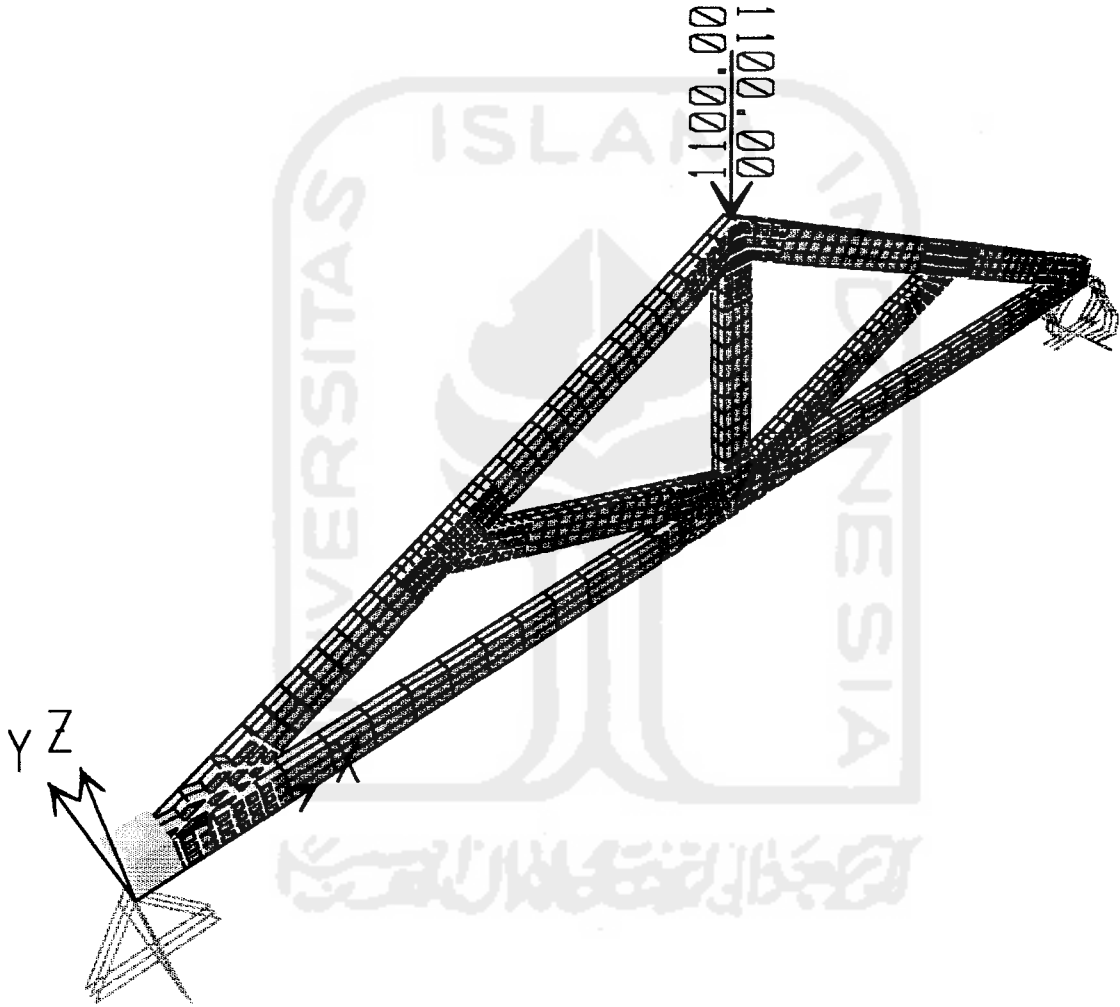


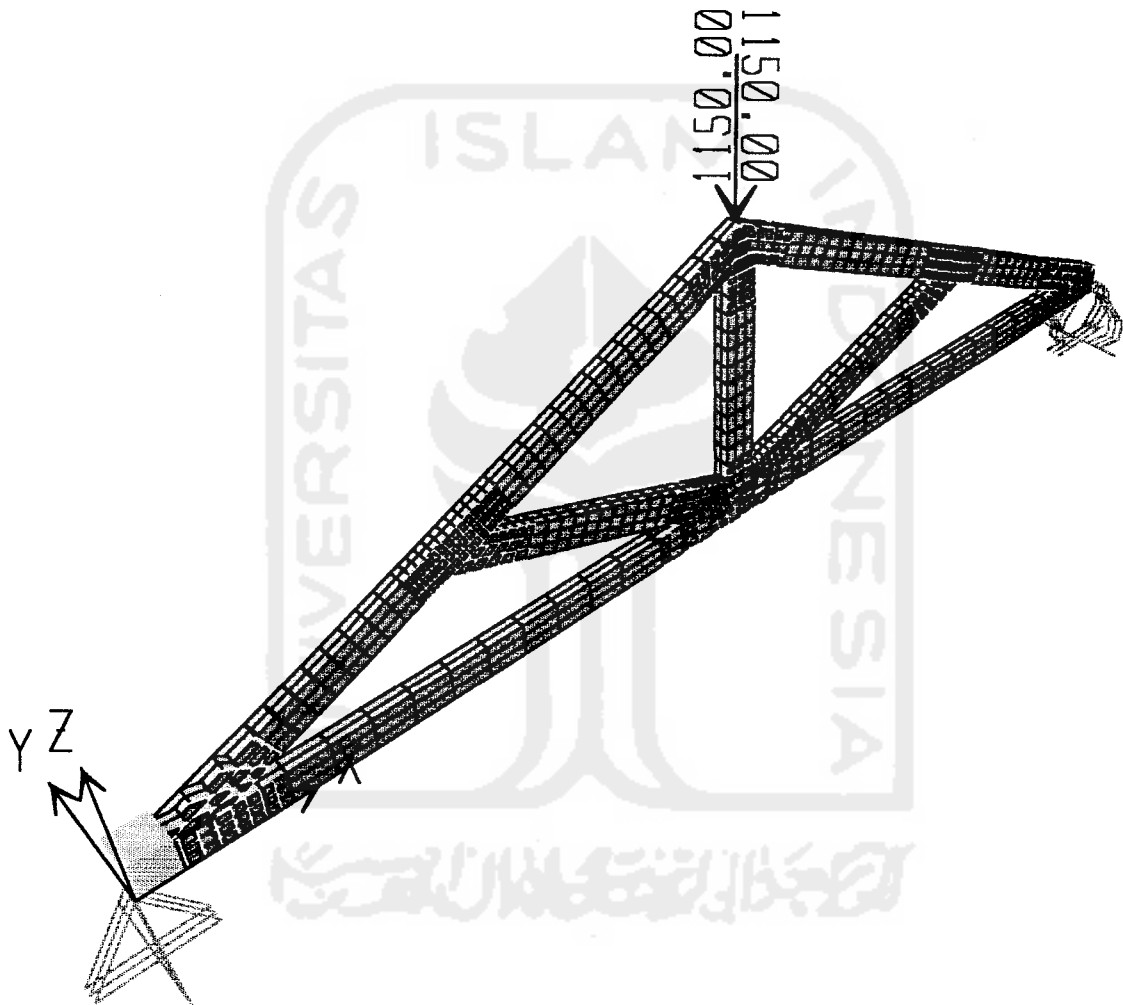


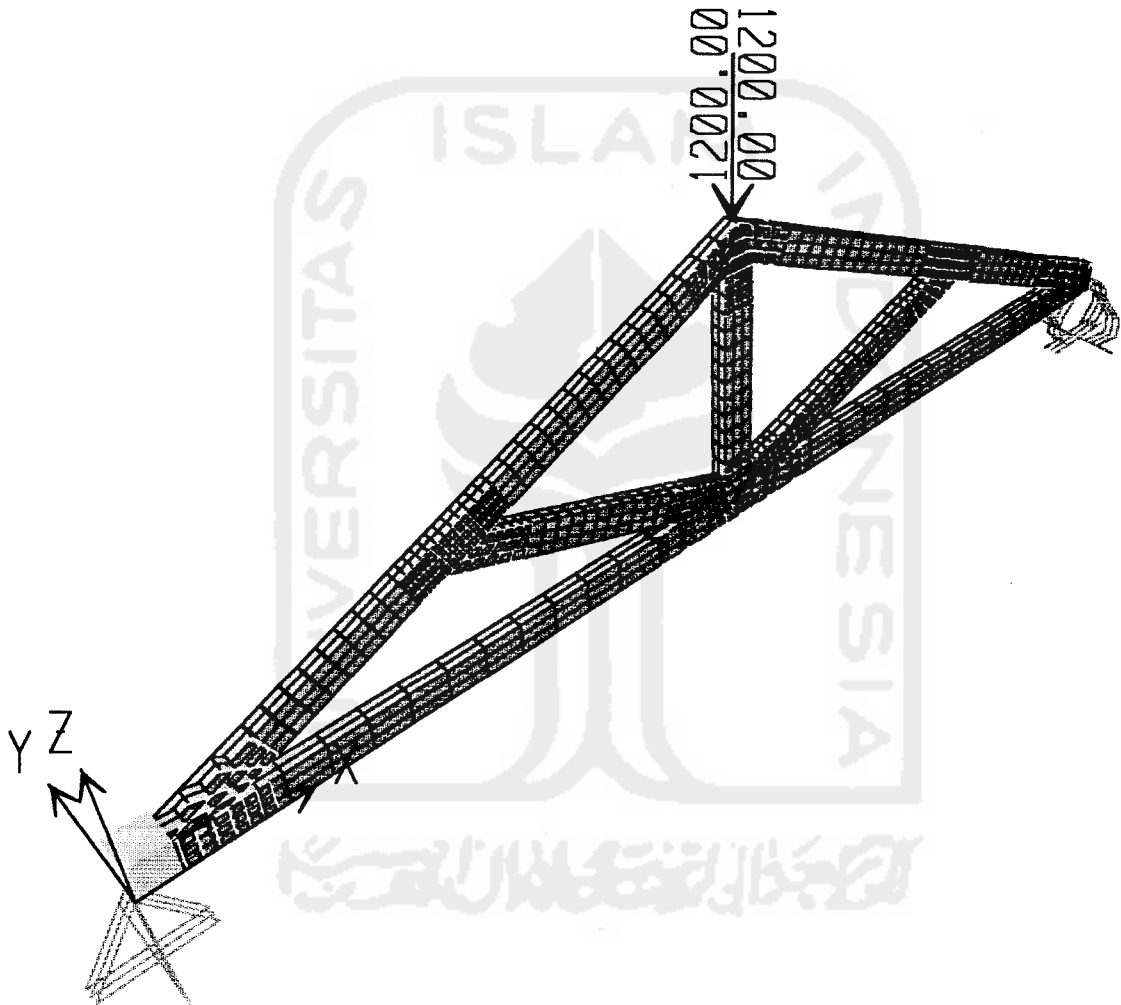


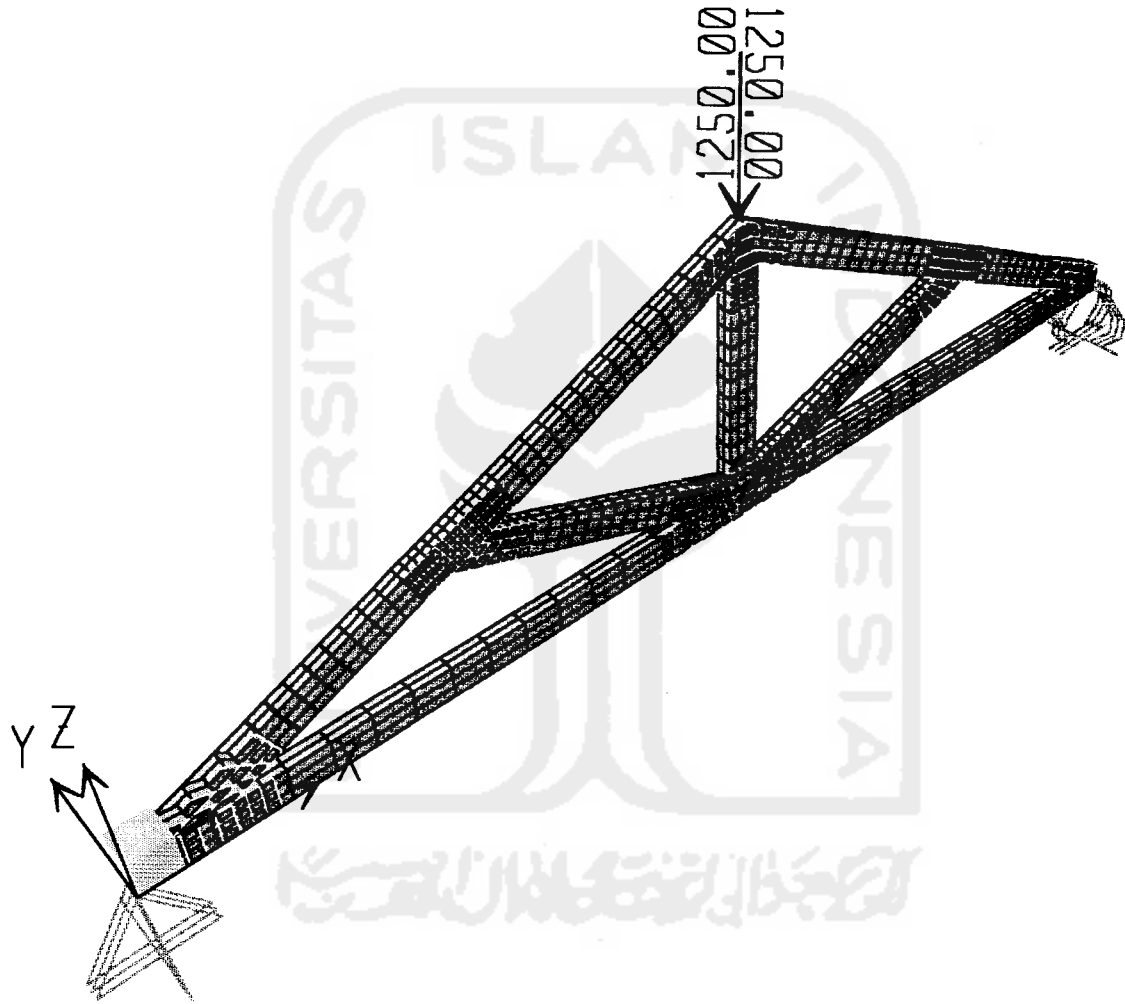


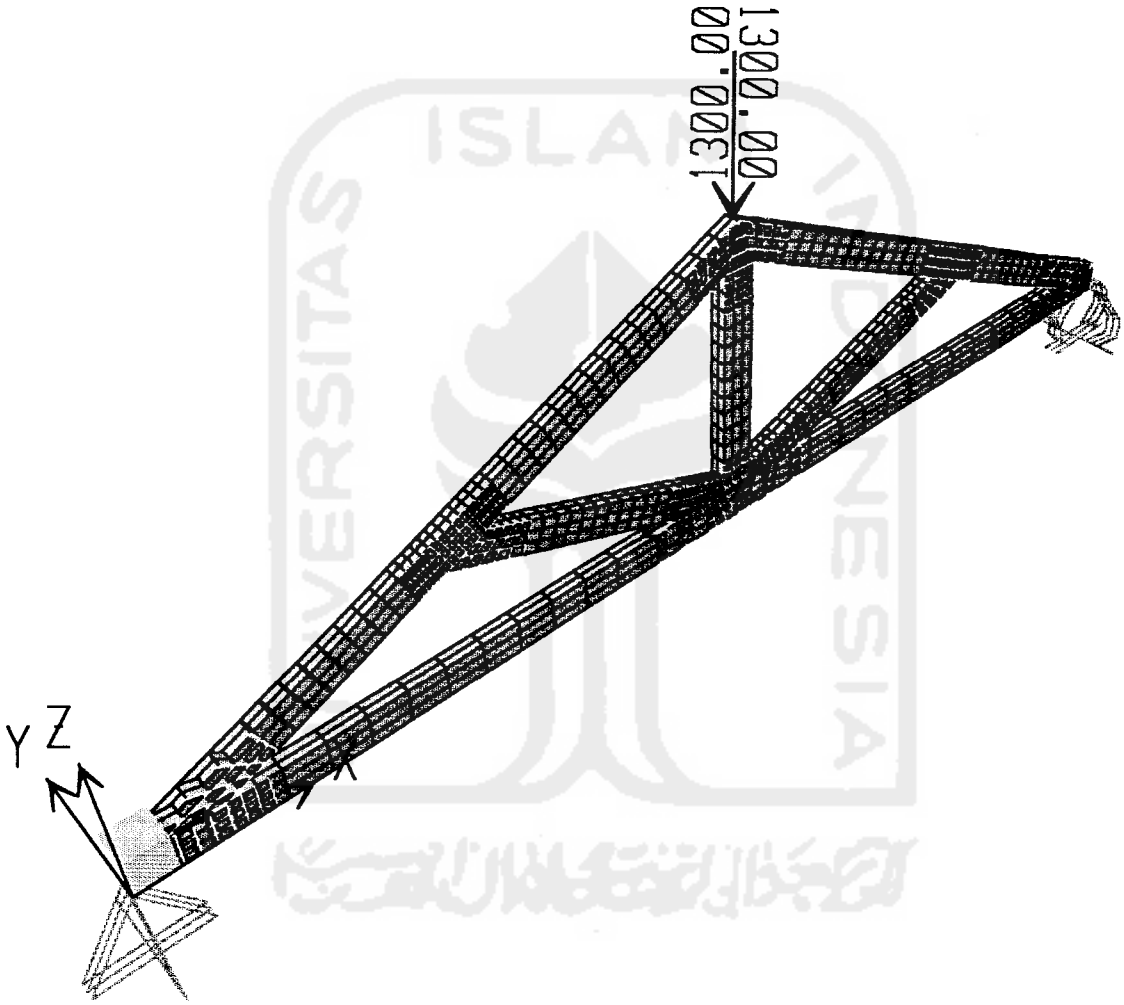


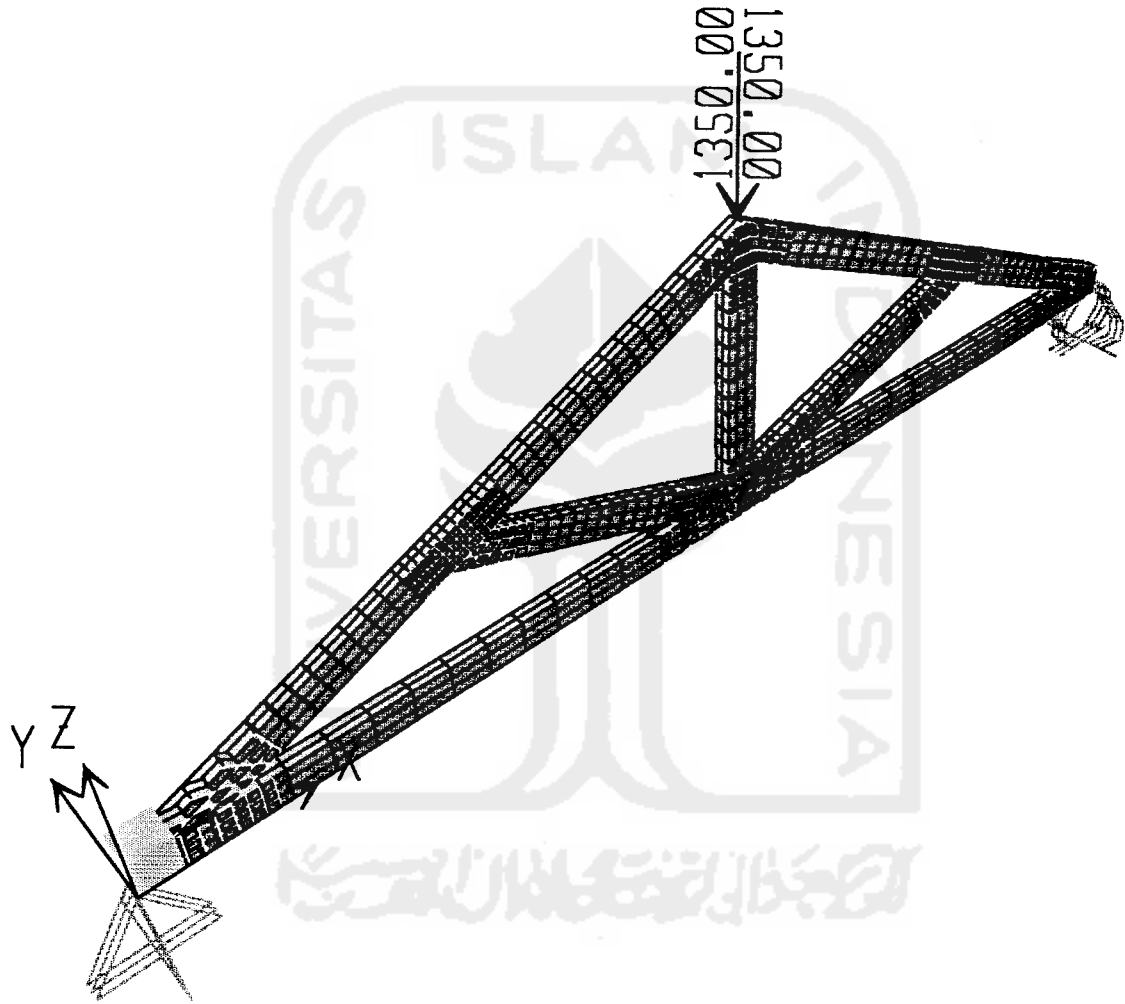


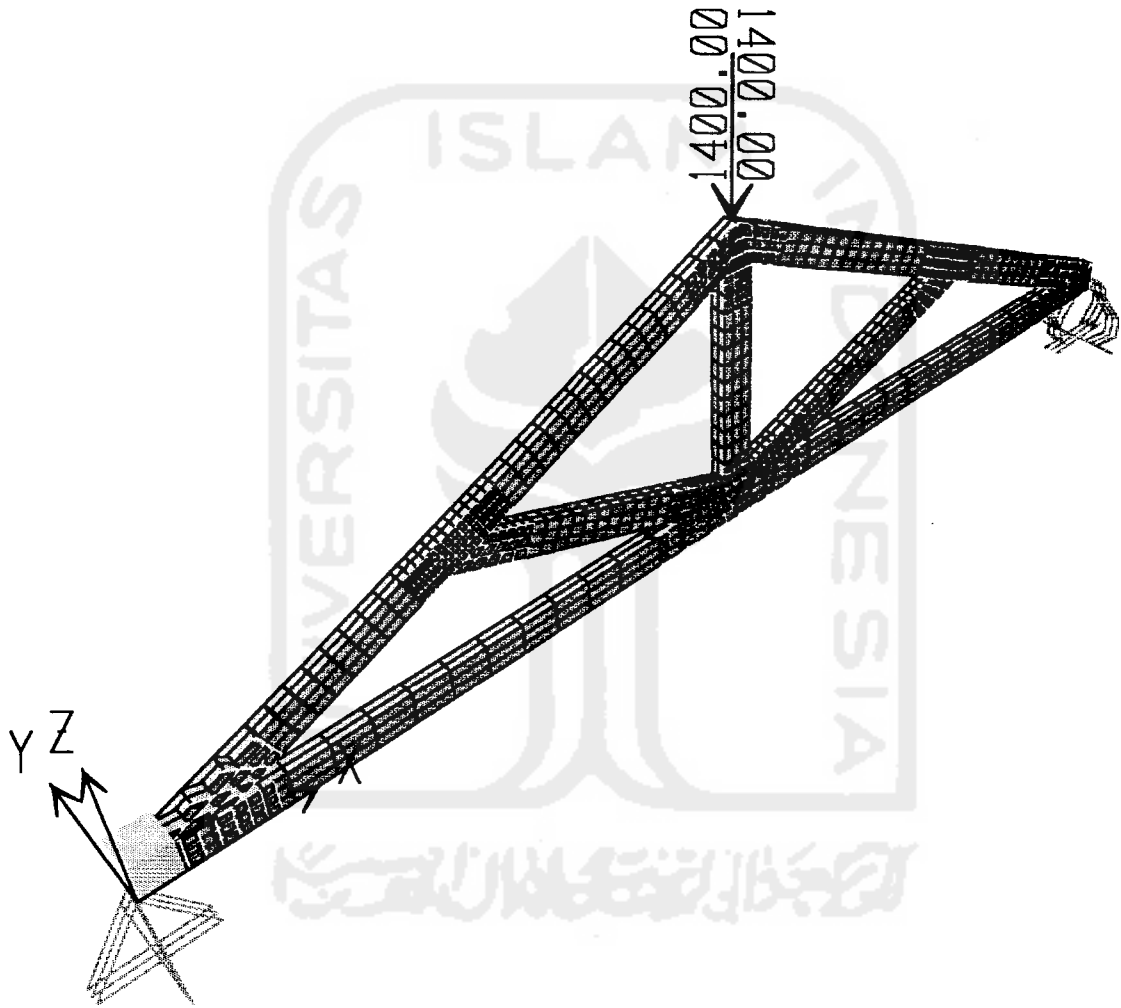


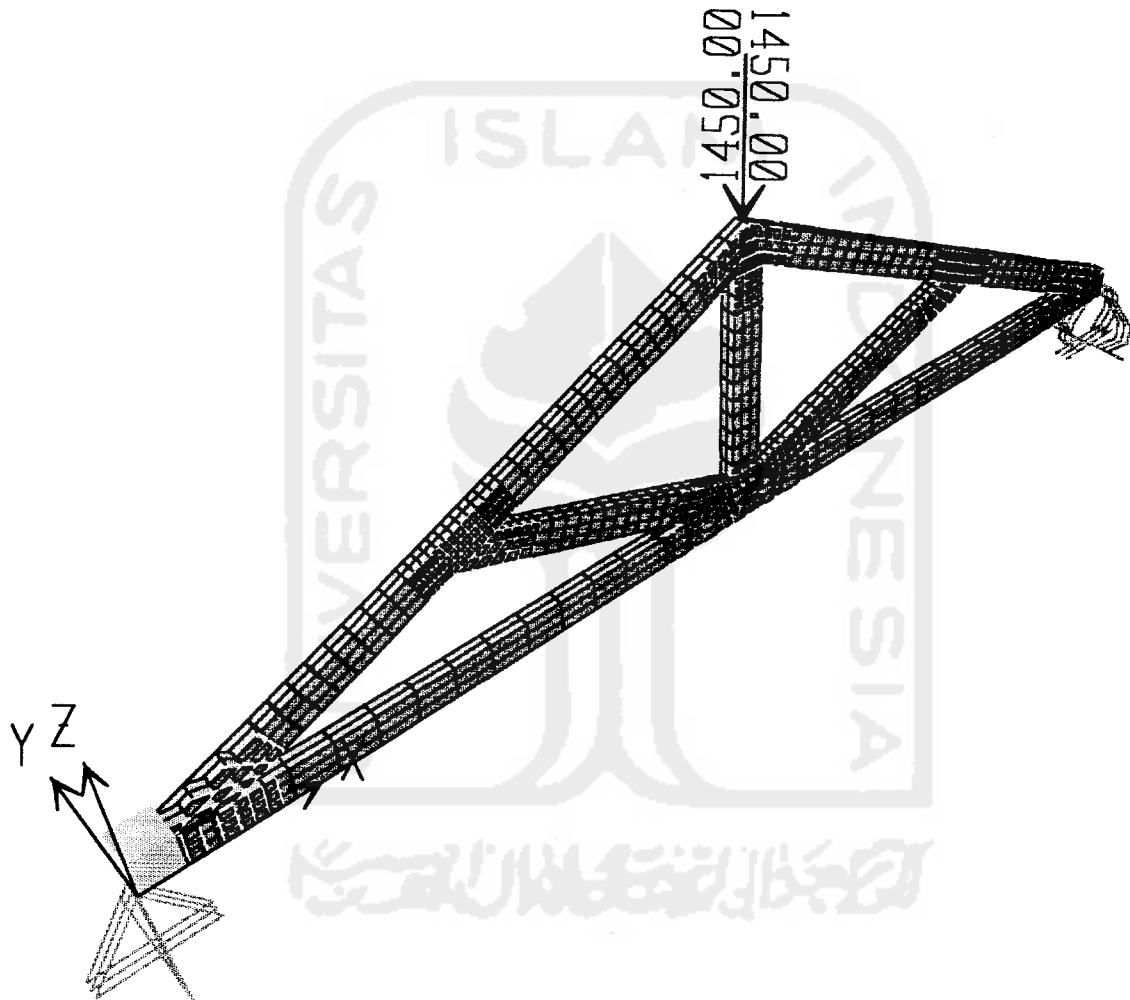


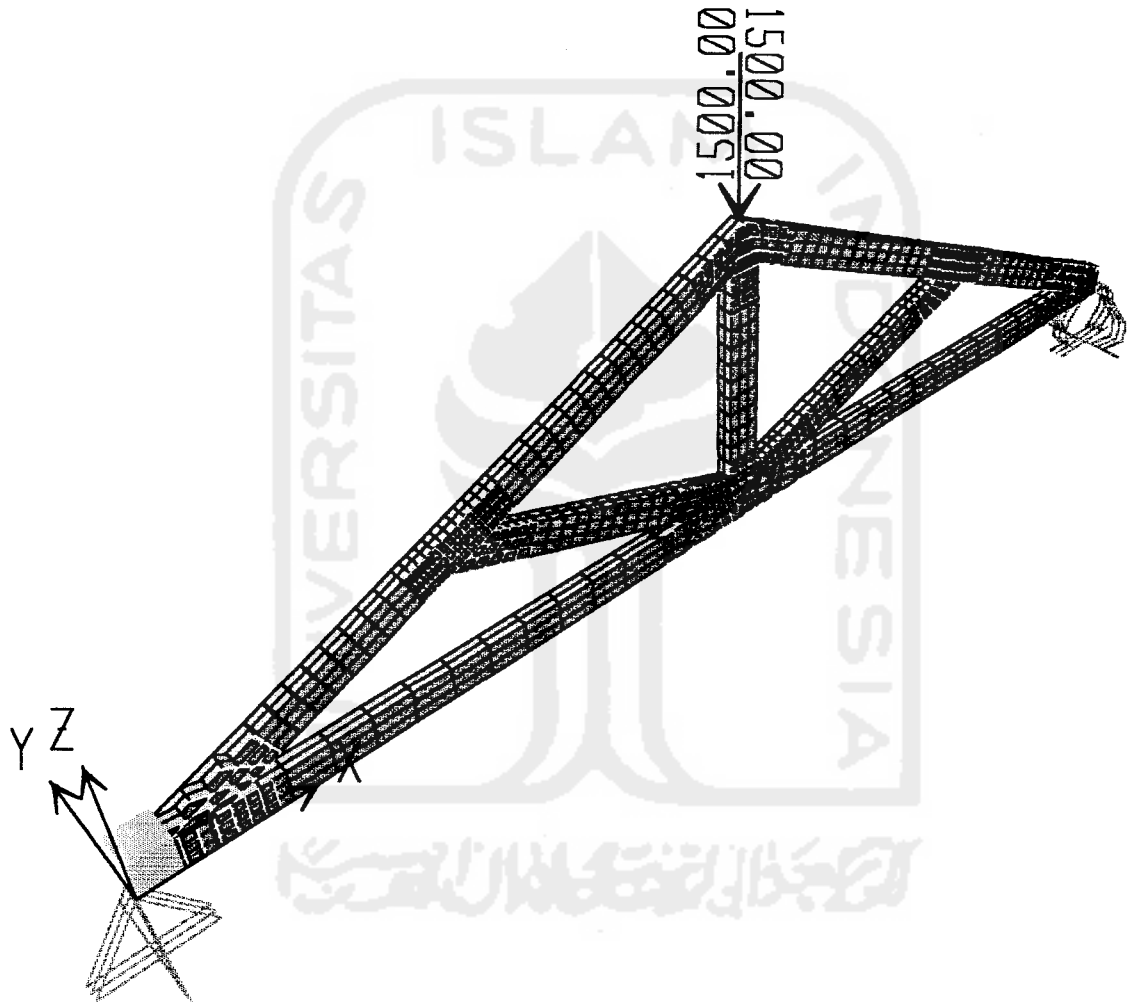


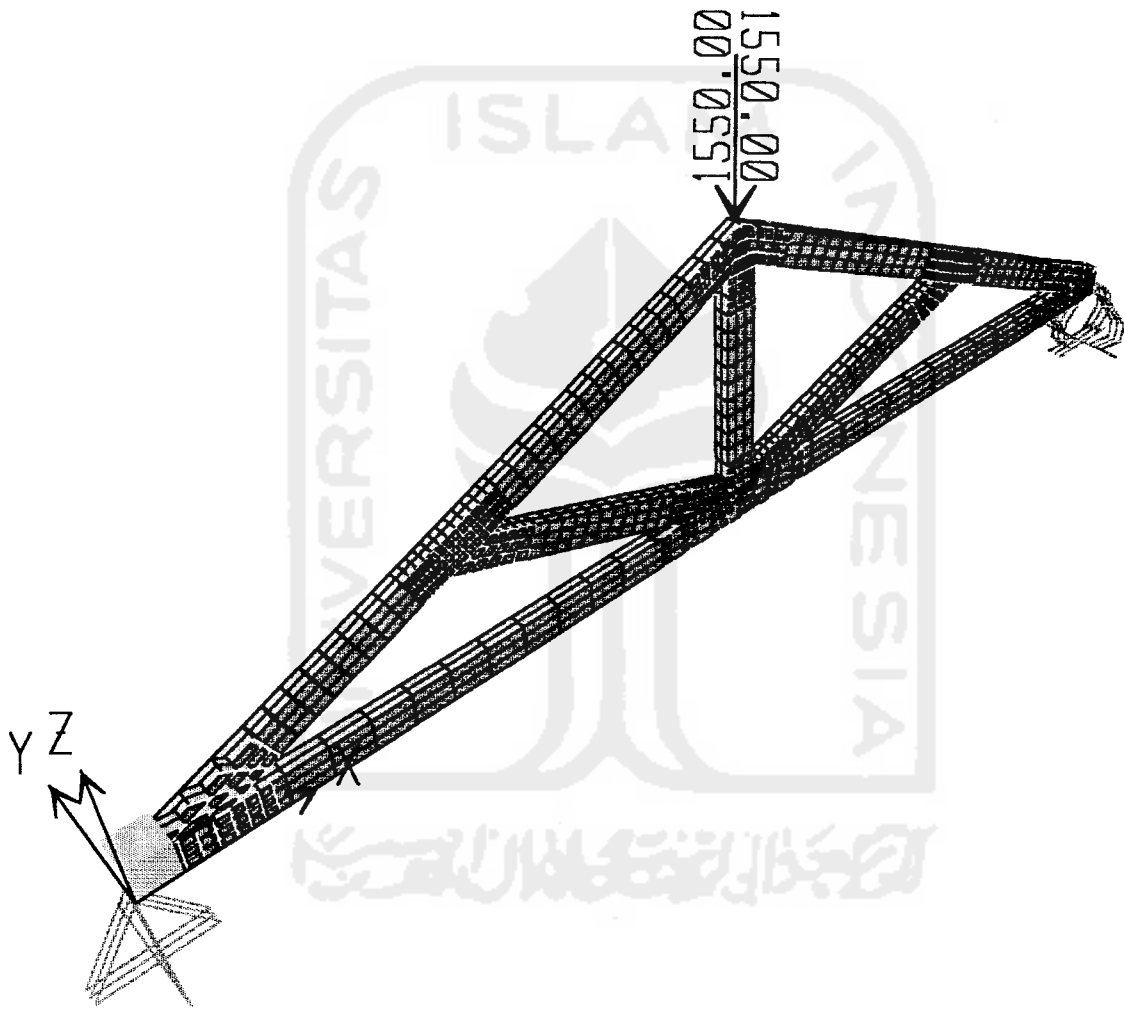


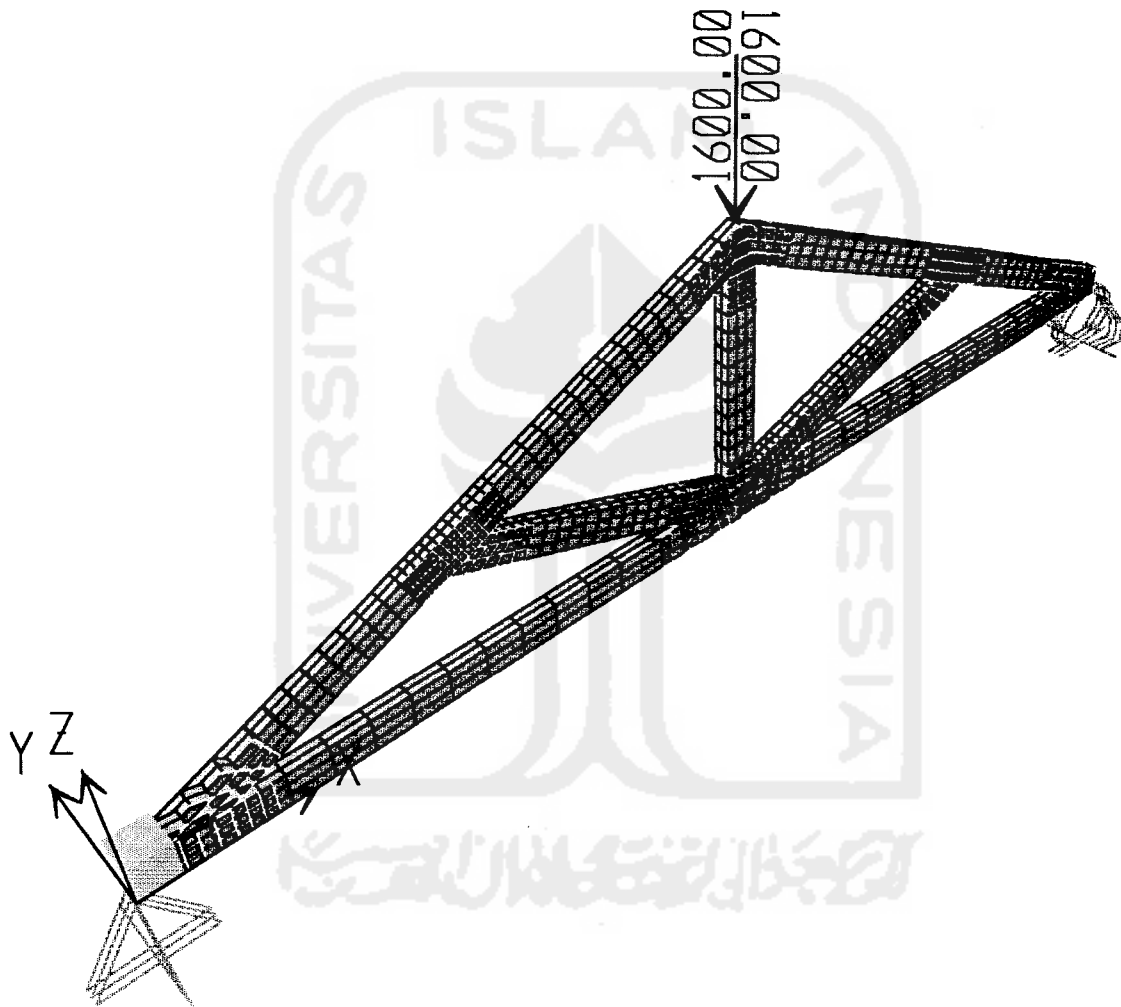


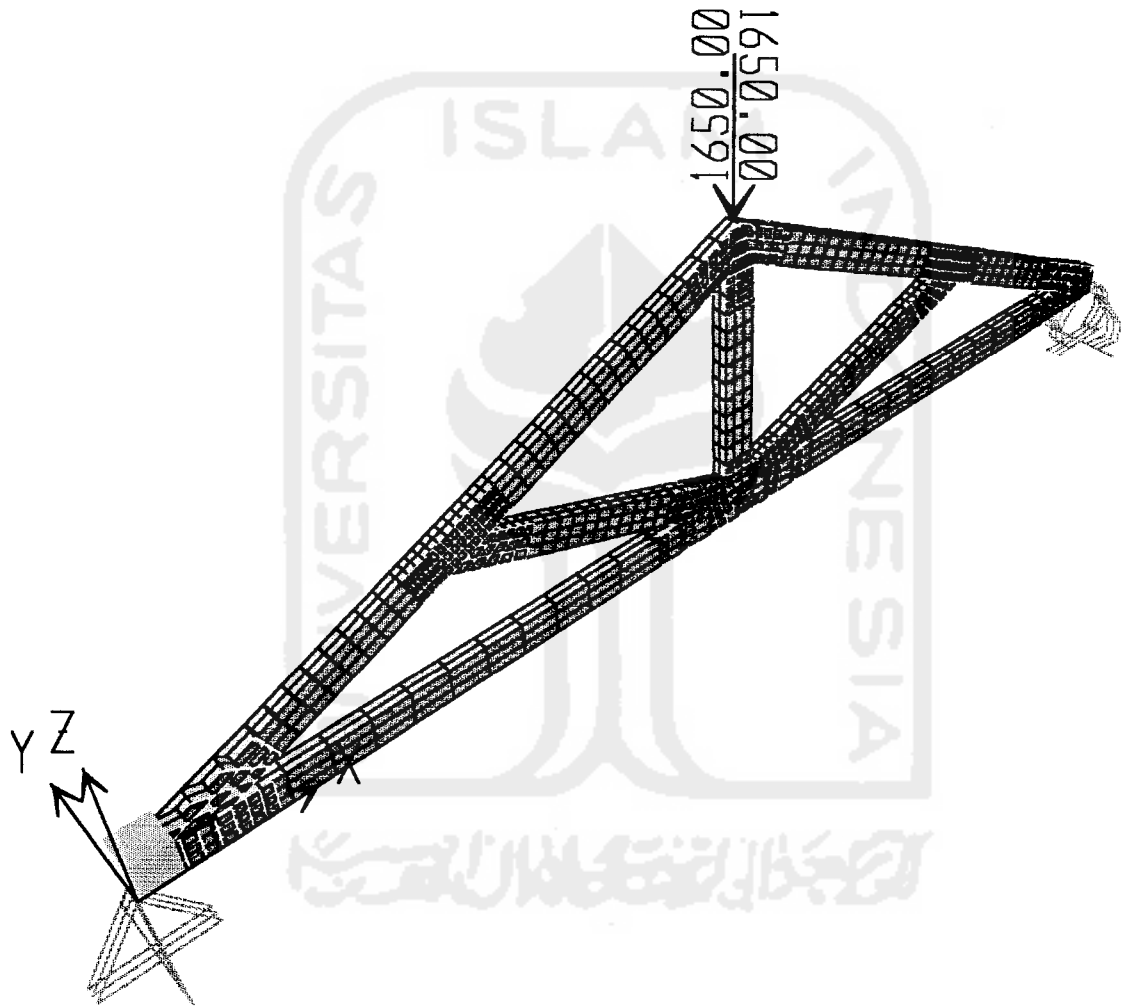


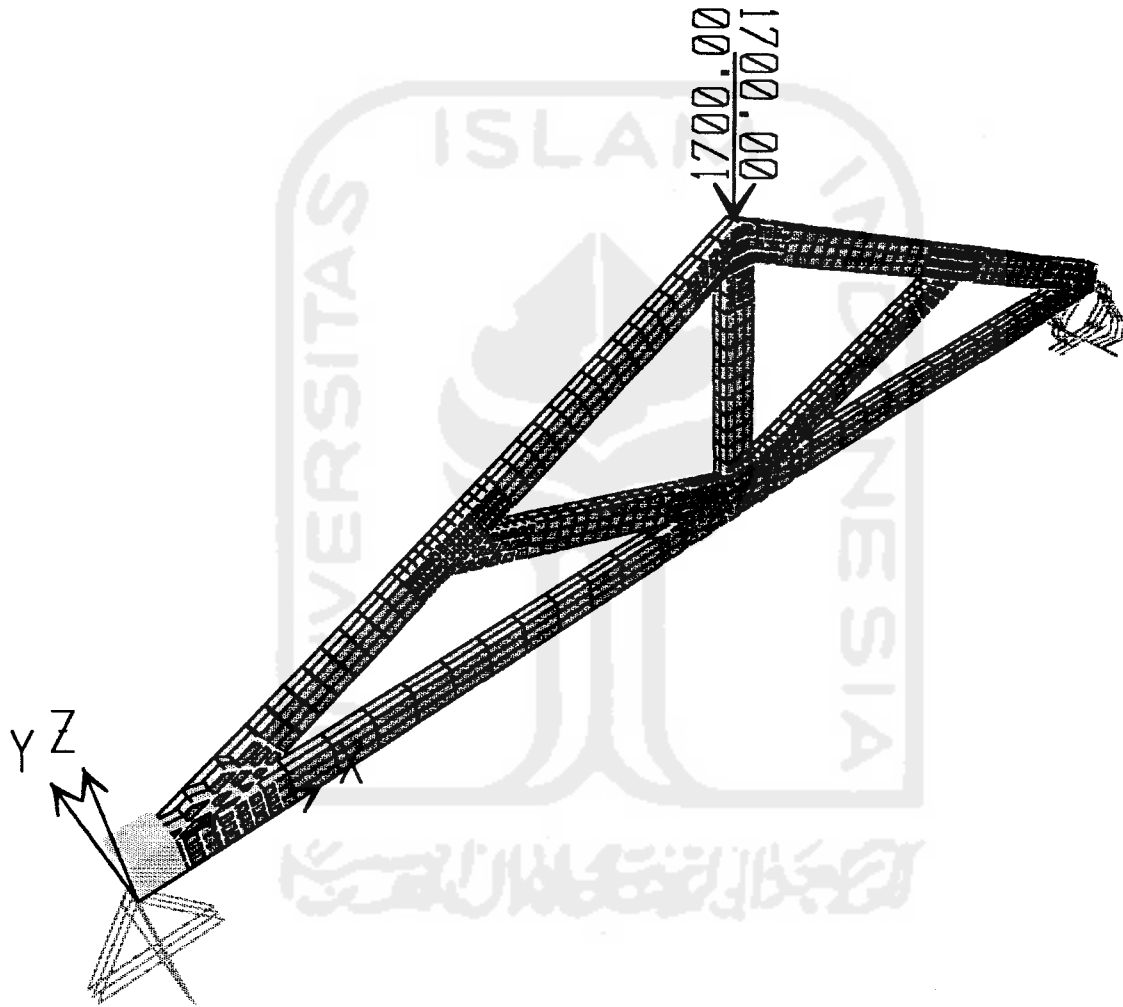


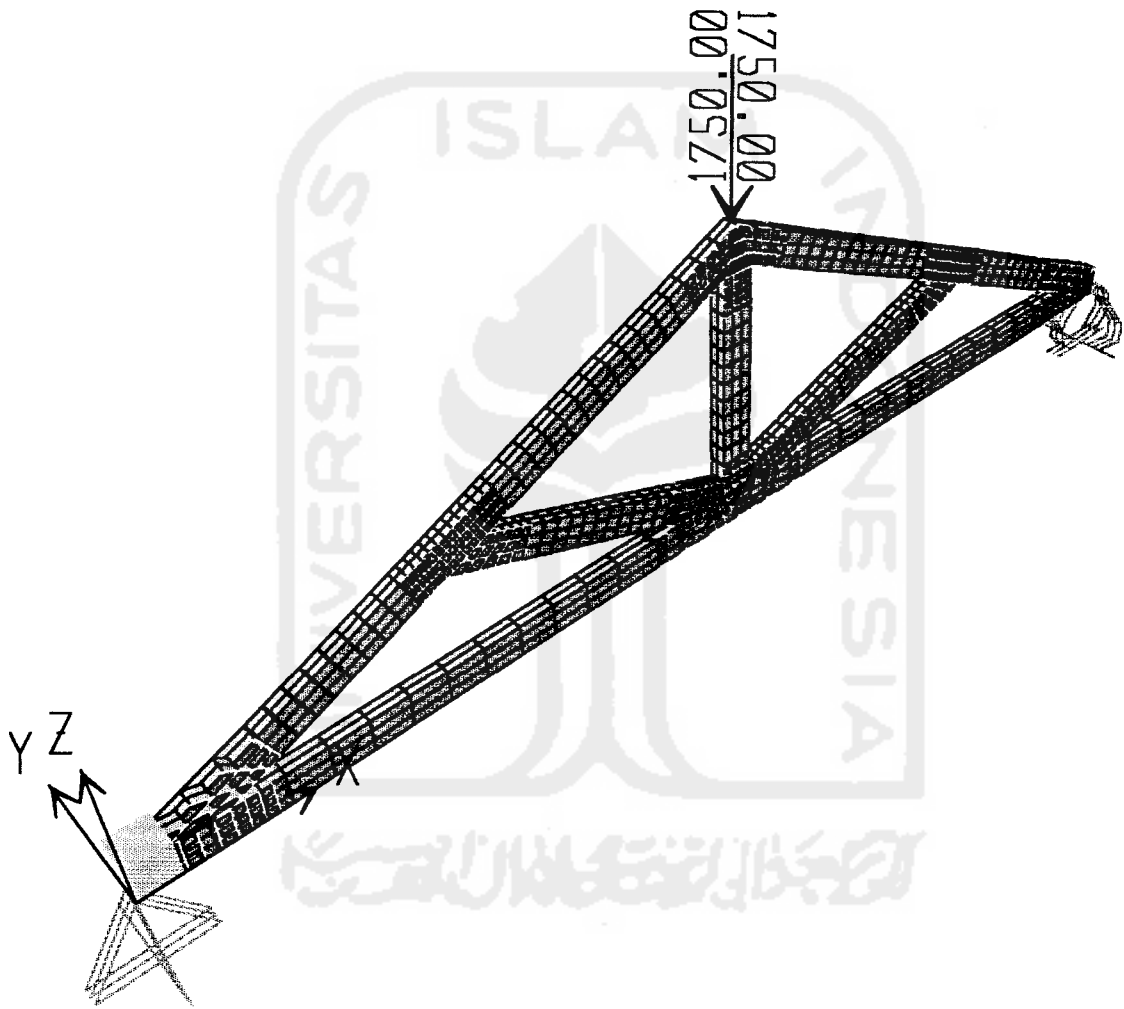


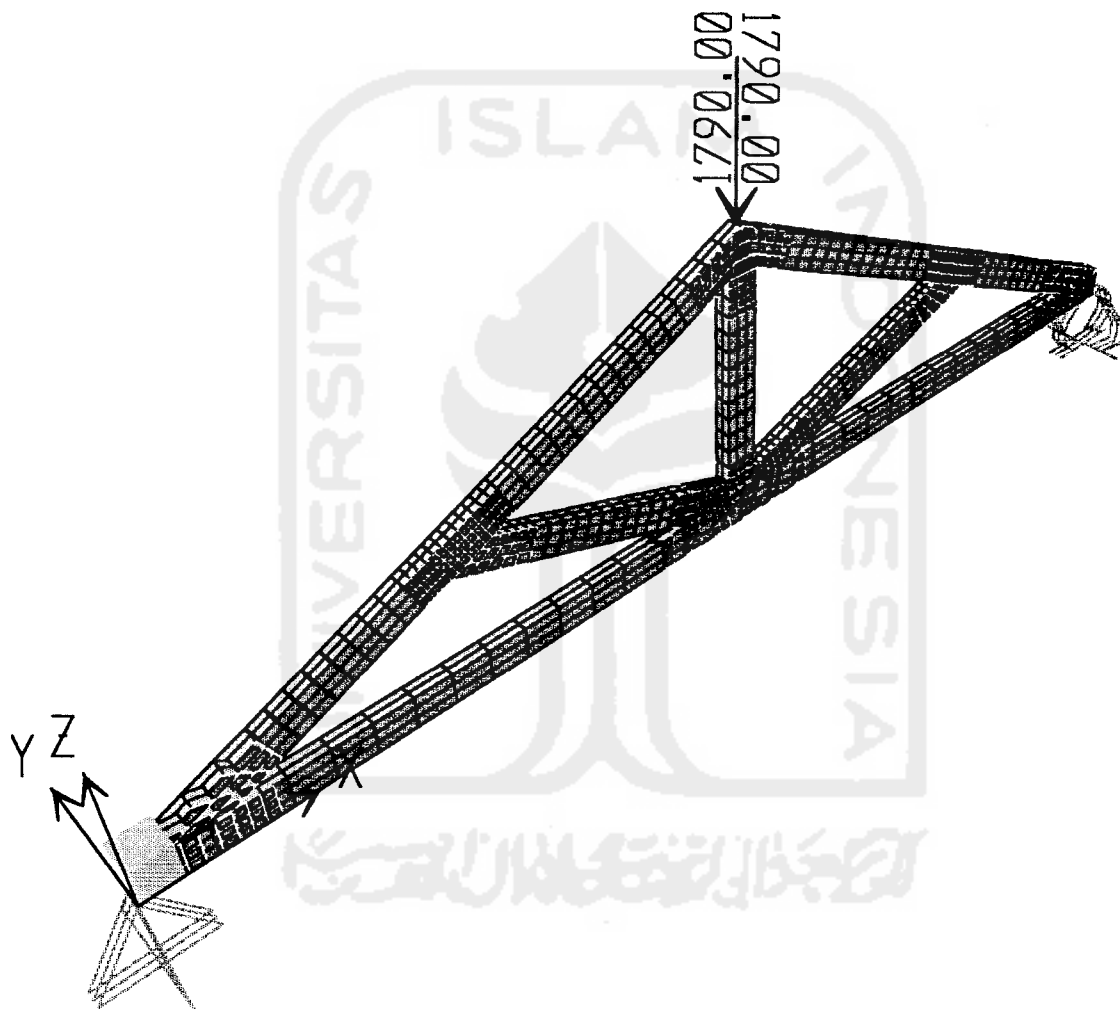












SAP2000 v8.0.8 1/22/04 3:46:00

Untuk tebal plat 2,0 mm dengan beban 100 kg

Table: Joint Displacements, Part 1 of 2

| Joint Text | OutputCase Text | CaseType Text | U1 m | U2 m | U3 m | R1 Radians | R2 Radians |
|------------|-----------------|---------------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|
| 770 | DEAD | LinStatic | 4.830E-06 | -0.000021 | -0.000039 | 0.000000 | 0.000000 |
| 865 | DEAD | LinStatic | 0.000010 | -0.000063 | -0.000050 | 0.000000 | 0.000000 |
| 5415 | DEAD | LinStatic | -0.000017 | 0.000107 | -0.000041 | 0.000000 | 0.000000 |

Table: Joint Displacements, Part 2 of 2

| Joint Text | OutputCase Text | R3 Radians |
|------------|-----------------|------------|
| 770 | DEAD | 0.000000 |
| 865 | DEAD | 0.000000 |
| 5415 | DEAD | 0.000000 |

SAP2000 v8.0.8 1/22/04 3:47:44

Untuk tebal plat 2,0 mm dengan beban 200 kg

Table: Joint Displacements, Part 1 of 2

| Joint Text | OutputCase Text | CaseType Text | U1 m | U2 m | U3 m | R1 Radians | R2 Radians |
|------------|-----------------|---------------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|
| 770 | DEAD | LinStatic | 9.661E-06 | -0.000041 | -0.000078 | 0.000000 | 0.000000 |
| 865 | DEAD | LinStatic | 0.000020 | -0.000126 | -0.000099 | 0.000000 | 0.000000 |
| 5415 | DEAD | LinStatic | -0.000033 | 0.000213 | -0.000082 | 0.000000 | 0.000000 |

Table: Joint Displacements, Part 2 of 2

| Joint Text | OutputCase Text | R3 Radians |
|------------|-----------------|------------|
| 770 | DEAD | 0.000000 |
| 865 | DEAD | 0.000000 |
| 5415 | DEAD | 0.000000 |

SAP2000 v8.0.8 1/22/04 3:49:43

Untuk tebal plat 2,0 mm dengan beban 300 kg

Table: Joint Displacements, Part 1 of 2

| Joint Text | OutputCase Text | CaseType Text | U1 m | U2 m | U3 m | R1 Radians | R2 Radians |
|------------|-----------------|---------------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|
| 770 | DEAD | LinStatic | 0.000014 | -0.000062 | -0.000118 | 0.000000 | 0.000000 |
| 865 | DEAD | LinStatic | 0.000030 | -0.000188 | -0.000149 | 0.000000 | 0.000000 |
| 5415 | DEAD | LinStatic | -0.000050 | 0.000320 | -0.000124 | 0.000000 | 0.000000 |

Table: Joint Displacements, Part 2 of 2

| Joint Text | OutputCase Text | R3 Radians |
|------------|-----------------|------------|
| 770 | DEAD | 0.000000 |
| 865 | DEAD | 0.000000 |
| 5415 | DEAD | 0.000000 |

SAP2000 v8.0.8 1/22/04 3:51:30

Untuk tebal plat 2,0 mm dengan beban 400 kg

Table: Joint Displacements, Part 1 of 2

| Joint Text | OutputCase Text | CaseType Text | U1 m | U2 m | U3 m | R1 Radians | R2 Radians |
|------------|-----------------|---------------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|
| 770 | DEAD | LinStatic | 0.000019 | -0.000083 | -0.000157 | 0.000000 | 0.000000 |
| 865 | DEAD | LinStatic | 0.000041 | -0.000251 | -0.000199 | 0.000000 | 0.000000 |
| 5415 | DEAD | LinStatic | -0.000067 | 0.000427 | -0.000165 | 0.000000 | 0.000000 |

Table: Joint Displacements, Part 2 of 2

| Joint Text | OutputCase Text | R3 Radians |
|------------|-----------------|------------|
| 770 | DEAD | 0.000000 |
| 865 | DEAD | 0.000000 |
| 5415 | DEAD | 0.000000 |

SAP2000 v8.0.8 1/22/04 3:53:27

Untuk tebal plat 2,0 mm dengan beban 500 kg

Table: Joint Displacements, Part 1 of 2

| Joint Text | OutputCase Text | CaseType Text | U1 m | U2 m | U3 m | R1 Radians | R2 Radians |
|------------|-----------------|---------------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|
| 770 | DEAD | LinStatic | 0.000024 | -0.000103 | -0.000196 | 0.000000 | 0.000000 |
| 865 | DEAD | LinStatic | 0.000051 | -0.000314 | -0.000249 | 0.000000 | 0.000000 |
| 5415 | DEAD | LinStatic | -0.000083 | 0.000533 | -0.000206 | 0.000000 | 0.000000 |

Table: Joint Displacements, Part 2 of 2

| Joint Text | OutputCase Text | R3 Radians |
|------------|-----------------|------------|
| 770 | DEAD | 0.000000 |
| 865 | DEAD | 0.000000 |
| 5415 | DEAD | 0.000000 |

SAP2000 v8.0.8 1/22/04 3:55:14

Untuk tebal plat 2,0 mm dengan beban 600 kg

Table: Joint Displacements, Part 1 of 2

| Joint Text | OutputCase Text | CaseType Text | U1 m | U2 m | U3 m | R1 Radians | R2 Radians |
|------------|-----------------|---------------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|
| 770 | DEAD | LinStatic | 0.000029 | -0.000124 | -0.000235 | 0.000000 | 0.000000 |
| 865 | DEAD | LinStatic | 0.000061 | -0.000377 | -0.000298 | 0.000000 | 0.000000 |
| 5415 | DEAD | LinStatic | -0.000100 | 0.000640 | -0.000247 | 0.000000 | 0.000000 |

Table: Joint Displacements, Part 2 of 2

| Joint Text | OutputCase Text | R3 Radians |
|------------|-----------------|------------|
| 770 | DEAD | 0.000000 |
| 865 | DEAD | 0.000000 |
| 5415 | DEAD | 0.000000 |

SAP2000 v8.0.8 1/22/04 3:56:49

Untuk tebal plat 2,0 mm dengan beban 700 kg

Table: Joint Displacements, Part 1 of 2

| Joint Text | OutputCase Text | CaseType Text | U1 m | U2 m | U3 m | R1 Radians | R2 Radians |
|------------|-----------------|---------------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|
| 770 | DEAD | LinStatic | 0.000034 | -0.000145 | -0.000275 | 0.000000 | 0.000000 |
| 865 | DEAD | LinStatic | 0.000071 | -0.000439 | -0.000348 | 0.000000 | 0.000000 |
| 5415 | DEAD | LinStatic | -0.000117 | 0.000746 | -0.000289 | 0.000000 | 0.000000 |

Table: Joint Displacements, Part 2 of 2

| Joint Text | OutputCase Text | R3 Radians |
|------------|-----------------|------------|
| 770 | DEAD | 0.000000 |
| 865 | DEAD | 0.000000 |
| 5415 | DEAD | 0.000000 |

SAP2000 v8.0.8 1/22/04 3:58:28

Untuk tebal plat 2,0 mm dengan beban 800 kg

Table: Joint Displacements, Part 1 of 2

| Joint Text | OutputCase Text | CaseType Text | U1 m | U2 m | U3 m | R1 Radians | R2 Radians |
|------------|-----------------|---------------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|
| 770 | DEAD | LinStatic | 0.000039 | -0.000165 | -0.000314 | 0.000000 | 0.000000 |
| 865 | DEAD | LinStatic | 0.000081 | -0.000502 | -0.000398 | 0.000000 | 0.000000 |
| 5415 | DEAD | LinStatic | -0.000133 | 0.000853 | -0.000330 | 0.000000 | 0.000000 |

Table: Joint Displacements, Part 2 of 2

| Joint Text | OutputCase Text | R3 Radians |
|------------|-----------------|------------|
| 770 | DEAD | 0.000000 |
| 865 | DEAD | 0.000000 |
| 5415 | DEAD | 0.000000 |

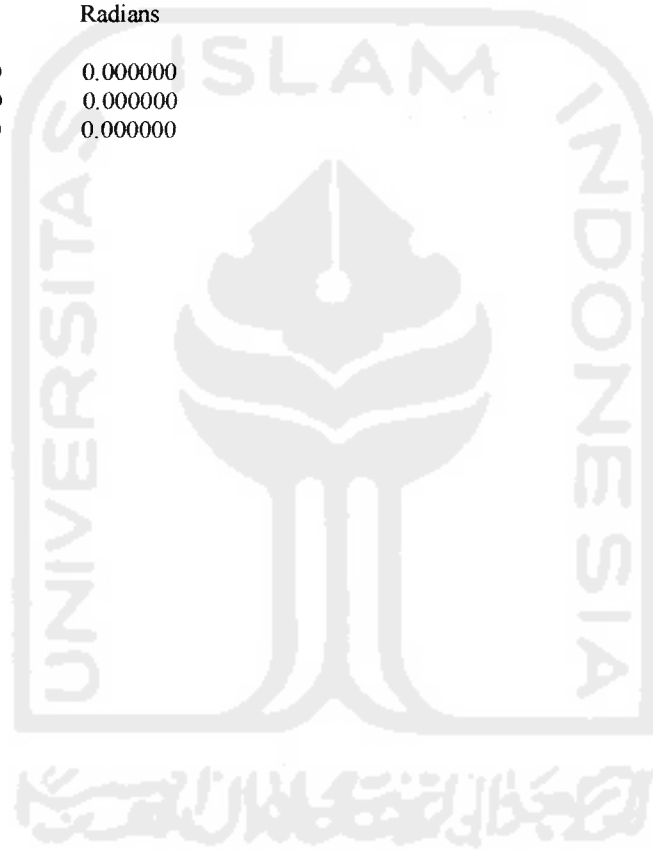
Untuk tebal plat 2,0 mm dengan beban 900 kg

Table: Joint Displacements, Part 1 of 2

| Joint Text | OutputCase Text | CaseType Text | U1 m | U2 m | U3 m | R1 Radians | R2 Radians |
|------------|-----------------|---------------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|
| 770 | DEAD | LinStatic | 0.000043 | -0.000186 | -0.000353 | 0.000000 | 0.000000 |
| 865 | DEAD | LinStatic | 0.000091 | -0.000565 | -0.000448 | 0.000000 | 0.000000 |
| 5415 | DEAD | LinStatic | -0.000150 | 0.000960 | -0.000371 | 0.000000 | 0.000000 |

Table: Joint Displacements, Part 2 of 2

| Joint Text | OutputCase Text | R3 Radians |
|------------|-----------------|------------|
| 770 | DEAD | 0.000000 |
| 865 | DEAD | 0.000000 |
| 5415 | DEAD | 0.000000 |



SAP2000 v8.0.8 1/22/04 3:06:58

Untuk tebal plat 2,8 mm dengan beban 100 kg

Table: Joint Displacements, Part 1 of 2

| Joint Text | OutputCase Text | CaseType Text | U1 m | U2 m | U3 m | R1 Radians | R2 Radians |
|------------|-----------------|---------------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|
| 770 | DEAD | LinStatic | 4.802E-06 | -0.000020 | -0.000037 | 0.000000 | 0.000000 |
| 865 | DEAD | LinStatic | 9.756E-06 | -0.000057 | -0.000046 | 0.000000 | 0.000000 |
| 5415 | DEAD | LinStatic | -0.000016 | 0.000093 | -0.000039 | 0.000000 | 0.000000 |

Table: Joint Displacements, Part 2 of 2

| Joint Text | OutputCase Text | R3 Radians |
|------------|-----------------|------------|
| 770 | DEAD | 0.000000 |
| 865 | DEAD | 0.000000 |
| 5415 | DEAD | 0.000000 |

SAP2000 v8.0.8 1/22/04 3:09:35

Untuk tebal plat 2,8 mm dengan beban 200 kg

Table: Joint Displacements, Part 1 of 2

| Joint Text | OutputCase Text | CaseType Text | U1 m | U2 m | U3 m | R1 Radians | R2 Radians |
|------------|-----------------|---------------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|
| 770 | DEAD | LinStatic | 9.604E-06 | -0.000040 | -0.000073 | 0.000000 | 0.000000 |
| 865 | DEAD | LinStatic | 0.000020 | -0.000115 | -0.000092 | 0.000000 | 0.000000 |
| 5415 | DEAD | LinStatic | -0.000031 | 0.000187 | -0.000077 | 0.000000 | 0.000000 |

Table: Joint Displacements, Part 2 of 2

| Joint Text | OutputCase Text | R3 Radians |
|------------|-----------------|------------|
| 770 | DEAD | 0.000000 |
| 865 | DEAD | 0.000000 |
| 5415 | DEAD | 0.000000 |

SAP2000 v8.0.8 1/22/04 3:11:44

Untuk tebal plat 2,8 mm dengan beban 300 kg

Table: Joint Displacements, Part 1 of 2

| Joint Text | OutputCase Text | CaseType Text | U1 m | U2 m | U3 m | R1 Radians | R2 Radians |
|------------|-----------------|---------------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|
| 770 | DEAD | LinStatic | 0.000014 | -0.000060 | -0.000110 | 0.000000 | 0.000000 |
| 865 | DEAD | LinStatic | 0.000029 | -0.000172 | -0.000138 | 0.000000 | 0.000000 |
| 5415 | DEAD | LinStatic | -0.000047 | 0.000280 | -0.000116 | 0.000000 | 0.000000 |

Table: Joint Displacements, Part 2 of 2

| Joint Text | OutputCase Text | R3 Radians |
|------------|-----------------|------------|
| 770 | DEAD | 0.000000 |
| 865 | DEAD | 0.000000 |
| 5415 | DEAD | 0.000000 |

SAP2000 v8.0.8 1/22/04 3:13:48

Untuk tebal plat 2,8 mm dengan beban 400 kg

Table: Joint Displacements, Part 1 of 2

| Joint Text | OutputCase Text | CaseType Text | U1 m | U2 m | U3 m | R1 Radians | R2 Radians |
|------------|-----------------|---------------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|
| 770 | DEAD | LinStatic | 0.000019 | -0.000080 | -0.000147 | 0.000000 | 0.000000 |
| 865 | DEAD | LinStatic | 0.000039 | -0.000230 | -0.000184 | 0.000000 | 0.000000 |
| 5415 | DEAD | LinStatic | -0.000063 | 0.000373 | -0.000154 | 0.000000 | 0.000000 |

Table: Joint Displacements, Part 2 of 2

| Joint Text | OutputCase Text | R3 Radians |
|------------|-----------------|------------|
| 770 | DEAD | 0.000000 |
| 865 | DEAD | 0.000000 |
| 5415 | DEAD | 0.000000 |

SAP2000 v8.0.8 1/22/04 3:15:58

Untuk tebal plat 2,8 mm dengan beban 500 kg

Table: Joint Displacements, Part 1 of 2

| Joint Text | OutputCase Text | CaseType Text | U1 m | U2 m | U3 m | R1 Radians | R2 Radians |
|------------|-----------------|---------------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|
| 770 | DEAD | LinStatic | 0.000024 | -0.000100 | -0.000183 | 0.000000 | 0.000000 |
| 865 | DEAD | LinStatic | 0.000049 | -0.000287 | -0.000230 | 0.000000 | 0.000000 |
| 5415 | DEAD | LinStatic | -0.000078 | 0.000466 | -0.000193 | 0.000000 | 0.000000 |

Table: Joint Displacements, Part 2 of 2

| Joint Text | OutputCase Text | R3 Radians |
|------------|-----------------|------------|
| 770 | DEAD | 0.000000 |
| 865 | DEAD | 0.000000 |
| 5415 | DEAD | 0.000000 |

SAP2000 v8.0.8 1/22/04 3:18:34

Untuk tebal plat 2,8 mm dengan beban 600 kg

Table: Joint Displacements, Part 1 of 2

| Joint Text | OutputCase Text | CaseType Text | U1 m | U2 m | U3 m | R1 Radians | R2 Radians |
|------------|-----------------|---------------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|
| 770 | DEAD | LinStatic | 0.000029 | -0.000120 | -0.000220 | 0.000000 | 0.000000 |
| 865 | DEAD | LinStatic | 0.000059 | -0.000344 | -0.000276 | 0.000000 | 0.000000 |
| 5415 | DEAD | LinStatic | -0.000094 | 0.000560 | -0.000231 | 0.000000 | 0.000000 |

Table: Joint Displacements, Part 2 of 2

| Joint Text | OutputCase Text | R3 Radians |
|------------|-----------------|------------|
| 770 | DEAD | 0.000000 |
| 865 | DEAD | 0.000000 |
| 5415 | DEAD | 0.000000 |

SAP2000 v8.0.8 1/22/04 3:20:25

Untuk tebal plat 2,8 mm dengan beban 700 kg

Table: Joint Displacements, Part 1 of 2

| Joint Text | OutputCase Text | CaseType Text | U1 m | U2 m | U3 m | R1 Radians | R2 Radians |
|------------|-----------------|---------------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|
| 770 | DEAD | LinStatic | 0.000034 | -0.000140 | -0.000257 | 0.000000 | 0.000000 |
| 865 | DEAD | LinStatic | 0.000068 | -0.000402 | -0.000322 | 0.000000 | 0.000000 |
| 5415 | DEAD | LinStatic | -0.000110 | 0.000653 | -0.000270 | 0.000000 | 0.000000 |

Table: Joint Displacements, Part 2 of 2

| Joint Text | OutputCase Text | R3 Radians |
|------------|-----------------|------------|
| 770 | DEAD | 0.000000 |
| 865 | DEAD | 0.000000 |
| 5415 | DEAD | 0.000000 |

SAP2000 v8.0.8 1/22/04 3:22:22

Untuk tebal plat 2,8 mm dengan beban 800 kg

Table: Joint Displacements, Part 1 of 2

| Joint Text | OutputCase Text | CaseType Text | U1 m | U2 m | U3 m | R1 Radians | R2 Radians |
|------------|-----------------|---------------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|
| 770 | DEAD | LinStatic | 0.000038 | -0.000160 | -0.000293 | 0.000000 | 0.000000 |
| 865 | DEAD | LinStatic | 0.000078 | -0.000459 | -0.000368 | 0.000000 | 0.000000 |
| 5415 | DEAD | LinStatic | -0.000125 | 0.000746 | -0.000308 | 0.000000 | 0.000000 |

Table: Joint Displacements, Part 2 of 2

| Joint Text | OutputCase Text | R3 Radians |
|------------|-----------------|------------|
| 770 | DEAD | 0.000000 |
| 865 | DEAD | 0.000000 |
| 5415 | DEAD | 0.000000 |

SAP2000 v8.0.8 1/22/04 3:24:22

Untuk tebal plat 2,8 mm dengan beban 900 kg

Table: Joint Displacements, Part 1 of 2

| Joint Text | OutputCase Text | CaseType Text | U1 m | U2 m | U3 m | R1 Radians | R2 Radians |
|------------|-----------------|---------------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|
| 770 | DEAD | LinStatic | 0.000043 | -0.000180 | -0.000330 | 0.000000 | 0.000000 |
| 865 | DEAD | LinStatic | 0.000088 | -0.000517 | -0.000414 | 0.000000 | 0.000000 |
| 5415 | DEAD | LinStatic | -0.000141 | 0.000839 | -0.000347 | 0.000000 | 0.000000 |

Table: Joint Displacements, Part 2 of 2

| Joint Text | OutputCase Text | R3 Radians |
|------------|-----------------|------------|
| 770 | DEAD | 0.000000 |
| 865 | DEAD | 0.000000 |
| 5415 | DEAD | 0.000000 |

SAP2000 v8.0.8 1/22/04 3:26:26

Untuk tebal plat 2,8 mm dengan beban 1000 kg

Table: Joint Displacements, Part 1 of 2

| Joint Text | OutputCase Text | CaseType Text | U1 m | U2 m | U3 m | R1 Radians | R2 Radians |
|------------|-----------------|---------------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|
| 770 | DEAD | LinStatic | 0.000048 | -0.000200 | -0.000367 | 0.000000 | 0.000000 |
| 865 | DEAD | LinStatic | 0.000098 | -0.000574 | -0.000460 | 0.000000 | 0.000000 |
| 5415 | DEAD | LinStatic | -0.000157 | 0.000933 | -0.000385 | 0.000000 | 0.000000 |

Table: Joint Displacements, Part 2 of 2

| Joint Text | OutputCase Text | R3 Radians |
|------------|-----------------|------------|
| 770 | DEAD | 0.000000 |
| 865 | DEAD | 0.000000 |
| 5415 | DEAD | 0.000000 |

SAP2000 v8.0.8 1/22/04 3:28:21

Untuk tebal plat 2,8 mm dengan beban 1100 kg

Table: Joint Displacements, Part 1 of 2

| Joint Text | OutputCase Text | CaseType Text | U1 m | U2 m | U3 m | R1 Radians | R2 Radians |
|------------|-----------------|---------------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|
| 770 | DEAD | LinStatic | 0.000053 | -0.000220 | -0.000403 | 0.000000 | 0.000000 |
| 865 | DEAD | LinStatic | 0.000107 | -0.000631 | -0.000506 | 0.000000 | 0.000000 |
| 5415 | DEAD | LinStatic | -0.000172 | 0.001026 | -0.000424 | 0.000000 | 0.000000 |

Table: Joint Displacements, Part 2 of 2

| Joint Text | OutputCase Text | R3 Radians |
|------------|-----------------|------------|
| 770 | DEAD | 0.000000 |
| 865 | DEAD | 0.000000 |
| 5415 | DEAD | 0.000000 |

SAP2000 v8.0.8 1/22/04 3:30:10

Untuk tebal plat 2,8 mm dengan beban 1200 kg

Table: Joint Displacements, Part 1 of 2

| Joint Text | OutputCase Text | CaseType Text | U1 m | U2 m | U3 m | R1 Radians | R2 Radians |
|------------|-----------------|---------------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|
| 770 | DEAD | LinStatic | 0.000058 | -0.000240 | -0.000440 | 0.000000 | 0.000000 |
| 865 | DEAD | LinStatic | 0.000117 | -0.000689 | -0.000552 | 0.000000 | 0.000000 |
| 5415 | DEAD | LinStatic | -0.000188 | 0.001119 | -0.000462 | 0.000000 | 0.000000 |

Table: Joint Displacements, Part 2 of 2

| Joint Text | OutputCase Text | R3 Radians |
|------------|-----------------|------------|
| 770 | DEAD | 0.000000 |
| 865 | DEAD | 0.000000 |
| 5415 | DEAD | 0.000000 |

SAP2000 v8.0.8 1/22/04 3:32:23

Untuk tebal plat 2,8 mm dengan beban 1300 kg

Table: Joint Displacements, Part 1 of 2

| Joint Text | OutputCase Text | CaseType Text | U1 m | U2 m | U3 m | R1 Radians | R2 Radians |
|------------|-----------------|---------------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|
| 770 | DEAD | LinStatic | 0.000062 | -0.000260 | -0.000477 | 0.000000 | 0.000000 |
| 865 | DEAD | LinStatic | 0.000127 | -0.000746 | -0.000598 | 0.000000 | 0.000000 |
| 5415 | DEAD | LinStatic | -0.000203 | 0.001212 | -0.000501 | 0.000000 | 0.000000 |

Table: Joint Displacements, Part 2 of 2

| Joint Text | OutputCase Text | R3 Radians |
|------------|-----------------|------------|
| 770 | DEAD | 0.000000 |
| 865 | DEAD | 0.000000 |
| 5415 | DEAD | 0.000000 |

SAP2000 v8.0.8 1/22/04 3:34:22

Untuk tebal plat 2,8 mm dengan beban 1400 kg

Table: Joint Displacements, Part 1 of 2

| Joint Text | OutputCase Text | CaseType Text | U1 m | U2 m | U3 m | R1 Radians | R2 Radians |
|------------|-----------------|---------------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|
| 770 | DEAD | LinStatic | 0.000067 | -0.000280 | -0.000513 | 0.000000 | 0.000000 |
| 865 | DEAD | LinStatic | 0.000137 | -0.000804 | -0.000644 | 0.000000 | 0.000000 |
| 5415 | DEAD | LinStatic | -0.000219 | 0.001306 | -0.000539 | 0.000000 | 0.000000 |

Table: Joint Displacements, Part 2 of 2

| Joint Text | OutputCase Text | R3 Radians |
|------------|-----------------|------------|
| 770 | DEAD | 0.000000 |
| 865 | DEAD | 0.000000 |
| 5415 | DEAD | 0.000000 |

SAP2000 v8.0.8 1/22/04 3:36:20

Untuk tebal plat 2,8 mm dengan beban 1500 kg

Table: Joint Displacements, Part 1 of 2

| Joint Text | OutputCase Text | CaseType Text | U1 m | U2 m | U3 m | R1 Radians | R2 Radians |
|------------|-----------------|---------------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|
| 770 | DEAD | LinStatic | 0.000072 | -0.000300 | -0.000550 | 0.000000 | 0.000000 |
| 865 | DEAD | LinStatic | 0.000146 | -0.000861 | -0.000690 | 0.000000 | 0.000000 |
| 5415 | DEAD | LinStatic | -0.000235 | 0.001399 | -0.000578 | 0.000000 | 0.000000 |

Table: Joint Displacements, Part 2 of 2

| Joint Text | OutputCase Text | R3 Radians |
|------------|-----------------|------------|
| 770 | DEAD | 0.000000 |
| 865 | DEAD | 0.000000 |
| 5415 | DEAD | 0.000000 |

SAP2000 v8.0.8 1/22/04 3:38:32

Untuk tebal plat 2,8 mm dengan beban 1600 kg

Table: Joint Displacements, Part 1 of 2

| Joint Text | OutputCase Text | CaseType Text | U1 m | U2 m | U3 m | R1 Radians | R2 Radians |
|------------|-----------------|---------------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|
| 770 | DEAD | LinStatic | 0.000077 | -0.000320 | -0.000586 | 0.000000 | 0.000000 |
| 865 | DEAD | LinStatic | 0.000156 | -0.000918 | -0.000736 | 0.000000 | 0.000000 |
| 5415 | DEAD | LinStatic | -0.000250 | 0.001492 | -0.000616 | 0.000000 | 0.000000 |

Table: Joint Displacements, Part 2 of 2

| Joint Text | OutputCase Text | R3 Radians |
|------------|-----------------|------------|
| 770 | DEAD | 0.000000 |
| 865 | DEAD | 0.000000 |
| 5415 | DEAD | 0.000000 |

SAP2000 v8.0.8 1/22/04 3:40:33

Untuk tebal plat 2,8 mm dengan beban 1700 kg

Table: Joint Displacements, Part 1 of 2

| Joint Text | OutputCase Text | CaseType Text | U1 m | U2 m | U3 m | R1 Radians | R2 Radians |
|------------|-----------------|---------------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|
| 770 | DEAD | LinStatic | 0.000082 | -0.000340 | -0.000623 | 0.000000 | 0.000000 |
| 865 | DEAD | LinStatic | 0.000166 | -0.000976 | -0.000782 | 0.000000 | 0.000000 |
| 5415 | DEAD | LinStatic | -0.000266 | 0.001585 | -0.000655 | 0.000000 | 0.000000 |

Table: Joint Displacements, Part 2 of 2

| Joint Text | OutputCase Text | R3 Radians |
|------------|-----------------|------------|
| 770 | DEAD | 0.000000 |
| 865 | DEAD | 0.000000 |
| 5415 | DEAD | 0.000000 |

SAP2000 v8.0.8 1/22/04 3:42:30

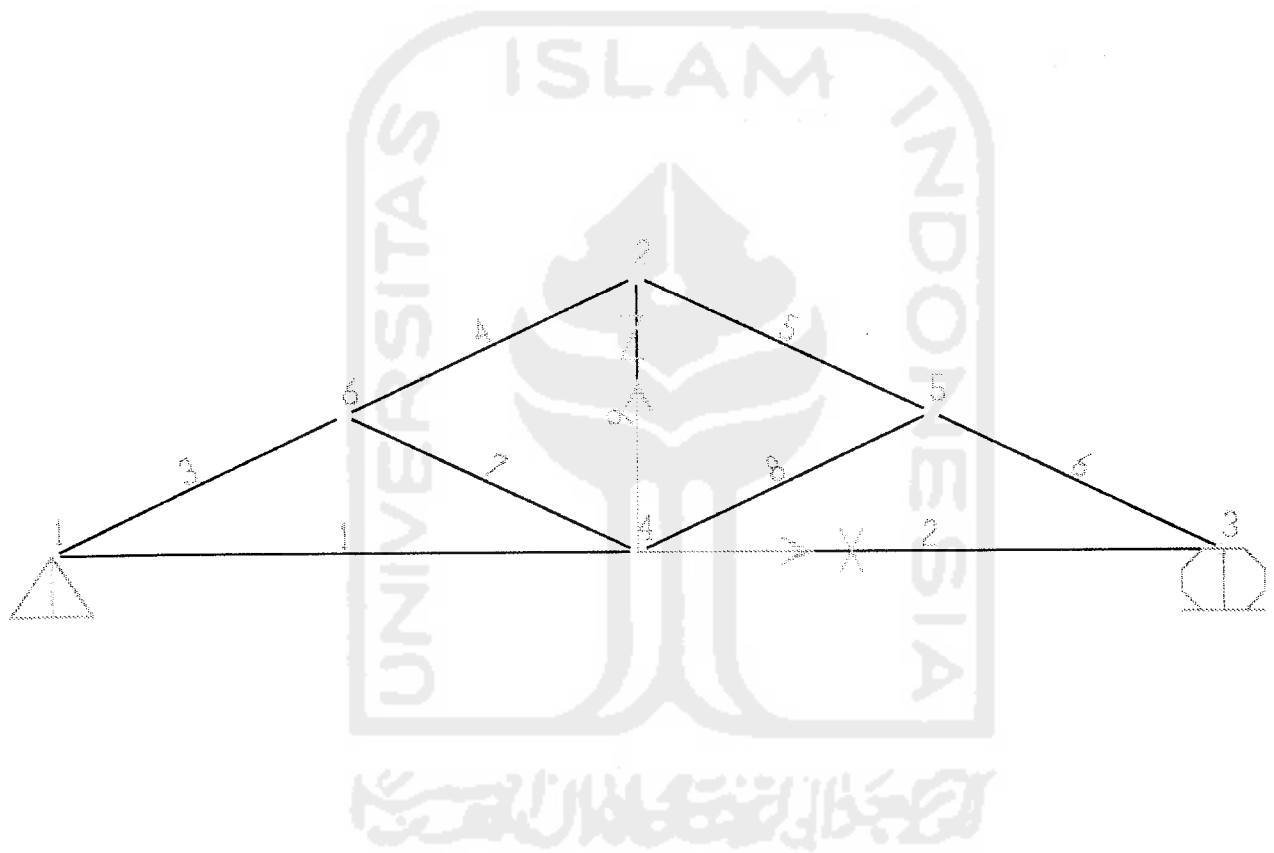
Untuk tebal plat 2,8 mm dengan beban 1790 kg

Table: Joint Displacements, Part 1 of 2

| Joint Text | OutputCase Text | CaseType Text | U1 m | U2 m | U3 m | R1 Radians | R2 Radians |
|------------|-----------------|---------------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|
| 770 | DEAD | LinStatic | 0.000086 | -0.000358 | -0.000656 | 0.000000 | 0.000000 |
| 865 | DEAD | LinStatic | 0.000175 | -0.001028 | -0.000823 | 0.000000 | 0.000000 |
| 5415 | DEAD | LinStatic | -0.000280 | 0.001669 | -0.000689 | 0.000000 | 0.000000 |

Table: Joint Displacements, Part 2 of 2

| Joint Text | OutputCase Text | R3 Radians |
|------------|-----------------|------------|
| 770 | DEAD | 0.000000 |
| 865 | DEAD | 0.000000 |
| 5415 | DEAD | 0.000000 |



Info Media Grafika Computer

J O I N T D I S P L A C E M E N T S

| JOINT | LOAD | U1 | U2 | U3 | R1 | R2 | R3 |
|-------|--------|------------|--------|-------------|--------|-------------|--------|
| 1 | STATIK | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 32792.8047 | 0.0000 |
| 2 | STATIK | 7920.6387 | 0.0000 | -39548.4492 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 3 | STATIK | 15841.2773 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | -32792.8047 | 0.0000 |
| 4 | STATIK | 7920.6387 | 0.0000 | -39457.4883 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 5 | STATIK | 5253.9653 | 0.0000 | -33543.0352 | 0.0000 | -13222.9385 | 0.0000 |
| 6 | STATIK | 10587.3125 | 0.0000 | -33543.0352 | 0.0000 | 13222.9385 | 0.0000 |

Info Media Grafika Computer

J O I N T R E A C T I O N S

| JOINT | LOAD | F1 | F2 | F3 | M1 | M2 | M3 |
|-------|--------|--------|--------|----------|--------|--------|--------|
| 1 | STATIK | 0.0000 | 0.0000 | 450.0001 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 3 | STATIK | 0.0000 | 0.0000 | 450.0001 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |

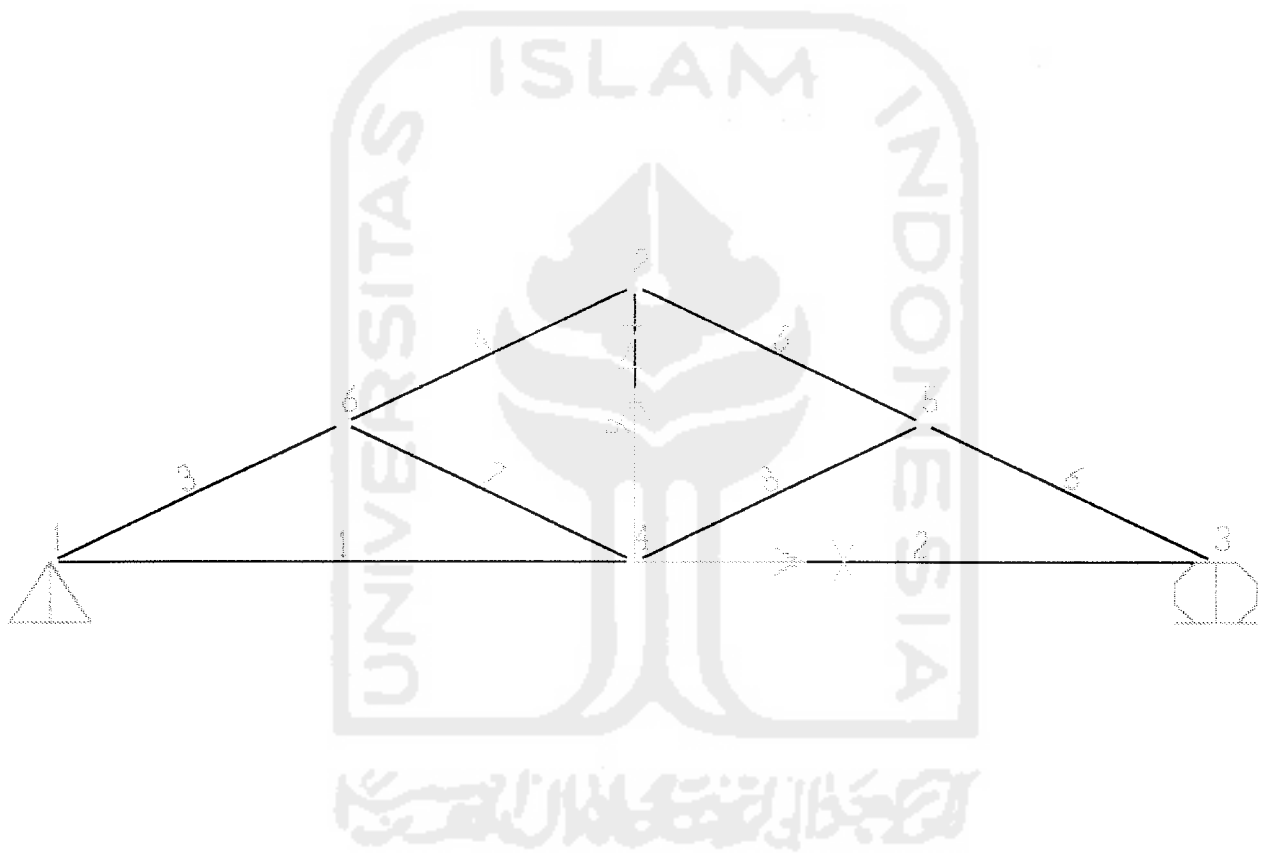
Info Media Grafika Computer

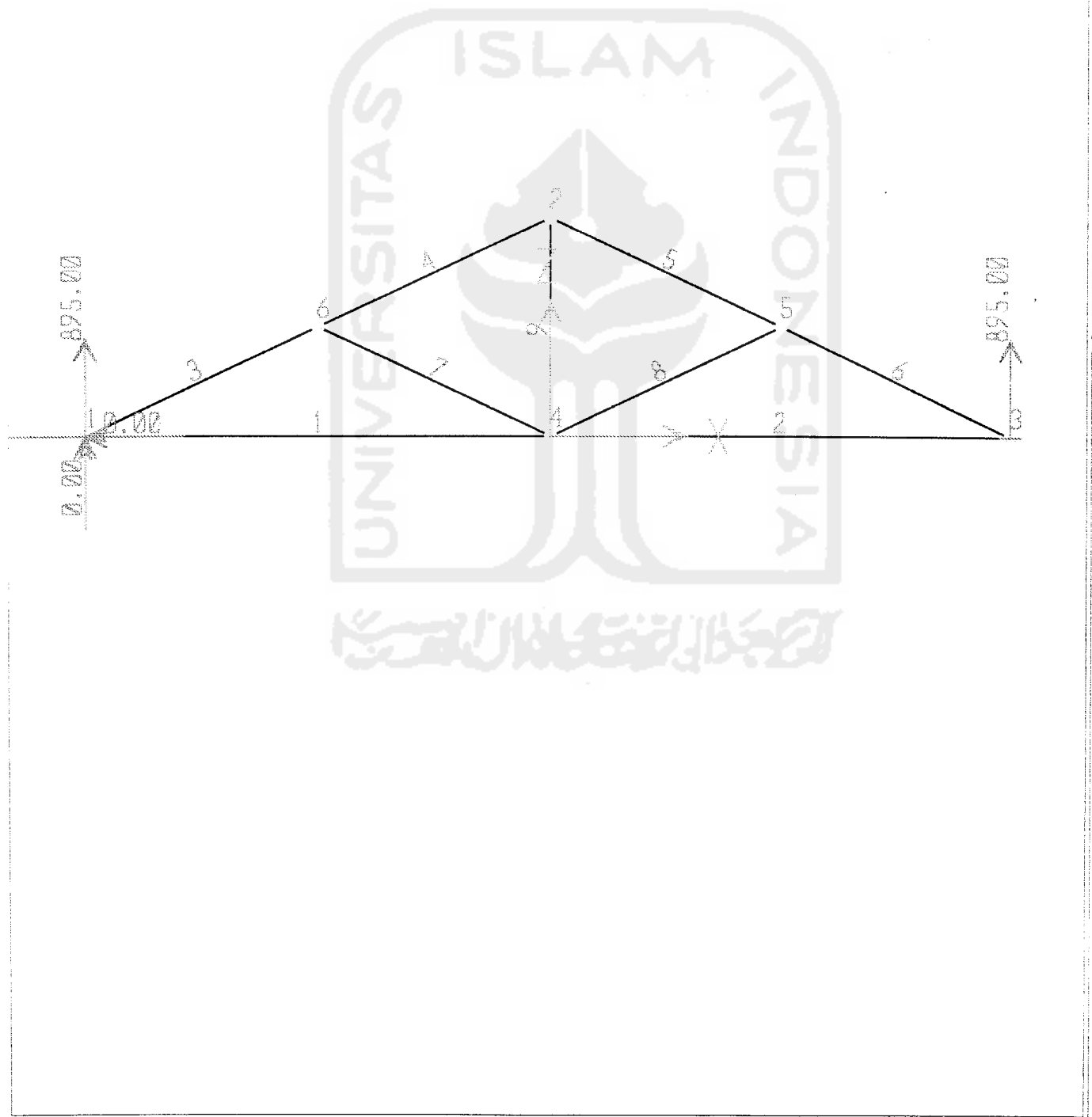
F R A M E E L E M E N T F O R C E S

| FRAME | LOAD | LOC | P | V2 | V3 | T | M2 | M3 |
|-------|--------|---------|----------|--------|------|------|------|-------|
| 1 | STATIK | 0.00 | 909.51 | -1.15 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 3.26 |
| | | 5.5E-01 | 909.51 | -1.15 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 3.89 |
| | | 1.10 | 909.51 | -1.15 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 4.52 |
| | | 1.65 | 909.51 | -1.15 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 5.15 |
| | | 2.20 | 909.51 | -1.15 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 5.78 |
| 2 | STATIK | 0.00 | 909.51 | 1.15 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 5.78 |
| | | 5.5E-01 | 909.51 | 1.15 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 5.15 |
| | | 1.10 | 909.51 | 1.15 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 4.52 |
| | | 1.65 | 909.51 | 1.15 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 3.89 |
| | | 2.20 | 909.51 | 1.15 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 3.26 |
| 3 | STATIK | 0.00 | -1014.15 | -13.33 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | -3.26 |
| | | 6.1E-01 | -1014.15 | -13.33 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 4.87 |
| | | 1.22 | -1014.15 | -13.33 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 12.99 |
| 4 | STATIK | 0.00 | -1034.91 | 7.44 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 7.82 |
| | | 6.1E-01 | -1034.91 | 7.44 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 3.29 |
| | | 1.22 | -1034.91 | 7.44 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | -1.24 |
| 5 | STATIK | 0.00 | -1034.91 | -7.44 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | -1.24 |
| | | 6.1E-01 | -1034.91 | -7.44 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 3.29 |
| | | 1.22 | -1034.91 | -7.44 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 7.82 |
| 6 | STATIK | 0.00 | -1014.15 | 13.33 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 12.99 |
| | | 6.1E-01 | -1014.15 | 13.33 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 4.87 |
| | | 1.22 | -1014.15 | 13.33 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | -3.26 |
| 7 | STATIK | 0.00 | 29.20 | 3.09 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 5.17 |
| | | 6.1E-01 | 29.20 | 3.09 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 3.29 |

| | | | | | | | |
|---|---------|--------|-------|------|------|------|------|
| | 1.22 | 29.20 | 3.09 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.41 |
| 8 | STATIK | | | | | | |
| | 0.00 | 29.20 | -3.09 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.41 |
| | 6.1E-01 | 29.20 | -3.09 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 3.29 |
| | 1.22 | 29.20 | -3.09 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 5.17 |
| 9 | STATIK | | | | | | |
| | 0.00 | -21.88 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | 5.3E-01 | -21.88 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | 1.05 | -21.88 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |







Info Media Grafika Computer

J O I N T D I S P L A C E M E N T S

| JOINT | LOAD | U1 | U2 | U3 | R1 | R2 | R3 |
|-------|--------|------------|--------|-------------|--------|-------------|--------|
| 1 | STATIK | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 65221.2383 | 0.0000 |
| 2 | STATIK | 15753.2695 | 0.0000 | -78657.4688 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 3 | STATIK | 31506.5391 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | -65221.2383 | 0.0000 |
| 4 | STATIK | 15753.2695 | 0.0000 | -78476.5625 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 5 | STATIK | 10449.5537 | 0.0000 | -66713.3672 | 0.0000 | -26298.9551 | 0.0000 |
| 6 | STATIK | 21056.9863 | 0.0000 | -66713.3672 | 0.0000 | 26298.9551 | 0.0000 |

Info Media Grafika Computer

J O I N T R E A C T I O N S

| JOINT | LOAD | F1 | F2 | F3 | M1 | M2 | M3 |
|-------|--------|--------|--------|----------|--------|--------|--------|
| 1 | STATIK | 0.0000 | 0.0000 | 895.0001 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 3 | STATIK | 0.0000 | 0.0000 | 895.0001 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |

Info Media Grafika Computer

F R A M E E L E M E N T F O R C E S

| FRAME | LOAD | LOC | P | V2 | V3 | T | M2 | M3 |
|-------|--------|---------|----------|--------|------|------|------|-------|
| 1 | STATIK | 0.00 | 1808.91 | -2.28 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 6.47 |
| | | 5.5E-01 | 1808.91 | -2.28 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 7.73 |
| | | 1.10 | 1808.91 | -2.28 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 8.99 |
| | | 1.65 | 1808.91 | -2.28 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 10.24 |
| | | 2.20 | 1808.91 | -2.28 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 11.50 |
| 2 | STATIK | 0.00 | 1808.91 | 2.28 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 11.50 |
| | | 5.5E-01 | 1808.91 | 2.28 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 10.24 |
| | | 1.10 | 1808.91 | 2.28 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 8.99 |
| | | 1.65 | 1808.91 | 2.28 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 7.73 |
| | | 2.20 | 1808.91 | 2.28 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 6.47 |
| 3 | STATIK | 0.00 | -2017.03 | -26.51 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | -6.47 |
| | | 6.1E-01 | -2017.03 | -26.51 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 9.68 |
| | | 1.22 | -2017.03 | -26.51 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 25.84 |
| 4 | STATIK | 0.00 | -2058.33 | 14.79 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 15.55 |
| | | 6.1E-01 | -2058.33 | 14.79 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 6.54 |
| | | 1.22 | -2058.33 | 14.79 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | -2.47 |
| 5 | STATIK | 0.00 | -2058.33 | -14.79 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | -2.47 |
| | | 6.1E-01 | -2058.33 | -14.79 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 6.54 |
| | | 1.22 | -2058.33 | -14.79 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 15.55 |
| 6 | STATIK | 0.00 | -2017.03 | 26.51 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 25.84 |
| | | 6.1E-01 | -2017.03 | 26.51 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 9.68 |
| | | 1.22 | -2017.03 | 26.51 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | -6.47 |
| 7 | STATIK | 0.00 | 58.08 | 6.14 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 10.28 |
| | | 6.1E-01 | 58.08 | 6.14 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 6.54 |

| | | | | | | | | |
|---|--------|---------|--------|-------|------|------|------|-------|
| 8 | STATIK | 0.00 | 58.08 | -6.14 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 2.80 |
| | | 6.1E-01 | 58.08 | -6.14 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 6.54 |
| | | 1.22 | 58.08 | -6.14 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 10.28 |
| 9 | STATIK | 0.00 | -43.52 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | | 5.3E-01 | -43.52 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | | 1.05 | -43.52 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |



LAMPIRAN 5



KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

| NO. | N A M A | NO. MHS. | BID.STUDI |
|-----|-------------|----------|--------------|
| 1 | Adriani, D. | 06310258 | Teknik Sipil |
| 2 | M. F. ... | 06310259 | Teknik Sipil |

JUDUL TUGAS AKHIR :

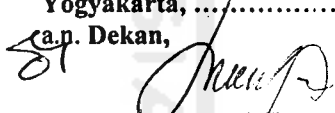
.....

PERIODE III : MARET - AGUSTUS
TAHUN :

| No. | Kegiatan | Bulan Ke : | | | | | |
|-----|----------------------------|------------|------|------|------|------|------|
| | | Mar. | Apr. | Mei. | Jun. | Jul. | Aug. |
| 1. | Pendaftaran | | | | | | |
| 2. | Penentuan Dosen Pembimbing | | | | | | |
| 3. | Pembuatan Proposal | | | | | | |
| 4. | Seminar Proposal | | | | | | |
| 5. | Konsultasi Penyusunan TA. | | | | | | |
| 6. | Sidang-Sidang | | | | | | |
| 7. | Pendadaran. | | | | | | |

DOSEN PEMBIMBING I : Ir. H. Sarwidi, MSc.E., PhD.
 DOSEN PEMBIMBING II : G. H. ...



Yogyakarta,
 Ca.p. Dekan,

 H. H. Muballin, MS
 (.....)

Catatan.
 Seminar :
 Sidang :
 Pendadaran :

LAMPIRAN 6



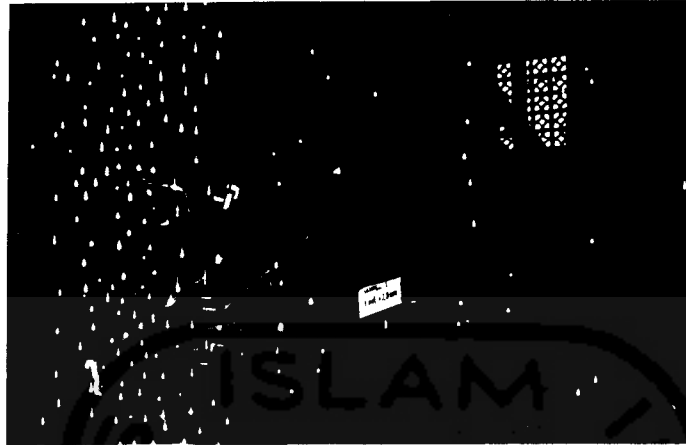


Foto benda uji 1 sebelum dilakukan pengujian

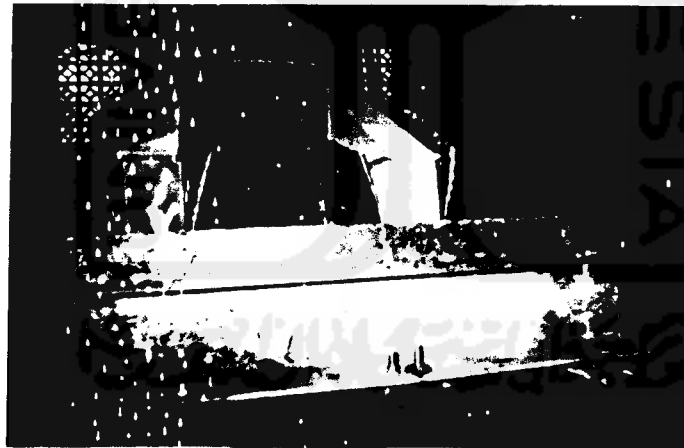


Foto benda uji 1 setelah dilakukan pengujian

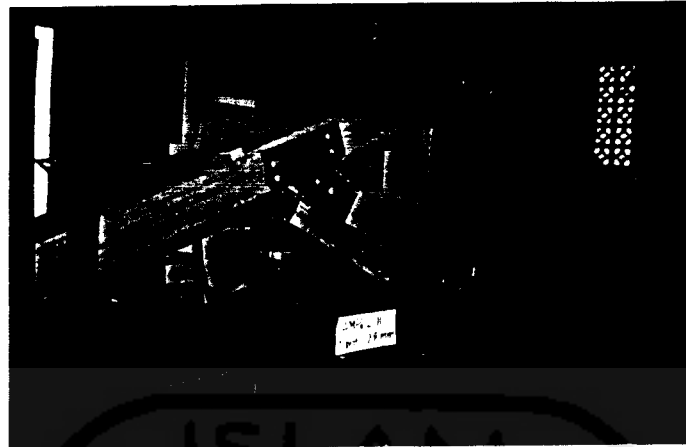


Foto benda uji 2 sebelum dilakukan pengujian



Foto benda uji 2 setelah dilakukan pengujian