

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 HARIAN/REKAMASI
 TGL TERIMA : 1 Juni 2004
 NO. JUDUL : 001200
 NO. INV. : 5120001200001
 NO. INDIK :

TUGAS AKHIR

**PERILAKU STRUKTUR RANGKA BATANG
 KOMPOSIT PIPA BAJA DENGAN KAYU**

(The Behavior of the Frame Truss Structure with Pipe Steel and Wood Composite)

Diajukan kepada Universitas Islam Indonesia
 untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh
 derajat Sarjana Teknik Sipil



Disusun Oleh :

Nama : Harry Kurniawan
 No. Mhs : 97 511 049
 NIRM : 970051013114120043

Nama : Akhmad Deni Perdana
 No. Mhs : 97 511 086
 NIRM : 970051013114120073

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 YOGYAKARTA
 2003**

**HALAMAN PENGESAHAN
TUGAS AKHIR**

**PERILAKU STRUKTUR RANGKA BATANG
KOMPOSIT PIPA BAJA DENGAN KAYU**

(The Behavior of the Frame Truss Structure with Pipe Steel and Wood Composite)

**Diajukan kepada Universitas Islam Indonesia
untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh
derajat Sarjana Teknik Sipil**

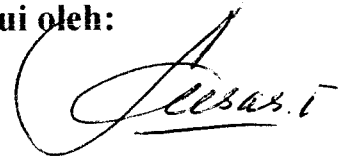
Disusun Oleh :

**Nama : Harry Kurniawan
No. Mhs : 97 511 049
NIRM : 970051013114120043**

**Nama : Akhmad Deni Perdana
No. Mhs : 97 511 086
NIRM : 970051013114120073**

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Ir. H. Susastrawan, MS
Dosen Pembimbing I



Tanggal : 16-03-2004

Ir. Fatkhurrohman N.S., MT
Dosen Pembimbing II



Tanggal : 16/03-2004

MOTTO

"Sesungguhnya sholatku, ibadahku, hidupku dan matiku hanyalah untuk Allah, Tuhan semesta alam." (QS Al An'aam 162).

"Barang siapa menempuh suatu jalan dalam rangka mencari ilmu, maka Allah akan memudalikannya baginya jalan ke surga. Sesungguhnya malaikat merebahkan sayapnya karena ridha terhadap penuntut ilmu. Dan sesungguhnya orang yang berilmu, dosa-dosanya akan dimintakan ampun oleh siapa saja yang ada di langit dan di bumi termasuk ikan-ikan di dalam air." (HR Abu Dawud dan Tarmidzi).

"Sesungguhnya dalam dirimu terdapat dua hal yang dicintai Allah dan Rasul-Nya : al-hilm dan al-anali." (HR Muslim).

"Bukanlah orang cerdas kecuali orang yang pernah tergelincir, bukan pula orang yang bijaksana kecuali yang berpengalaman." (HR Tarmidzi).

Halaman Persembahan

Tugas Akhir ini Aku persembahkan untuk orang-orang yang selalu ada dalam hidupku sampai akhir dunia ini

Kedua OrangtuaKu yang telah Membesarkan, mendidik, memelihara serta mengorbankan setiap detik waktu hidup mereka, setiap hembusan nafas yang keluar dari tubuh mereka juga setiap untaian Doa kepada yang Maha Kuasa agar anaknya menjadi orang yang berhasil dalam kehidupan.

*Kakak Benny serta Calon Kakak iparku Rini, aku belajar banyak dari kalian
Semoga kalian berdua sukses serta dapat menjadi orang yang
Aku banggakan*

Kekasihku curahan cinta kasih dan sayangku "Maria Ulfah " yang telah mendampingi selama aku dan semampu aku menjadi orang yang selalu ada untuk menghadirkan keabadian diantara kita

*Semua sahabatku yang datang dan pergi seiring jalannya waktu
kalian adalah orang yang tetap mewarnai kehidupanku*

*Seluruh rakyat Indonesia yang senasib dan sepenanggungan kuatkan hati kita
Semoga akan datang saat dimana kita bisa menapatap kehidupan dengan kepala berdiri tegak*

*Akhirnya ku persembahkan Tugas Akhir ini, untuk kalian semua
dengan harapanku yang ada pada kalian.*

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullah Wabarakatuh

Segala puji kehadiran Allahu Azza Wajalla' atas karunia ilmu dan nikmat kesempatan yang diberikan-Nya sehingga kami dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik. Tidak lupa pula Sholawat serta salam kami panjatkan ke hadirat Rasulullah SAW beserta para keluarga, sahabat serta para pengikutnya sampai akhir jaman.

Tugas akhir ini diselesaikan untuk memenuhi persyaratan untuk memperoleh gelar Strata Satu (S-1) pada jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Dalam penyusunan Tugas Akhir yang berjudul **“Perilaku Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja dengan Kayu”** kami telah berusaha semaksimal mungkin untuk memperoleh hasil yang sebaik-baiknya sesuai dengan kemampuan dan pengetahuan yang kami miliki, berdasarkan pada buku referensi dan pedoman yang ada.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini kami telah banyak mendapatkan bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, baik bantuan moril maupun spiritual. Untuk itu kami haturkan terima kasih sebanyak-banyaknya kepada :

1. Bapak Prof. Ir. H. Widodo, MSCE, Ph.D, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Ir. H. Munadhir, MS, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Ir. H. Susastrawan, MS, selaku Dosen Pembimbing I.
4. Bapak Ir. Fatkhurrahman N, MT, selaku Dosen Pembimbing II.
5. Bapak Ir. Helmy Akbar Bale, MT, selaku Dosen Penguji.
6. Ayah, ibu, Kakak dan adik-adik tercinta, terima kasih atas semua do'a dan bantuannya.
7. Semua pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu, yang telah banyak membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xx
DAFTAR NOTASI	xxii
DAFTAR LAMPIRAN	xxiv
ABSTRAKSI	xxv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	2
1.3 Manfaat Penelitian.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
1.5 Lokasi Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Tinjauan Umum.....	4
2.2 Sifat Kayu.....	5
2.2.1 Sifat mekanis kayu.....	5
2.2.2 Kelas kuat kayu.....	5
2.2.3 Lentur pada kayu.....	6
2.3 Sifat Mekanik Baja.....	7
2.4 Lentur Murni pada Balok Komposit.....	7

BAB III LANDASAN TEORI

3.1	Pendahuluan	8
3.2	Deformasi pada Rangka Batang	10
3.2.1	Persamaan dasar	10
3.2.2	Matrik transformasi	11
3.3	Batang Tekan dan Batang Tarik	14
3.3.1	Batang tekan	14
3.3.2	Batang tarik	18
3.4	Hubungan Momen dengan Kelengkungan	19
3.4.1	Grafik hubungan beban dengan lendutan	22
3.4.2	Grafik hubungan momen dengan kelengkungan	22
3.5	Daktilitas	23
3.6	Hipotesa	24

BAB IV METODELOGI PENELITIAN

4.1	Metode Penelitian	25
4.2	Bahan-Bahan Penelitian	26
4.3	Model Benda Uji	26
4.4	Peralatan	27
4.5	Prosedur Penelitian	29
4.6	Pelaksanaan Penelitian	30
4.6.1	Pembuatan benda uji	30
4.6.2	Setting peralatan	31
4.6.3	Proses pengujian	31

BAB V

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1	Hasil Uji Kuat Tarik Baja.....	32
5.2	Hasil Pengujian Kuat Lentur Komposit Pipa Baja-Kayu.....	32
5.3	Hubungan Beban Lendutan Hasil Pengujian.....	32
5.3.1	Benda uji 1.....	33
5.3.2	Benda uji 2.....	37
5.3.3	Benda uji 3.....	41
5.4	Hubungan Beban Lendutan Hasil Perhitungan dengan Program SAP 2000.....	48
5.4.1	Benda uji 1.....	48
5.4.2	Benda uji 2.....	53
5.4.3	Benda uji 3.....	57
5.5	Analisa Data Hubungan Beban-Lendutan.....	65
5.6	Hubungan Momen-Kelengkungan Hasil Pengujian.....	66
5.6.1	Benda uji 1.....	67
5.6.2	Benda uji 2.....	68
5.6.3	Benda uji 3.....	71
5.7	Hubungan Momen-Kelengkungan Hasil Perhitungan dengan Program SAP 2000.....	75
5.7.1	Benda uji 1.....	75
5.7.2	Benda uji 2.....	77
5.7.3	Benda uji 3.....	79
5.8	Analisa Data Hubungan Momen-Kelengkungan.....	81
5.9	Pembahasan.....	82
5.9.1	Kuat lentur struktur rangka batang komposit pipa baja-kayu ditinjau dari hubungan beban-lendutan ...	82
5.9.2	Daktilitas Simpangan (<i>Deflection Ductility</i>) struktur rangka batang komposit pipa baja-kayu ditinjau dari hubungan beban-lendutan.....	83

5.9.3	Kuat lentur struktur rangka batang komposit Pipa baja-kayu ditinjau dari hubungan momen-kelengkungan	84
5.9.4	Daktilitas Kelengkungan (<i>Curvature Ductility</i>) struktur rangka batang komposit pipa baja-kayu ditinjau dari hubungan momen-kelengkungan	84
5.9.5	Kerusakan Tekuk pada struktur rangka batang Komposit pipa baja-kayu.....	85
BAB VI	KESIMPULAN DAN SARAN	
6.1	Kesimpulan.....	89
6.2	Saran.....	89
DAFTAR PUSTAKA.....		90
LAMPIRAN		

DAFTAR GAMBAR

- Gambar 3.1 (a) Pembebanan, (b) Diagram Momen, (c) Diagram Geser
- Gambar 3.2 (a) Gaya Batang yang Terjadi, (b) Potongan Melintang
- Gambar 3.3 Pengaruh Sudut (α) terhadap Panjang antar Titik Buhul (L)
- Gambar 3.4 Elemen Rangka
- Gambar 3.5 (a) Kondisi Lokal, (b) Kondisi Global,
(c) Transformasi Ujung a, (d) Transformasi Ujung b
- Gambar 3.6 Batang Ganda
- Gambar 3.7 Penampang Pipa Baja
- Gambar 3.8 Batang Lurus yang Dibebani Gaya Tekan Aksial
- Gambar 3.9 Kelengkungan Balok dengan Pendekatan Central Difference
- Gambar 3.10 Hubungan Beban (P) dan Lendutan (Δ) Balok Komposit
- Gambar 3.11 Hubungan Momen dan Kelengkungan (ϕ) Balok Komposit
- Gambar 4.1 Flowchart Metode Penelitian
- Gambar 4.2 Sampel dengan Sudut Batang Diagonal $\alpha_1 = 47^\circ$ dan Panjang Jarak $L_1 = 95$ cm
- Gambar 4.3 Sampel dengan Sudut Batang Diagonal $\alpha_2 = 53^\circ$ dan Panjang Jarak $L_2 = 76$ cm
- Gambar 4.4 Sampel dengan Sudut Batang Diagonal $\alpha_3 = 58^\circ$ dan Panjang Jarak $L_3 = 63,33$ cm
- Gambar 4.5 Hidraulik Jack
- Gambar 4.6 Dial Gauge
- Gambar 4.7 Dukungan Sendi dan Rol
- Gambar 4.8 Bentuk Fisik Loading Frame
- Gambar 4.9 Universal Testing Material (UTM)
- Gambar 5.1 Grafik Beban-Lendutan Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja-Kayu Benda Uji 1 $\alpha_1 = 47^\circ$ pada Lendutan Y_{i-1}

- Gambar 5.2 Grafik Beban-Lendutan Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja-Kayu Benda Uji 1 $\alpha_1 = 47^\circ$ pada Lendutan Y_i
- Gambar 5.3 Grafik Beban-Lendutan Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja-Kayu Benda Uji 1 $\alpha_1 = 47^\circ$ pada Lendutan Y_{i+1}
- Gambar 5.4 Grafik Beban-Lendutan Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja-Kayu Benda Uji 1 $\alpha_1 = 47^\circ$ pada Lendutan Y_{i-1} dengan Regresi
- Gambar 5.5 Grafik Beban-Lendutan Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja-Kayu Benda Uji 1 $\alpha_1 = 47^\circ$ pada Lendutan Y_i dengan Regresi
- Gambar 5.6 Grafik Beban-Lendutan Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja-Kayu Benda Uji 1 $\alpha_1 = 47^\circ$ pada Lendutan Y_{i+1} dengan Regresi
- Gambar 5.7 Grafik Beban-Lendutan Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja-Kayu Benda Uji 2 $\alpha_2 = 53^\circ$ pada Lendutan Y_{i-1}
- Gambar 5.8 Grafik Beban-Lendutan Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja-Kayu Benda Uji 2 $\alpha_2 = 53^\circ$ pada Lendutan Y_i
- Gambar 5.9 Grafik Beban-Lendutan Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja-Kayu Benda Uji 2 $\alpha_2 = 53^\circ$ pada Lendutan Y_{i+1}
- Gambar 5.10 Grafik Beban-Lendutan Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja-Kayu Benda Uji 2 $\alpha_2 = 53^\circ$ pada Lendutan Y_{i-1} dengan Regresi
- Gambar 5.11 Grafik Beban-Lendutan Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja-Kayu Benda Uji 2 $\alpha_2 = 53^\circ$ pada Lendutan Y_i dengan Regresi
- Gambar 5.12 Grafik Beban-Lendutan Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja-Kayu Benda Uji 2 $\alpha_2 = 53^\circ$ pada Lendutan Y_{i+1} dengan Regresi
- Gambar 5.13 Grafik Beban-Lendutan Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja-Kayu Benda Uji 3 $\alpha_3 = 58^\circ$ pada Lendutan Y_{i-1}

- Gambar 5.14 Grafik Beban-Lendutan Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja-Kayu Benda Uji 3 $\alpha_3 = 58^\circ$ pada Lendutan Y_i
- Gambar 5.15 Grafik Beban-Lendutan Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja-Kayu Benda Uji 3 $\alpha_3 = 58^\circ$ pada Lendutan Y_{i+1}
- Gambar 5.16 Grafik Beban-Lendutan Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja-Kayu Benda Uji 3 $\alpha_3 = 58^\circ$ pada Lendutan Y_{i-1} dengan Regresi
- Gambar 5.17 Grafik Beban-Lendutan Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja-Kayu Benda Uji 3 $\alpha_3 = 58^\circ$ pada Lendutan Y_i dengan Regresi
- Gambar 5.18 Grafik Beban-Lendutan Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja-Kayu Benda Uji 3 $\alpha_3 = 58^\circ$ pada Lendutan Y_{i+1} dengan Regresi
- Gambar 5.19 Grafik Perbandingan Beban-Lendutan Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja-Kayu Untuk Benda Uji 1 $\alpha_1 = 47^\circ$, Benda Uji 2 $\alpha_2 = 53^\circ$, Benda Uji 3 $\alpha_3 = 58^\circ$ pada Lendutan Y_{i-1} dengan Regresi
- Gambar 5.20 Grafik Perbandingan Beban-Lendutan Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja-Kayu Untuk Benda Uji 1 $\alpha_1 = 47^\circ$, Benda Uji 2 $\alpha_2 = 53^\circ$, Benda Uji 3 $\alpha_3 = 58^\circ$ pada Lendutan Y_i dengan Regresi
- Gambar 5.21 Grafik Perbandingan Beban-Lendutan Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja-Kayu Untuk Benda Uji 1 $\alpha_1 = 47^\circ$, Benda Uji 2 $\alpha_2 = 53^\circ$, Benda Uji 3 $\alpha_3 = 58^\circ$ pada Lendutan Y_{i+1} dengan Regresi
- Gambar 5.22 Grafik Beban-Lendutan Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja-Kayu Benda Uji 1 $\alpha_1 = 47^\circ$ pada Lendutan Y_{i-1} dengan Menggunakan Program SAP 2000

- Gambar 5.23 Grafik Beban-Lendutan Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja-Kayu Benda Uji 1 $\alpha_1 = 47^\circ$ pada Lendutan Y_i dengan Menggunakan Program SAP 2000
- Gambar 5.24 Grafik Beban-Lendutan Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja-Kayu Benda Uji 1 $\alpha_1 = 47^\circ$ pada Lendutan Y_{i+1} dengan Menggunakan Program SAP 2000
- Gambar 5.25 Grafik Beban-Lendutan Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja-Kayu Benda Uji 1 $\alpha_1 = 47^\circ$ pada Lendutan Y_{i-1} dengan Regresi Menggunakan Program SAP 2000
- Gambar 5.26 Grafik Beban-Lendutan Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja-Kayu Benda Uji 1 $\alpha_1 = 47^\circ$ pada Lendutan Y_i dengan Regresi Menggunakan Program SAP 2000
- Gambar 5.27 Grafik Beban-Lendutan Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja-Kayu Benda Uji 1 $\alpha_1 = 47^\circ$ pada Lendutan Y_{i+1} dengan Regresi Menggunakan Program SAP 2000
- Gambar 5.28 Grafik Beban-Lendutan Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja-Kayu Benda Uji 2 $\alpha_2 = 53^\circ$ pada Lendutan Y_{i-1} dengan Menggunakan Program SAP 2000
- Gambar 5.29 Grafik Beban-Lendutan Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja-Kayu Benda Uji 2 $\alpha_2 = 53^\circ$ pada Lendutan Y_i dengan Menggunakan Program SAP 2000
- Gambar 5.30 Grafik Beban-Lendutan Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja-Kayu Benda Uji 2 $\alpha_2 = 53^\circ$ pada Lendutan Y_{i+1} dengan Menggunakan Program SAP 2000
- Gambar 5.31 Grafik Beban-Lendutan Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja-Kayu Benda Uji 2 $\alpha_2 = 53^\circ$ pada Lendutan Y_{i-1} dengan Regresi Menggunakan Program SAP 2000
- Gambar 5.32 Grafik Beban-Lendutan Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja-Kayu Benda Uji 2 $\alpha_2 = 53^\circ$ pada Lendutan Y_i dengan Regresi Menggunakan Program SAP 2000

- Gambar 5.33 Grafik Beban-Lendutan Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja-Kayu Benda Uji 2 $\alpha_2 = 53^\circ$ pada Lendutan Y_{i+1} dengan Regresi Menggunakan Program SAP 2000
- Gambar 5.34 Grafik Beban-Lendutan Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja-Kayu Benda Uji 3 $\alpha_3 = 58^\circ$ pada Lendutan Y_{i-1} dengan Menggunakan Program SAP 2000
- Gambar 5.35 Grafik Beban-Lendutan Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja-Kayu Benda Uji 3 $\alpha_3 = 58^\circ$ pada Lendutan Y_i dengan Menggunakan Program SAP 2000
- Gambar 5.36 Grafik Beban-Lendutan Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja-Kayu Benda Uji 3 $\alpha_3 = 58^\circ$ pada Lendutan Y_{i+1} dengan Menggunakan Program SAP 2000
- Gambar 5.37 Grafik Beban-Lendutan Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja-Kayu Benda Uji 3 $\alpha_3 = 58^\circ$ pada Lendutan Y_{i-1} dengan Regresi Menggunakan Program SAP 2000
- Gambar 5.38 Grafik Beban-Lendutan Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja-Kayu Benda Uji 3 $\alpha_3 = 58^\circ$ pada Lendutan Y_i dengan Regresi Menggunakan Program SAP 2000
- Gambar 5.39 Grafik Beban-Lendutan Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja-Kayu Benda Uji 3 $\alpha_3 = 58^\circ$ pada Lendutan Y_{i+1} dengan Regresi Menggunakan Program SAP 2000
- Gambar 5.40 Grafik Perbandingan Beban-Lendutan Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja-Kayu untuk Benda Uji 1 $\alpha_1 = 47^\circ$ Berdasarkan Hasil Pengujian dengan Perhitungan Program SAP 2000 pada Lendutan Y_{i-1} dengan Regresi
- Gambar 5.41 Grafik Perbandingan Beban-Lendutan Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja-Kayu untuk Benda Uji 1 $\alpha_1 = 47^\circ$ Berdasarkan Hasil Pengujian dengan Perhitungan Program SAP 2000 pada Lendutan Y_i dengan Regresi

- Gambar 5.42 Grafik Perbandingan Beban-Lendutan Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja-Kayu untuk Benda Uji 1 $\alpha_1 = 47^\circ$ Berdasarkan Hasil Pengujian dengan Perhitungan Program SAP 2000 pada Lendutan Y_{i+1} dengan Regresi
- Gambar 5.43 Grafik Perbandingan Beban-Lendutan Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja-Kayu untuk Benda Uji 2 $\alpha_2 = 53^\circ$ Berdasarkan Hasil Pengujian dengan Perhitungan Program SAP 2000 pada Lendutan Y_{i-1} dengan Regresi
- Gambar 5.44 Grafik Perbandingan Beban-Lendutan Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja-Kayu untuk Benda Uji 2 $\alpha_2 = 53^\circ$ Berdasarkan Hasil Pengujian dengan Perhitungan Program SAP 2000 pada Lendutan Y_i dengan Regresi
- Gambar 5.45 Grafik Perbandingan Beban-Lendutan Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja-Kayu untuk Benda Uji 2 $\alpha_2 = 53^\circ$ Berdasarkan Hasil Pengujian dengan Perhitungan Program SAP 2000 pada Lendutan Y_{i+1} dengan Regresi
- Gambar 5.46 Grafik Perbandingan Beban-Lendutan Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja-Kayu untuk Benda Uji 3 $\alpha_3 = 58^\circ$ Berdasarkan Hasil Pengujian dengan Perhitungan Program SAP 2000 pada Lendutan Y_{i-1} dengan Regresi
- Gambar 5.47 Grafik Perbandingan Beban-Lendutan Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja-Kayu untuk Benda Uji 3 $\alpha_3 = 58^\circ$ Berdasarkan Hasil Pengujian dengan Perhitungan Program SAP 2000 pada Lendutan Y_i dengan Regresi
- Gambar 5.48 Grafik Perbandingan Beban-Lendutan Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja-Kayu untuk Benda Uji 3 $\alpha_3 = 58^\circ$ Berdasarkan Hasil Pengujian dengan Perhitungan Program SAP 2000 pada Lendutan Y_{i+1} dengan Regresi
- Gambar 5.49 Grafik Hubungan Momen-Kelengkungan Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja-Kayu Benda Uji 1 $\alpha_1 = 47^\circ$

- Gambar 5.60 Grafik Hubungan Momen-Kelengkungan Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja-Kayu Benda Uji 3 $\alpha_3 = 58^\circ$ dengan Menggunakan Program SAP 2000
- Gambar 5.61 Grafik Hubungan Momen-Kelengkungan Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja-Kayu Benda Uji 3 $\alpha_3 = 58^\circ$ dengan Regresi Menggunakan Program SAP 2000

DAFTAR TABEL

- Tabel 2.1 Modulus Elastisitas Kayu menurut PPKI
- Tabel 2.2 Tegangan Ijin Kayu Mutu A
- Tabel 5.1 Hasil Uji Kuat Tarik Baja
- Tabel 5.2 Hubungan Beban-Lendutan Hasil Pengujian Benda Uji 1 $\alpha_1 = 47^\circ$
(Revisi)
- Tabel 5.3 Hubungan Beban-Lendutan Hasil Pengujian Benda Uji 2 $\alpha_2 = 53^\circ$
- Tabel 5.4 Hubungan Beban-Lendutan Hasil Pengujian Benda Uji 3 $\alpha_3 = 58^\circ$
- Tabel 5.5 Hubungan Beban-Lendutan Hasil Pengujian Benda Uji 1 $\alpha_1 = 47^\circ$
(Revisi) dengan Regresi
- Tabel 5.6 Hubungan Beban-Lendutan Hasil Pengujian Benda Uji 2 $\alpha_2 = 53^\circ$
dengan Regresi
- Tabel 5.7 Hubungan Beban-Lendutan Hasil Pengujian Benda Uji 3 $\alpha_3 = 58^\circ$
dengan Regresi
- Tabel 5.8 Hubungan Beban-Lendutan Hasil Perhitungan dengan Program
SAP 2000 Benda Uji 1 $\alpha_1 = 47^\circ$
- Tabel 5.9 Hubungan Beban-Lendutan Hasil Perhitungan dengan Program
SAP 2000 Benda Uji 2 $\alpha_2 = 53^\circ$
- Tabel 5.10 Hubungan Beban-Lendutan Hasil Perhitungan dengan Program
SAP 2000 Benda Uji 3 $\alpha_3 = 58^\circ$
- Tabel 5.11 Nilai Kekakuan dari Hasil Pengujian Benda Uji 1 ($\alpha_1 = 47^\circ$),
Benda Uji 2 ($\alpha_2 = 53^\circ$) dan Benda Uji 3 ($\alpha_3 = 58^\circ$) Struktur Rangka
Batang Komposit Pipa Baja-Kayu
- Tabel 5.12 Nilai Kekakuan dari Hasil Perhitungan Program SAP 2000 Benda
Uji 1 ($\alpha_1 = 47^\circ$), Benda Uji 2 ($\alpha_2 = 53^\circ$) dan Benda Uji 3 ($\alpha_3 = 58^\circ$)
Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja-Kayu

- Tabel 5.13 Nilai Daktilitas Simpangan dari Hasil Pengujian Kekakuan dari Hasil Benda Uji 1 ($\alpha_1 = 47^\circ$), Benda Uji 2 ($\alpha_2 = 53^\circ$) dan Benda Uji 3 ($\alpha_3 = 58^\circ$) Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja-Kayu
- Tabel 5.14 Hubungan Momen-Kelengkungan Pengujian Benda Uji 1 $\alpha_1 = 47^\circ$ (Revisi)
- Tabel 5.15 Hubungan Momen-Kelengkungan Pengujian Benda Uji 2 $\alpha_2 = 53^\circ$
- Tabel 5.16 Hubungan Momen-Kelengkungan Pengujian Benda Uji 3 $\alpha_3 = 58^\circ$
- Tabel 5.17 Hubungan Momen-Kelengkungan Pengujian Benda Uji 1 $\alpha_1 = 47^\circ$ (Revisi)
- Tabel 5.18 Hubungan Momen-Kelengkungan Pengujian Benda Uji 2 $\alpha_2 = 53^\circ$
- Tabel 5.19 Hubungan Momen-Kelengkungan Pengujian Benda Uji 3 $\alpha_3 = 58^\circ$
- Tabel 5.20 Hubungan Momen-Kelengkungan Perhitungan SAP 2000 Benda Uji 1 $\alpha_1 = 47^\circ$
- Tabel 5.21 Hubungan Momen-Kelengkungan Perhitungan SAP 2000 Benda Uji 2 $\alpha_2 = 53^\circ$
- Tabel 5.22 Hubungan Momen-Kelengkungan Perhitungan SAP 2000 Benda Uji 3 $\alpha_3 = 58^\circ$
- Tabel 5.23 Nilai Faktor Kekakuan dari Hasil Pengujian Benda Uji 1 ($\alpha_1 = 47^\circ$), Benda Uji 2 ($\alpha_2 = 53^\circ$) dan Benda Uji 3 ($\alpha_3 = 58^\circ$) Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja-Kayu
- Tabel 5.24 Nilai Faktor Kekakuan dari Hasil Perhitungan Program SAP 2000 Benda Uji 1 ($\alpha_1 = 47^\circ$), Benda Uji 2 ($\alpha_2 = 53^\circ$) dan Benda Uji 3 ($\alpha_3 = 58^\circ$) Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja-Kayu
- Tabel 5.25 Nilai Daktilitas Kelengkungan dari Hasil Pengujian Kekakuan dari Hasil Benda Uji 1 ($\alpha_1 = 47^\circ$), Benda Uji 2 ($\alpha_2 = 53^\circ$) dan Benda Uji 3 ($\alpha_3 = 58^\circ$) Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja-Kayu

DAFTAR NOTASI

a	= jarak antar kayu (kayu ganda)
A	= luas penampang
A_g	= luas penampang bruto
A_n	= luas penampang netto
b	= lebar kayu
d	= diameter luar pipa
d_1	= diameter dalam pipa
e	= eksentrisitas badan
E	= modulus elastisitas
f	= tegangan karena geser langsung
F_y	= tegangan leleh yang diijinkan
g	= berat jenis kering udara
h	= tinggi balok
h_o	= tinggi kayu
i_x	= momen inersia sumbu x
i_y	= momen inersia sumbu y
I	= momen inersia
k	= kekakuan
L	= panjang bentang
L_k	= panjang tekuk
L_1	= jarak antar titik buhul benda uji 1
L_2	= jarak antar titik buhul benda uji 2
L_3	= jarak antar titik buhul benda uji 3
M	= momen
P	= beban aksial
P_{cr}	= beban kritis
r	= jari-jari inersia
T_u	= beban tarik
Y	= pelenturan

α	= sudut
Δ	= defleksi / lendutan
Δy	= lendutan pada saat beban maksimum
Δ_{total}	= lendutan total
λ	= rasio kelangsingan
ω	= faktor tekuk
ϕ	= kelengkungan
θ	= sudut rotasi
σ	= tegangan
σ_{cr}	= tegangan kritis
$\bar{\sigma}_{ll}$	= tegangan lentur ijin
$\bar{\sigma}_{tk //}$	= tegangan desak ijin sejajar arah serat
$\bar{\sigma}_{tr //}$	= tegangan tarik ijin searah serat
$\bar{\sigma}_{tk \perp}$	= tegangan desak ijin tegak lurus arah serat
$\bar{\tau}_{//}$	= tegangan geser ijin sejajar arah serat
π	= konstanta = 3,14

ABSTRAKSI

Struktur rangka batang komposit pipa baja dengan kayu dibentuk dengan tujuan pemanfaatan kayu dan pipa baja secara lebih efisien dan optimal. Pada struktur ini, kayu digunakan sebagai batang tepi karena kayu mempunyai penampang yang solid sedangkan batang diagonal menggunakan pipa baja, karena baja memiliki nilai modulus elastisitas yang lebih besar dari modulus elastisitas kayu yaitu sebesar lebih kurang $2 \cdot 10^{10}$ MPa, disamping itu selain ringan pipa baja juga memiliki momen inersia yang sama dari segala arah.

Pada penelitian eksperimental ini digunakan tiga benda uji dengan variasi sudut (α) batang diagonal yaitu $\alpha_1 = 47^\circ$, $\alpha_2 = 53^\circ$ dan $\alpha_3 = 58^\circ$. Dengan tinggi batang 50 cm dan panjang bentang 380 cm, batang tepi menggunakan kayu bangkirai dengan tampang ganda berdimensi $2 \times 3/10$ cm, batang diagonal menggunakan pipa baja dengan diameter $1\frac{1}{4}$ inchi dan tebal 1,2 mm, alat sambung menggunakan baut dengan diameter $1/2$ inchi. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan kapasitas lentur, kekakuan dan faktor kekakuan berdasarkan hubungan Beban - Lendutan dan Momen - Kelengkungan serta daktilitas dari struktur rangka batang komposit pipa baja dengan kayu, disamping itu juga untuk mengetahui pola kerusakan yang terjadi.

Dari penelitian eksperimental ini diperoleh bahwa semakin besar sudut (α) batang diagonal pada benda uji maka kapasitas lentur struktur dalam menahan momen semakin besar, kekakuan, faktor kekakuan dan daktilitasnya juga semakin besar, sedangkan kerusakan yang terjadi merupakan kerusakan tekuk inelastis pada batang diagonal sehingga ada baiknya pada struktur rangka batang komposit pipa baja dengan kayu ini untuk batang diagonal digunakan pipa baja yang lebih tebal.

Kata Kunci : komposit, lendutan, kelengkungan, kekakuan, faktor kekakuan, tekuk inelastis.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Kayu merupakan salah satu hasil hutan yang banyak digunakan sebagai bahan struktur bangunan karena harganya relatif lebih murah, ringan, mudah dikerjakan dan memiliki ketahanan yang baik terhadap gempa. Peran kayu sebagai bahan struktur telah memberikan sumbangan cukup besar, antara lain sering digunakan untuk pembangunan jembatan, bangunan gedung, bantalan kereta api dan lain-lain.

Selain kayu penggunaan baja sebagai struktur juga semakin meningkat, artinya telah terjadi kenaikan volume bangunan. Inovasi penggunaan baja sebagai struktur diharapkan untuk efisiensi tanpa meninggalkan kualitas dan kekuatan baja tersebut.

Dewasa ini, pemakaian struktur komposit sebagai komponen struktur berkembang dengan cepat. Dengan komposit suatu bahan dapat dilengkapi dengan bahan lain sehingga didapat bahan gabungan yang memiliki kemampuan dan perilaku yang baik serta harga yang relatif murah. Selama ini yang banyak digunakan adalah struktur komposit beton dengan baja, sedangkan struktur komposit kayu dengan baja masih jarang dilakukan penelitian dan dipergunakan dilapangan. Padahal sumber daya kayu di Indonesia sangat banyak.

Struktur rangka komposit kayu dengan baja sebagai suatu usaha pemanfaatan kayu secara lebih efisien dan optimal. Struktur komposit pipa baja-kayu ini cocok untuk struktur dengan gaya yang sedang, yaitu gaya yang terlalu kecil untuk struktur dengan baja, tetapi terlalu besar untuk struktur kayu. Baja memiliki nilai modulus elastisitas yang lebih besar dari modulus elastisitas kayu yaitu sebesar lebih kurang 2.10^{10} MPa. Pada Struktur rangka batang komposit pipa baja-kayu ini, batang diagonal menggunakan pipa baja. Selain ringan pipa baja juga memiliki momen inersia yang sama dari segala arah.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah :

1. Mendapatkan kapasitas lentur struktur rangka batang komposit pipa baja-kayu dengan variasi sudut batang diagonal.
2. Mengetahui perilaku struktur rangka batang komposit pipa baja-kayu berdasarkan hubungan beban-lendutan dan momen-kelengkungan untuk mendapatkan kekakuan dan faktor kekakuan serta daktilitas.
3. Mengetahui pola kerusakan yang terjadi pada struktur rangka batang komposit pipa baja-kayu.

1.3 Manfaat Penelitian

Dari hasil penelitian ini diharapkan dapat diketahui :

1. Dari hasil penelitian diharapkan dapat digunakan sebagai dasar dari perencanaan balok.
2. Sebagai usaha untuk memanfaatkan kayu secara efisien dan optimal.
3. Menambah pengetahuan kita mengenai manfaat dari komposit pipa baja-kayu.

1.4 Batasan Masalah

Agar penelitian dapat terarah maka penelitian hanya dibatasi pada :

1. Struktur rangka batang komposit pipa baja-kayu tanpa batang vertikal.
2. Alat sambung yang digunakan adalah menggunakan sambungan baut.
3. Kelangsingan batang tepi tetap.
4. L/h rasio panjang bentang batang terhadap tinggi batang tetap.
5. Pembebanan statik.
6. Beban transversal secara bertahap diasumsikan melalui pusat geser sehingga tidak mengalami puntir.
7. Pengamatan hanya terhadap lendutan yang terjadi.
8. Batang diasumsikan dengan tumpuan sederhana (*sendi-rol*).
9. Batang diagonal dengan menggunakan variasi sudut (α) yang berbeda-beda, yaitu dengan menggunakan $\alpha_1 = 47^\circ$, $\alpha_2 = 53^\circ$ dan $\alpha_3 = 58^\circ$

1.5 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dan pengujian sampel dilakukan di Laboratorium Analisis Struktur Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Balok komposit adalah material yang terdiri dari dua atau lebih komponen penyusun yang berbeda (*multi phase material*) yang digabung menjadi satu kesatuan. Termasuk didalamnya adalah bahan yang diberi lapisan, bahan yang diperkuat, beton bertulang dan sebagainya. Pada umumnya komposit terdiri dari dua komponen yaitu komponen matriks yang menerus dan komponen penguat yang biasanya berbentuk batangan, serat ataupun lembaran yang dibuat dengan tujuan untuk mendapatkan sifat gabungan yang lebih baik dari sifat masing-masing komponen penyusunnya (*Morisco, 1991*).

Ada dua hal yang perlu diperhatikan untuk mendapatkan struktur komposit yang efektif, yaitu :

1. Komponen penguat semestinya memiliki modulus elastisitas yang lebih besar dari pada modulus elastisitas komponen matriksnya.
2. Alat sambung yang digunakan harus mampu menahan gaya geser diantara kedua permukaan komponen.

Penelitian mengenai komposit baja-kayu sebagai bahan bangunan gedung masih terbatas dan yang dapat dijadikan acuan penyusun adalah sebagai berikut :

- Penelitian Batang Struktur Komposit Kayu dan Metal (*Morisco, 1991*)

Morisco dalam penelitiannya meninjau perilaku struktur komposit tersebut khusus sebagai batang tekan. Penelitian ini dilakukan secara numeris, yaitu memakai program komputer “ *Kolbet 2* “ yang dibuatnya untuk menganalisa kuat batang tekan. Eksplorasi data dilakukan dengan cara menganalisa kuat batas tekan batang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan kekuatan yang optimal dicapai pada batang struktur dengan kelangsingan yang tinggi. Namun penggunaan komposit ini ditinjau secara ekonomis belum memberikan keuntungan.

2.2 Sifat Kayu

Dibawah ini akan diuraikan beberapa sifat kayu dan faktor pengaruh yang berkaitan erat dengan kayu sebagai bahan struktur.

2.2.1 Sifat mekanis kayu

Kayu banyak digunakan sebagai elemen-elemen struktur yang dibuat untuk menahan tarik, tekan, geser dan lentur. Kekuatan kayu dapat disimpulkan sebagai berikut (*Wirjomartono, 1967*) :

1. Kayu lebih kuat menahan gaya tarik sejajar serat disbanding tegak lurus serat ($\sigma_{tr\perp} > \sigma_{tr//}$).
2. Kayu lebih kuat menahan gaya tarik dibandingkan menahan gaya desak sejajar serat ($\sigma_{tr//} > \sigma_{ds//}$) dengan perbandingan $\sigma_{tr} : \sigma_{ds} = 2 - 2,5$.
3. Kayu lebih kuat menahan gaya desak sejajar serat dibandingkan gaya desak tegak lurus serat ($\sigma_{ds//} > \sigma_{ds\perp}$).
4. Kayu lebih kuat menahan gaya geser tegak lurus serat disbanding gaya geser sejajar serat ($\tau_{gs\perp} > \tau_{gs//}$).

Pada Kayu modulus elastisitas adalah sebanding dengan kekuatan kayu, maka banyak penelitian yang menunjukkan hubungan sifat kayu dengan nilai modulus elastisitas. Dalm PKKI 1961, modulus elastisitas kayu sejajar serat dan tarik diambil sama besar, tercantum dalam Tabel 2.1

Tabel 2.1 Modulus Elastisitas Kayu menurut PKKI

Kelas Kuat	Modulus Elastisitas (kg/cm ²)
I	125000
II	100000
III	80000
IV	60000

2.2.2 Kelas kuat kayu

Kayu bangunan adalah kayu olahan yang diperoleh dengan mengolah kayu bulat menjadi kayu berbentuk balok, papan atau bentuk lain. Tingkat kekuatan kayu ditunjukkan dari kemampuan kayu tersebut menahan tegangan yang terjadi. Pada

Tabel 2.2 dibawah ini disajikan daftar tegangan ijin kayu mutu A sesuai dengan PKKI 1961.

Tabel 2.2 Tegangan Ijin Kayu Mutu A

Tegangan (kg/cm ²)	Kelas Kuat					Jati (<i>Tectonagrandis</i>)
	I	II	III	IV	V	
$\bar{\sigma}_l$	150	100	75	50	-	130
$\bar{\sigma}_{ik\parallel} = \bar{\sigma}_{tr\parallel}$	130	85	60	45	-	110
$\bar{\sigma}_{ik\perp}$	40	25	15	10		30
$\bar{\tau}_{\parallel}$	20	12	8	5		15

Tegangan ijin tersebut menurut PKKI 1961 dapat ditentukan dengan korelasi

berat jenis, yaitu : $\bar{\sigma}_l$: 170 g

$\bar{\sigma}_{ik\parallel} = \bar{\sigma}_{tr\parallel}$: 150 g

$\bar{\sigma}_{ik\perp}$: 40 g

$\bar{\tau}_{\parallel}$: 20 g

Dengan : g = berat jenis kering udara

$\bar{\sigma}_l$ = tegangan lentur ijin, (kg/cm²)

$\bar{\sigma}_{ik}$ = tegangan desak ijin sejajar arah serat, (kg/cm²)

$\bar{\sigma}_{tr\parallel}$ = tegangan tarik ijin searah serat, (kg/cm²)

$\bar{\sigma}_{ik\perp}$ = tegangan desak ijin tegak lurus arah serat, (kg/cm²)

$\bar{\tau}_{\parallel}$ = tegangan geser ijin sejajar arah serat, (kg/cm²)

Untuk keamanan nilai tegangan yang digunakan diambil yang terkecil. Untuk kayu mutu B, menurut PKKI 1961 harus digandakan dengan faktor 0,75

2.2.3 Lentur pada kayu

Akibat kemampuan mendukung tegangan tarik dan desak yang berbeda, untuk beban lentur, kayu memiliki kuat lentur yang lebih besar terhadap dukungan desak dan lebih kecil terhadap dukungan tarik (*Wirymartono, 1967*).

2.3 Sifat Mekanik Baja

Berbeda dengan kayu, baja tersusun oleh kristal-kristal yang relatif homogen dan memiliki kekuatan dan sifat-sifat mekanik yang sama dalam berbagai arah (*isotropic*). Pada umumnya logam mempunyai kuat tarik/tekan dan modulus elastisitas yang lebih besar serta mempunyai sifat liat (*ductile*) (Morisco, 1991).

Logam banyak dipakai untuk beban struktur tersusun terutam logam ferrous seperti besi, baja dan paduannya. Besi atau baja sangat mudah mengalami korosi sehingga dalam penggunaannya sebagai bahan struktur, diperlukan perlindungan terhadap korosi, antara lain dengan cara diberi lapis pelindung logam lain atau cat (Morisco, 1991).

2.4 Lentur Murni pada Balok Komposit

Balok yang menerima lentur murni adalah balok yang hanya menerima momen lentur yang konstan ($dM/dx = 0$) dan tanpa gaya normal. Jika ukuran balok relatif kecil dibanding dengan panjang balok, maka ada beberapa asumsi yang lazim digunakan antara lain (Popov, 1984) :

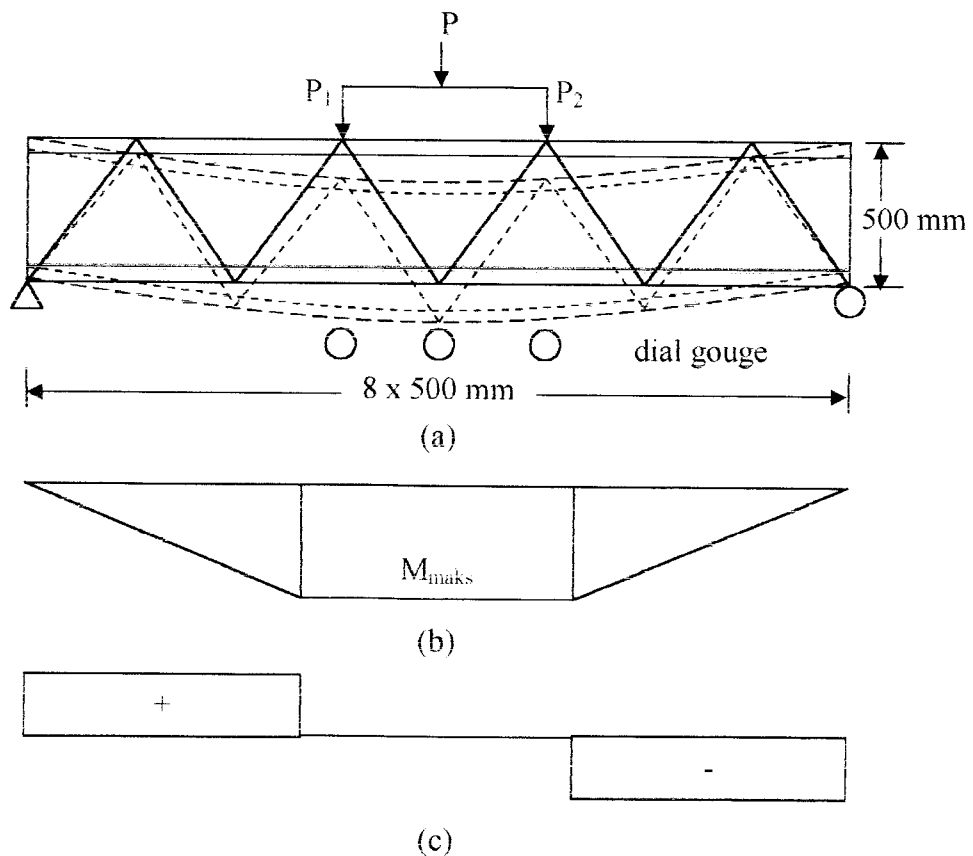
- Bidang normal akan tetap rata baik sebelum maupun sesudah balok mengalami deformasi.
- Deformasi lateral akibat dari tegangan normal diabaikan.
- Deformasi akibat lentur diabaikan.

BAB III

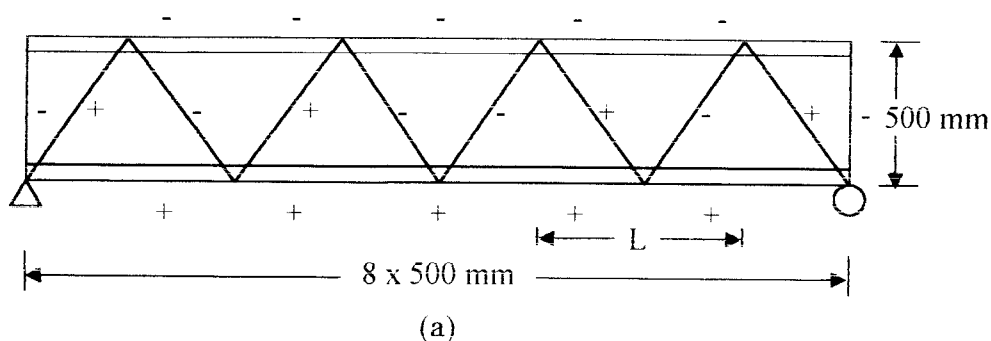
LANDASAN TEORI

3.1 Pendahuluan

Struktur rangka batang komposit pipa baja-kayu dengan tumpuan sederhana, tampak pada Gambar (3.1). Bila struktur tersebut menerima beban transversal, maka struktur tersebut akan mengalami deformasi dan menerima momen dan gaya geser, batang tepi atas mengalami gaya tekan, stabilitas struktur tekan perlu mendapat perhatian karena sangat peka terhadap faktor-faktor yang dapat mengakibatkan tekuk, pada batang bagian bawah akan mengalami gaya tarik, sedangkan batang diagonal yang mengalami tekan dan ada juga yang mengalami tarik. Sambungan antar joint menggunakan baut, tampak seperti pada Gambar (3.2).



Gambar 3.1 (a) Pembebanan (b) Diagram Momen (c) Diagram Geser



Gambar 3.3 Pengaruh Sudut (α) terhadap Panjang antar Titik Buhul (L)

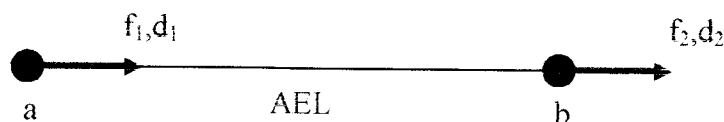
Besar sudut (α) batang diagonal pada struktur rangka batang sangat berpengaruh terhadap jarak antar titik buhul (L), tampak pada Gambar (3.3). Semakin besar sudut (α) batang diagonal, maka jarak antar titik buhul (L) semakin kecil. Jika α_1 akan diperoleh besarnya jarak L_1 , demikian pula dengan α_2 akan diperoleh besarnya jarak L_2 . Jarak L dapat berpengaruh terhadap kelangsingan pada struktur rangka batang, semakin besar jarak L maka semakin besar juga angka kelangsingannya, sehingga $\frac{L_1}{r} < \frac{L_2}{r}$.

3.2 Deformasi pada Rangka Batang

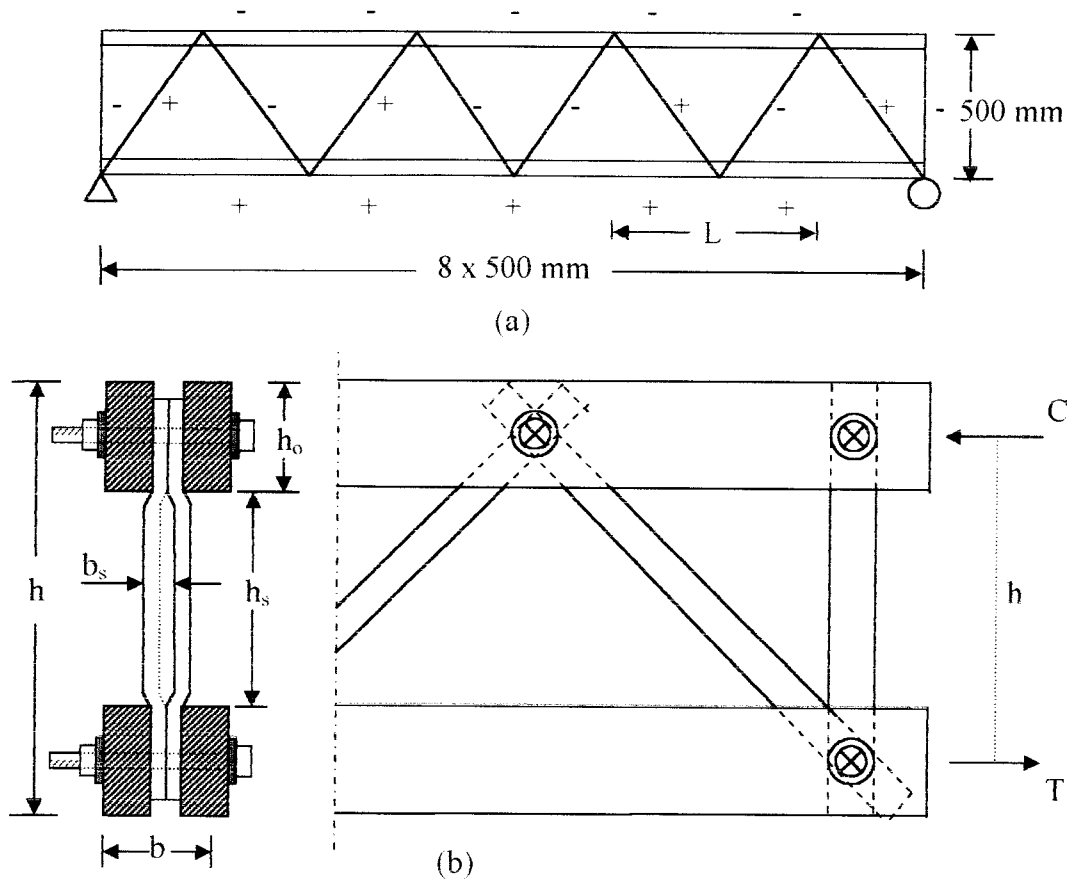
Suatu konstruksi bangunan yang menerima beban luar, baik itu beban pada batang atau beban pada titik buhul, maka konstruksi tersebut akan mengalami deformasi. Secara umum deformasi itu berupa : deformasi aksial, lentur dan puntir (Susastrawan, 1991).

Pada rangka batang (*truss*) didefinisikan sebagai konstruksi rangka dengan titik buhulnya berupa sendi (dianggap sendi). Sehingga deformasi yang terjadi pada batang-batangnya akibat beban luar adalah hanya deformasi aksial.

3.2.1 Persamaan dasar



Gambar 3.4 Elemen rangka



Gambar 3.2 (a) Gaya Batang yang Terjadi (b) Potongan Melintang

Batang tekan pada balok perlu diwaspadai, karena batang tepi rawan terjadi tekuk. Jika C merupakan total dari tegangan desak, maka $C = P_{cr}$ berdasarkan tegangan kritis yang terjadi (F_{cr}) dikalikan dengan luas batang tepi atas (A), yaitu :

$$P_{cr} = F_{cr} \cdot A \quad (3.1)$$

Mengacu pada Gambar (3.2.b) hubungan antara M_n dengan P_{cr} pada struktur rangka adalah :

$$M = P_{cr} \cdot h \quad (3.2)$$

$$M = C \cdot h \quad (3.3)$$

Dari Persamaan (3.2) dapat diketahui bahwa semakin besar nilai h (lengan momen), maka momen nominal dan momen internal semakin besar.

Arah gaya dan deformasi yang tampak pada Gambar (3.4) adalah arah positif maka :

$$\begin{Bmatrix} f_1 \\ f_2 \end{Bmatrix} = \frac{AE}{L} \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} d_1 \\ d_2 \end{Bmatrix} \quad (3.4)$$

$$\{f\} = [k] \{d\} \quad (3.5)$$

$$[k] = \frac{AE}{L} \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix} \quad (3.6)$$

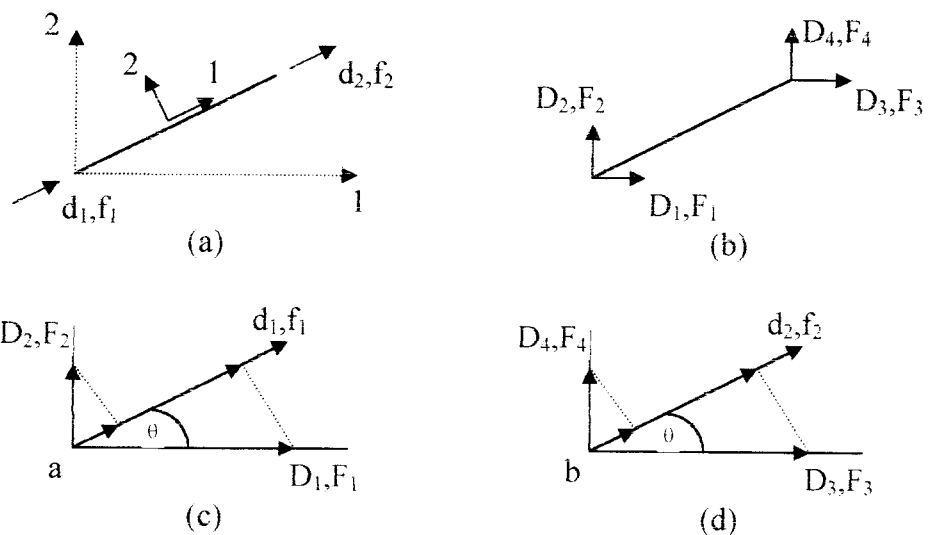
$[k]$ = matrik kekakuan pada system koordinat lokal

dengan : $\{f\}$ = vektor gaya, $[k]$ = matrik kekakuan, $\{d\}$ = vektor deformasi.

Pada rangka batang bidang kedudukan batang-batangnya adalah sembarang, sehingga untuk menganalisis konstruksi ini diperlukan transformasi koordinat.

3.2.2 Matrik transformasi

Garis putus-putus pada Gambar (3.5) menunjukkan system koordinat global (system koordinat struktur. Pada umumnya sumbu 1 (sumbu x) diambil horizontal dan sumbu 2 (sumbu y) diambil vertikal. Sedang system koordinat lokal digambarkan dengan garis penuh, sumbu 1 (sumbu x) diambil sumbu tiap batang dan sumbu 2 (sumbu y) diambil tegak lurus sumbu batang.



Gambar 3.5 (a). Kondisi Lokal, (b). Kondisi Global, (c). Tranformasi Ujung a, (d). Transformasi Ujung b

Dari Gambar (3.4.c) akan diperoleh Persamaan sebagai berikut :

$$d_1 = D_1 \cdot \cos \theta + D_2 \cdot \sin \theta \quad (3.7)$$

dalam bentuk matriks :

$$d_1 = [\cos \theta \cdot \sin \theta] \begin{Bmatrix} D_1 \\ D_2 \end{Bmatrix} \quad (3.8)$$

Dari Gambar (3.4.c) dan analog dengan Persamaan (3.8) dapat diperoleh :

$$d_2 = [\cos \theta \cdot \sin \theta] \begin{Bmatrix} D_3 \\ D_4 \end{Bmatrix} \quad (3.9)$$

dengan :

- d_1 = deformasi lokal ujung a
- d_2 = deformasi lokal ujung b
- D_1, D_2 = deformasi global ujung a
- D_3, D_4 = deformasi global ujung b

Untuk memudahkan dalam penjelasan lebih lanjut ujung-ujung batang disebut dengan ujung a dan ujung b seperti pada nampak pada Gambar (3.4.a) dengan demikian Persamaan (3.8) dan (3.9) dapat ditulis sebagai berikut :

$$d_a = [c \ s] \cdot Da \quad (3.10)$$

$$d_b = [c \ s] \cdot Db \quad (3.11)$$

dengan : $C = \cos \theta$; $S = \sin \theta$

jika diambil $\lambda = [c \ s]$, maka Persamaan (3.10) dan (3.11) dapat dituliskan :

$$\begin{Bmatrix} da \\ db \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} \lambda & 0 \\ 0 & \lambda \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} Da \\ Db \end{Bmatrix} \quad (3.12)$$

λ = matriks transformasi

untuk menyederhanakan penulisan dan penjabaran lebih lanjut, maka Persamaan (3.12) dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\{d\} = [A] \{D\} \quad (3.13)$$

Analog dengan Persamaan (3.12), akan dapat disusun Persamaan berikut :

$$\begin{Bmatrix} f_a \\ f_b \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} \lambda & 0 \\ 0 & \lambda \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} Fa \\ Fb \end{Bmatrix} \quad (3.14)$$

Dari Persamaan (3.12) dan (3.14) dapat diperoleh :

$$\begin{Bmatrix} Da \\ Db \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} \lambda^T & 0 \\ 0 & \lambda^T \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} da \\ db \end{Bmatrix} \quad (3.15)$$

atau : $\{D\} = [A]^T \{d\}$ (3.16)

dan $\begin{Bmatrix} Fa \\ Fb \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} \lambda^T & 0 \\ 0 & \lambda^T \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} da \\ db \end{Bmatrix}$ (3.17)

atau : $\{F\} = [A]^T \{f\}$ (3.18)

Dari Persamaan (3.16) dan (3.18) akan diperoleh :

$$\{F\} = A^T k.d \quad (3.19)$$

Dari Persamaan (3.19) dan (3.13), dapat diperoleh :

$$F = A^T kAD \quad (3.20)$$

Untuk tiap-tiap batang berlaku rumus $f = k.d$, maka pada sitem struktur juga berlaku

rumus : $F = K . D$ (3.21)

Dari Persamaan (3.20) dan (3.21) dapat diperoleh :

$$K = A^T k.A \quad (3.22)$$

sehingga,

$$K = \begin{bmatrix} \lambda^T & 0 \\ 0 & \lambda^T \end{bmatrix} \begin{bmatrix} k_{aa} & k_{ab} \\ k_{ba} & k_{bb} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \lambda & 0 \\ 0 & \lambda \end{bmatrix} \quad (3.23)$$

$$\begin{bmatrix} k_{aa} & k_{ab} \\ k_{ba} & k_{bb} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \lambda^T k_{aa} \lambda & \lambda^T k_{ab} \lambda \\ \lambda^T k_{ba} \lambda & \lambda^T k_{bb} \lambda \end{bmatrix} \quad (3.24)$$

Dengan : $K_{aa} = \lambda^T . k_{aa} . \lambda$; $K_{ab} = \lambda^T . k_{ab} . \lambda$; $K_{ba} = \lambda^T . k_{ba} . \lambda$; $K_{bb} = \lambda^T . k_{bb} . \lambda$

$$\lambda^T . k_{aa} . \lambda = \begin{Bmatrix} c \\ s \end{Bmatrix} \frac{AE}{L} [1] \begin{Bmatrix} c & s \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} c^2 & cs \\ cs & s^2 \end{bmatrix} \frac{AE}{L} \quad (3.25)$$

dengan cara yang sama akan didapat K_{ab}, K_{ba}, K_{bb} , sehingga didapat matrik kekakuan pada sistem koordinat global :

$$[K] = \frac{AE}{L} \begin{bmatrix} c^2 & cs & -c^2 & -cs \\ cs & s^2 & -cs & -s^2 \\ -c^2 & -cs & c^2 & cs \\ -cs & -s^2 & cs & s^2 \end{bmatrix} \quad (3.26)$$

[K] = Matriks kekakuan pada sistem koordinat global

3.3 Batang Tekan Dan Batang Tarik

3.3.1 Batang tekan

Oentoeng (1999) mengelompokkan keruntuhan batang tekan menjadi dua macam tipe, yaitu :

1. Keruntuhan yang diakibatkan tegangan lelehnya terlampaui. Hal semacam ini biasa terjadi pada batang tekan yang pendek (stocky colom).
2. Keruntuhan yang diakibatkan karena terjadinya tekuk. Hal semacam ini biasanya terjadi pada batang tekan yang langsing (sleader colom).

Keruntuhan yang diakibatkan tekuk, asalkan tegangan pada seluruh penampang masih dalam keadaan elastis maka gaya tekuknya dapat dihitung berdasarkan rumus Euler :

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{(KL/r)^2} \quad (3.27)$$

dengan : E = Modulus elastisitas bahan.

I = Momen inersia bahan.

L = Panjang Tekuk.

Untuk menentukan besarnya K tergantung dari sifat-sifat ujung batang :

1. ujung-ujung batang bersendi, maka $K = 1$
2. sebuah ujungnya bebas dan ujung lainnya jepit, maka $K = 2$
3. sebuah ujungnya sendi dan ujung lainnya jepit, maka $K = \frac{1}{2}\sqrt{2}$, dan untuk konstruksi rangka batang, dianggap $K = 1$

Pada kayu gaya yang didukung oleh batang dikalikan dengan faktor tekuk (ω), yaitu sebuah faktor yang besarnya tergantung dari kelangsingan batang (λ). Sehingga untuk menghitung tegangan desak yang terjadi digunakan rumus :

$$\sigma_{ds} = \frac{P \cdot \omega}{F_{br}} \leq \bar{\sigma}_{ds} \quad (3.28)$$

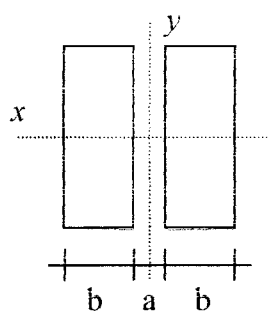
Untuk menentukan faktor tekuk (ω) terlebih dahulu harus menentukan angka kelangsingan (λ), yaitu:

$$\lambda = \frac{I_{tk}}{I_{\min}} \quad (3.29)$$

$$i_{\min} = \sqrt{\frac{I_{\min}}{F_{br}}} \quad (3.30)$$

Untuk mengetahui besarnya ω dapat dilihat dari Daftar III PKKI 1961, setelah didapat λ .

Untuk batang ganda yang terdiri dari dua batang tunggal yang diberi jarak antara. Pemberian jarak antara ini dengan maksud untuk memperbesar momen inersia yang berarti juga memperbesar daya dukung. Dari batang ganda yang terdiri dari dua bagian Gambar (3.6), didapat $I_x = 2 \cdot \frac{1}{12} \cdot bh^3$ dan karena $F = 2 \cdot bh$, maka didapat $i_x = 0,289 h$.



Pada sumbu bebas bahan (sumbu y) :

$$I_r = \frac{1}{4}(I_t + 3 I_g)$$

$$I_t = 2 I_y + 2 F \cdot e^2 \rightarrow e = (a+b)/2$$

$$I_g = \frac{1}{12} \cdot h (2 \cdot b)^3$$

$$i_x = 0,289 \cdot h$$

Gambar 3.6 Batang Ganda

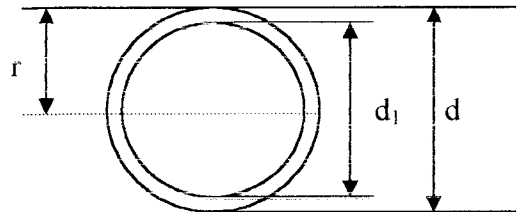
$$i_y = \sqrt{\frac{I_r}{2F}}, \quad F = b \cdot h$$

i_{\min} didapat dengan membandingkan nilai yang terkecil antara i_x dan i_y . selanjutnya dihitung λ , kemudian didapat ω sehingga didapat tegangan desak sesuai dengan Persamaan (3.28).

Pada Persamaan (3.31) menunjukkan momen inersia untuk pipa baja yang dirumuskan berdasarkan pada Gambar (3.7) adalah sebagai berikut :

$$I = \frac{\pi(d^4 - d_1^4)}{64} \quad (3.31)$$

dengan : d = diameter luar
 d_1 = diameter dalam



Gambar 3.7 Penampang Pipa Baja

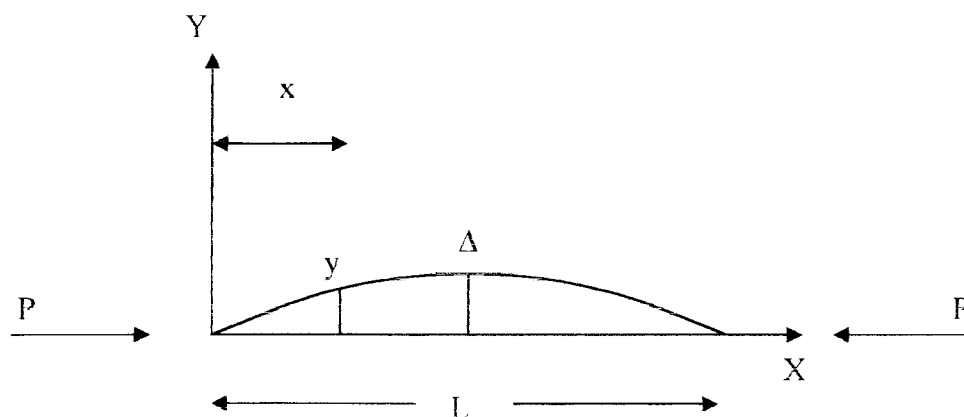
Untuk pipa baja karena jari-jari inersianya sama ke segala arah, maka hanya mempunyai satu harga r atau satu harga λ . Panjang tekuk tergantung pada keadaan ujung-ujungnya, apakah sendi, jepit atau bebas.

$$\lambda = \frac{KL}{r} \quad (3.32)$$

Jari-jari inersia untuk pipa baja dengan diameter luar d , dan diameter dalam d_1 , akan didapat persamaan sebagai berikut :

$$r = \frac{\sqrt{d^2 + d_1^2}}{4} \quad (3.33)$$

Akibat beban (P) dan pelenturan (Y), pada penampang tersebut akan bekerja momen lentur, seperti pada Gambar (3.8).



Gambar 3.8 Batang lurus yang dibebani gaya tekan aksial

$$M = -Py \quad (3.34)$$

Karena $M = EI \frac{d^2 y}{dx^2}$, jika disubstitusikan kedalam Persamaan (3.34), maka akan menjadi :

$$EI \frac{d^2 y}{dx^2} = -Py \quad (3.35)$$

dengan : E = Modulus elastisitas bahan

P = Gaya aksial

I = Momen Inersia bahan

Y = Pelenturan

Penyelesaian pada Persamaan (3.36) menunjukkan beban kritis yang dirumuskan sebagai berikut :

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L^2} \quad (3.36)$$

Persamaan (3.37) menunjukkan beban kritis menurut Euler, jika masing-masing ruas dibagi dengan luas penampang (A), akan diperoleh tegangan kritis (σ_{cr}).

$$\sigma_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L^2} \quad (3.37)$$

Karena $\frac{A}{I} = \frac{l}{i_{\min}^2}$, dan panjang (L) diganti dengan panjang tekuk (L_k), maka

Persamaan (3.37) dapat dinyatakan dengan Persamaan (3.38).

$$\sigma_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{\left[\frac{Lk}{i} \right]^2} \quad (3.38)$$

dengan $\frac{L_k}{i}$ adalah kelangsingan (λ)

Tampak bahwa kuat tekan balok dipengaruhi oleh kelangsingan, sehingga dapat dikatakan bahwa semakin langsing suatu balok, maka kuat tekan balok semakin kecil.

3.3.2 Batang tarik

Batang tarik adalah batang yang mengalami peristiwa tarik aksial akibat beban yang bekerja pada ujung-ujung batang. Desain komponen batang tarik merupakan persoalan yang paling sederhana dibandingkan perencanaan pada batang tekan. Meskipun stabilitas bukan merupakan kriteria utama dalam mendisain batang tarik, namun batang tarik perlu dibatasi panjangnya untuk menjaga agar fleksible, karena pada batang tarik yang panjang akan mempunyai lendutan yang besar sekali hal ini disebabkan oleh berat dari batang tarik itu sendiri.

Salmon johnson (1986) mengulas tentang masalah batang tarik, bahwa perencanaan batang tarik merupakan salah satu masalah teknik struktur yang paling sederhana, karena stabilitas bukan merupakan hal yang utama, perencanaan batang tarik pada hakikatnya menentukan luas penampang lintang batang yang cukup untuk menahan beban yang terjadi pada dua tempat yaitu :

1. Keruntuhan pada penampang bruto yang jauh dari sambungan (kriteria pelepasan)

Prosedur perencanaan ini umumnya berdasarkan kekuatan batas (*ultimate*). Akan mencapai kekuatan batas bila semua serat penampang lintang batang meleleh (kriteria pelepasan). Kekuatan batang tarik tersebut dinyatakan dengan :

$$T_u = F_y A_g \quad (3.39)$$

dimana : T_u = beban tarik

F_y = kekuatan tarik

A_g = luas penampang bruto.

2. Keruntuhan pada daerah luas netto terkecil (kerusakan fraktur)

Keruntuhan pada batang tarik yang berlubang akibat lubang baut atau paku keling, luas penampang lintang yang direduksi (luas netto) digunakan dalam perhitungan. Lubang pada batang akan menimbulkan konsentrasi tegangan (tegangan tidak merata). Kekuatan batang tarik yang berlubang ditunjukkan pada Persamaan (3.40)

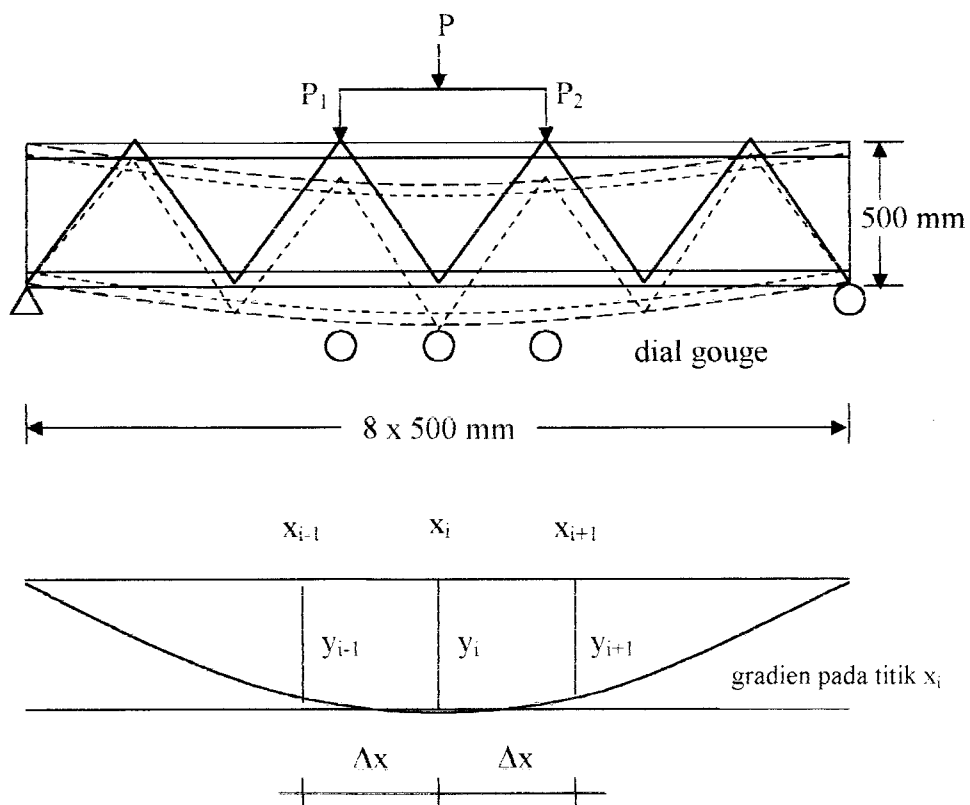
$$T_u = F_u A_e \quad (3.40)$$

dimana : T_u = beban tarik

F_u = tegangan ultimit

A_e = luas penampang efektif

3.4 Hubungan Momen dengan Kelengkungan



Gambar 3.9 Kelengkungan Balok dengan Pendekatan *Central Difference*

Dari pengujian kuat lentur didapat defleksi pada titik dimana dial gouge dipasang pada benda uji.

Menurut *Temoshenko (1987)*, hubungan momen dengan kelengkungan adalah sebagai berikut :

$$\phi = \frac{M}{EI} \quad (3.41)$$

Sedangkan kelengkungan menurut *Popov (1984)* adalah :

$$\theta = \frac{\frac{d^2 y}{dx^2}}{\left\{ 1 + \left(\frac{dy}{dx} \right)^2 \right\}^{3/2}} \quad (3.42)$$

bila $\frac{dy}{dx}$ kecil, maka $\left(\frac{dy}{dx} \right)^2 = 0$, sehingga didapat Persamaan (3.43) sebagai

berikut :

$$\theta = \frac{d^2 y}{dx^2} \quad (3.43)$$

Untuk memperoleh grafik hubungan momen-kelengkungan dari data uji kuat lentur balok komposit dipasang tiga buah dial seperti yang ditunjukkan pada Gambar (3.9). Secara teoritis kelengkungan balok diperoleh dengan pendekatan metode *central difference (Widodo, 1997)*.

Mengacu pada Gambar (3.7) $\frac{dy}{dx}$ didekati dengan Persamaan :

$$\frac{dy}{dx} = \frac{y_{i+1} - y_{i-1}}{2\Delta x} \quad (3.44)$$

Kelengkungan diperoleh dengan menurunkan Persamaan (3.44), sehingga diperoleh :

$$\frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{(2\Delta_x) \frac{d}{dx} (y_{i+1} - y_{i-1}) - (y_{i+1} - y_{i-1}) \frac{d}{dx} (2\Delta_x)}{(2\Delta_x)^2} \quad (3.45)$$

karena $(2\Delta_x)$ konstants, maka $\frac{d}{dx} (2\Delta_x) = 0$, sehingga :

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{(2\Delta_x) \left(\frac{y_{i+1} - y_i}{2\Delta_x} - \frac{y_i - y_{i-1}}{2\Delta_x} \right)}{(2\Delta_x)^2} \quad (3.46)$$

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{y_{i+1} - 2y_i + y_{i-1}}{(2\Delta_x)^2} \quad (3.47)$$

dengan :

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{M}{EI} \quad (3.48)$$

Integral pertama dari Persamaan (3.48) didapat Persamaan (3.49)

$$\frac{dy}{dx} = \frac{1}{EI} \int M dx + C1 \quad (3.49)$$

Integral kedua dari Persamaan (3.48) didapat Persamaan (3.50)

$$y = \frac{1}{EI} \iint M dx dx + C1x + C2 \quad (3.50)$$

Sehingga dari Persamaan (3.50) didapat persamaan umum lendutan :

$$y = \Delta = \frac{1}{EI} \iint M dx dx + C1x + C2 \quad (3.51)$$

Untuk besarnya defleksi tengah bentang dari Persamaan (3.51) adalah :

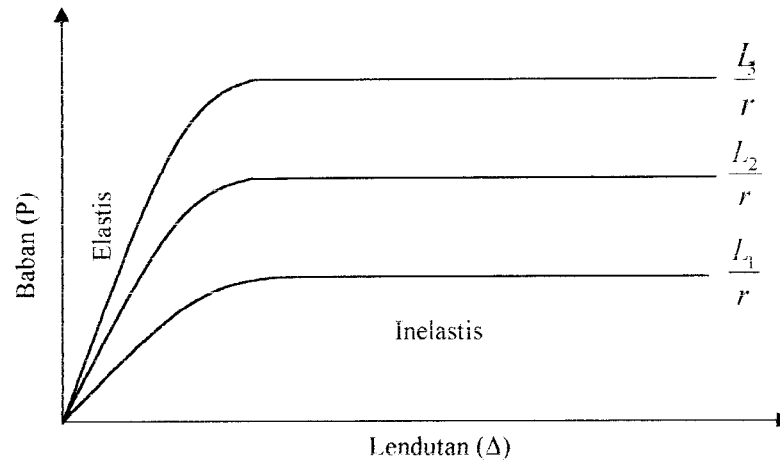
$$\Delta = \frac{23PL^3}{648EI} \quad (3.52)$$

dengan :
 Δ = defleksi
 P = beban balok
 E = modulus elastis bahan
 L = panjang bentang balok
 I = momen inersia penampang

Persamaan (3.51) merupakan persamaan pendekatan untuk kelengkungan balok berdasarkan tiga buah titik lendutan yang masing-masing berjarak Δx , apabila nilai Δx semakin besar maka kemungkinan terjadi kesalahan juga semakin besar.

3.4.1 Grafik hubungan beban dengan lendutan

Hubungan beban-lendutan balok komposit menurut *Park and Paulay (1975)* ditunjukkan pada Gambar (3.10).

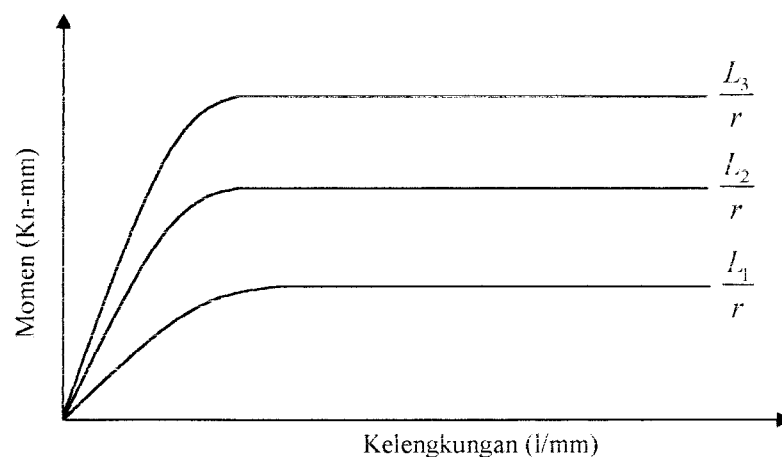


Gambar 3.10 Hubungan Beban (P) dan Lendutan (Δ) Balok Komposit

Dari hubungan persamaan kekakuan balok ($k = P / \Delta$) dapat diketahui bahwa semakin besar lendutan yang terjadi maka nilai kekakuan balok menjadi berkurang dengan demikian kekuatan balok dalam menerima beban juga semakin kecil.

3.4.2 Grafik hubungan momen dengan kelengkungan

Hubungan momen-kelengkungan balok komposit menurut *Park and Paulay (1975)* seperti ditunjukkan pada Gambar (3.11).



Gambar 3.11 Hubungan Momen dan Kelengkungan (ϕ) Balok Komposit

Pada saat pembebanan telah tercapai pada P_{max} dan terjadi momen batas yang menimbulkan mekanisme keruntuhan, maka penampang ini akan terus berdeformasi tanpa menghasilkan daya tahan tambahan. Sudut regangan ϕ akan elastis seluruhnya setelah itu keadaan tidak stabil dan lendutan tidak terkendali. Hal ini disebabkan momen dan kelengkungan dipengaruhi nilai EI atau $\phi = M/EI$.

Dari grafik hubungan beban-lendutan dan momen-kelengkungan secara keseluruhan dapat dijelaskan bahwa komposit baja-kayu akan mengalami degradasi kekuatan yang dipengaruhi oleh nilai kekakuan (k) atau faktor kekakuan (EI).

3.5 Daktilitas

Suatu struktur dikatakan memiliki sifat daktil yaitu apabila struktur tersebut masih mampu menahan beban deformasi setelah tegangan lelehnya terlampaui. Tingkat daktilitas suatu struktur dapat diperoleh dari hubungan beban-lendutan yang disebut dengan daktilitas simpangan yang besarnya bisa diperoleh dari persamaan sebagai berikut:

$$\mu_{simpangan} = \frac{\Delta t}{\Delta y} \quad (3.53)$$

dengan, $\mu_{simpangan}$ = daktilitas simpangan

Δt = lendutan (deformasi) maksimal

Δy = lendutan pada batas elastis

Di samping itu, daktilitas juga didapatkan dari hubungan momen kelengkungan (*curvature ductility*) yang dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut:

$$\mu_{kelengkungan} = \frac{\phi.t}{\phi.y} \quad (3.54)$$

dengan, $\mu_{kelengkungan}$ = daktilitas kelengkungan

$\phi.t$ = kelengkungan maksimal

$\phi.y$ = kelengkungan pada batas elastis

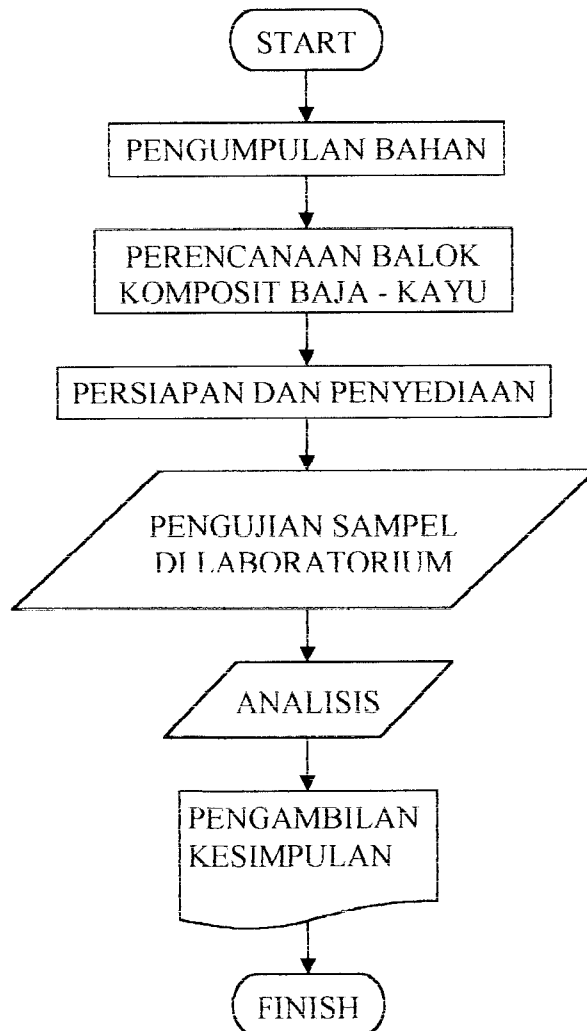
3.6 Hipotesa

Hipotesa awal dari penelitian ini adalah dengan menggunakan sudut α yang berbeda-beda besarnya akan diperoleh panjang jarak antar titik buhul (L) yang berbeda pula. Semakin besar sudut α atau semakin kecil jarak L pada struktur rangka batang komposit pipa baja-kayu akan menambah kemampuan struktur tersebut dalam menahan beban-lendutan dan momen-kelengkungan.

BAB IV
METEDOLOGI PENELITIAN

4.1 METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini adalah suatu cara pelaksanaan penelitian dalam rangka mencari jawaban atas permasalahan penelitian yang diajukan dalam penulisan tugas akhir. Jalannya dari penelitian dapat dilihat pada flowchart yang disajikan pada Gambar (4.1)



Gambar 4.1 Flowchart Metode Penelitian

4.2 Bahan-Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Kayu

Kayu yang digunakan dalam penelitian ini adalah balok papan kayu bangkirai dengan ukuran tampang 3/10 cm, dengan panjang bentang 4 meter.

2. Batang diagonal

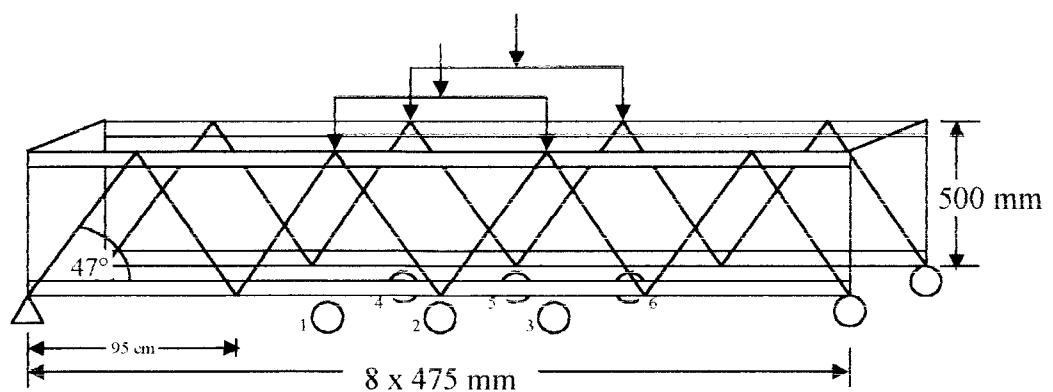
Batang diagonal pada struktur rangka batang komposit pipa baja-kayu menggunakan pipa baja dengan ukuran $\phi 1\frac{1}{4}$ inchi.

3. Baut

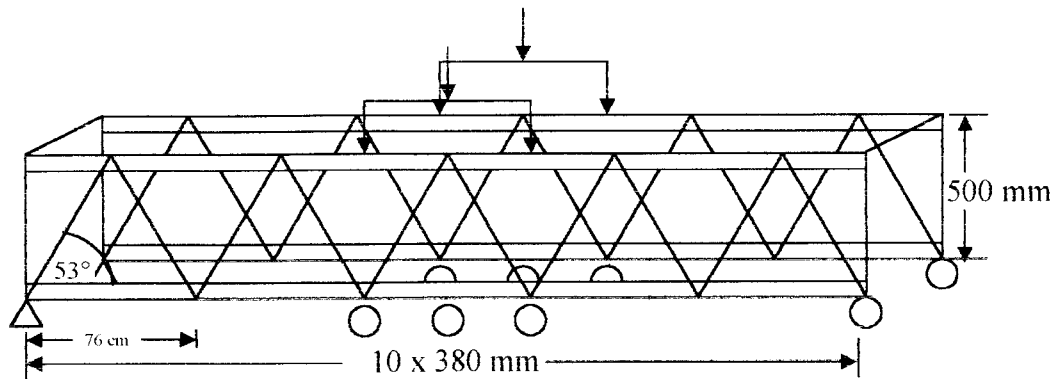
Untuk menghubungkan kayu dengan pipa baja dipakai baut ukuran $\phi \frac{1}{2}$ inchi.

4.3 Model Benda Uji

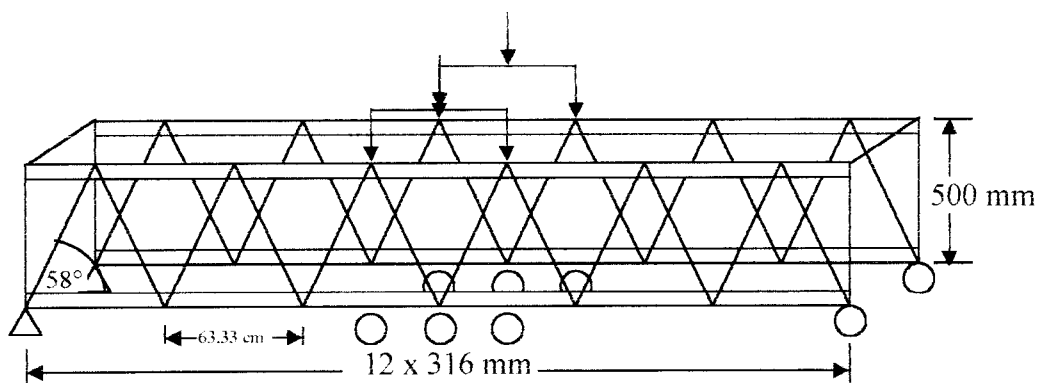
Model benda uji berupa rangka batang sebanyak 4 buah, dengan variasi sudut batang diagonal α_1 sebesar 47° dan panjang jarak $L_1 = 95$ cm Gambar (4.2), sudut batang diagonal $\alpha_2 = 53^\circ$ dan panjang jarak $L_2 = 76$ cm Gambar (4.3) dan sudut batang diagonal $\alpha_3 = 58^\circ$ dan panjang jarak $L_3 = 63,33$ cm Gambar (4.4)



Gambar 4.2 Sampel dengan Sudut Batang Diagonal $\alpha_1 = 47^\circ$ dan Panjang Jarak $L_1 = 95$ cm



Gambar 4.3 Sampel dengan Sudut Batang Diagonal $\alpha_2 = 53^\circ$
dan Panjang Jarak $L_2 = 76$ cm



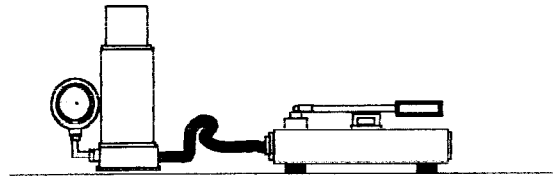
Gambar 4.4 Sampel dengan Sudut Batang Diagonal $\alpha_3 = 58^\circ$
dan Panjang Jarak $L_3 = 63,33$ cm

4.4 Peralatan

Penelitian ini menggunakan beberapa peralatan yang terdiri dari :

1. Hidraulik Jack

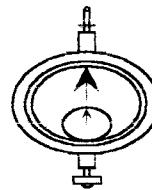
Alat ini digunakan untuk memberikan pembebanan pada pengujian lentur struktur rangka batang komposit pipa baja-kayu dengan beban sentris P yang mempunyai kapasitas maksimum 30 ton dan ketelitian pembacaan sebesar 0,25 ton. Bentuk fisik *Hidraulik Jack* dapat dilihat pada Gambar (4.5).



Gambar 4.5 *Hidraulik Jack*

2. *Dial Gauge*

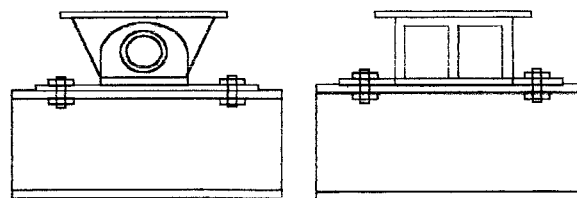
Alat ini digunakan untuk mengukur besar lendutan yang terjadi. Pada penelitian ini menggunakan *Dial Gauge* dengan kapasitas lendutan maksimum 50 mm dan ketelitian pembacaan 0,01 mm, seperti pada Gambar (4.6)



Gambar 4.6 *Dial Gauge*

3. *Dukungan Sendi dan Rol*

Dukungan sendi di pasang pada salah satu dukungan struktur rangka batang komposit pipa baja-kayu dan dukungan rol di pasang pada dukungan lainnya, seperti pada Gambar (4.7)



a. Dukungan Rol

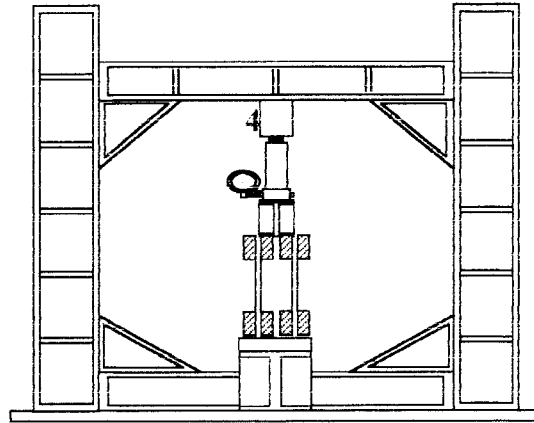
b. Dukungan Sendi

Gambar 4.7 Dukungan Sendi dan Rol

4. *Loading Frame*

Untuk keperluan uji pembebanan digunakan *Loading Frame*, dari bahan baja profil WF 450x200x9x14. Seperti pada Gambar (4.8). Bentuk dasar *Loading Frame* berupa portal segi empat yang berdiri di atas lantai beton dengan perantara pelat dasar dari besi setebal 14 mm. Agar *Loading Frame*

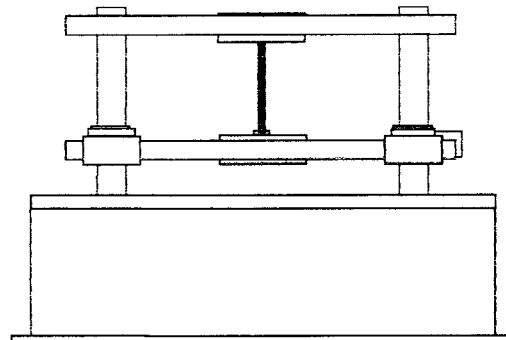
tetap stabil, pelat dasar dibaut ke lantai beton dan kedua kolomnya dihubungkan oleh balok WF 450x200x9x14. Posisi balok portal dapat diatur untuk menyesuaikan dengan bentuk dan ukuran model yang akan diuji.



Gambar 4.8 Bentuk Fisik *Loading Frame*

5. *Mesin Uji Kuat Tarik*

Digunakan untuk mengetahui kuat tarik baja. Pada penelitian ini alat yang digunakan UNIVERSAL TESTING MATERIAL (UTM) Merk SHIMATSU type UMH 30, Kapasitas 30 ton, seperti pada Gambar (4.9)



Gambar 4.9 Universal Testing Material (UTM).

4.5 **Prosedur Penelitian**

Prosedur pada penelitian ini terdiri dari beberapa tahap, yaitu :

1. Tahap Perumusan Masalah

Tahap ini meliputi perumusan terhadap topik penelitian, perumusan tujuan, serta pembatasan 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

- a. Pengumpulan bahan
- b. Pembuatan benda uji
- c. Persiapan peralatan
- d. Pengujian benda uji
- e. Pengujian dilakukan dengan cara memberi beban sentris P terhadap benda uji secara perlahan sampai terjadi kerusakan pada benda uji.

4. Tahap Analisis dan Pembahasan

Analisis dilakukan dengan mencatat hasil uji laboratorium berupa lendutan yang terjadi.

5. Tahap Penarikan Kesimpulan

Dari hasil penelitian dapat diambil kesimpulan berdasarkan teori yang digunakan untuk menjawab penelitian terhadap permasalahan.

4.6 Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian tugas akhir ini dilakukan dalam beberapa tahap, yaitu sebagai berikut :

4.6.1 Pembuatan benda uji

Struktur rangka batang komposit pipa baja-kayu dengan panjang bentang 4 meter, dirangkaikan terhadap batang diagonal dengan diameter $\Phi = 1\frac{1}{4}$ " dengan menggunakan baut sebagai alat sambung. Pada penelitian ini dibuat 6 model benda uji dengan dua variasi sudut α , yaitu dua benda uji dengan menggunakan sudut $\alpha = 47^\circ$ dua benda uji dengan menggunakan sudut $\alpha = 53^\circ$ dan dua benda uji dengan menggunakan sudut $\alpha = 58^\circ$.

4.6.2 Setting peralatan

Sebelum pengujian dilaksanakan, terlebih dahulu dilakukan *setting* terhadap peralatan yang akan dipergunakan, sebagai berikut :

Dukungan rol dan dukungan sendi pada Gambar (4.7) diletakkan pada *Loading Frame* Gambar (4.8) pada posisi 2 meter dari pusat *Loading Frame*, yang dipergunakan untuk menumpu benda uji dengan panjang 4 meter. Kemudian pengaku ditempatkan pada sisi kanan dan kiri benda uji untuk menahan benda uji agar tidak mengalami tekuk kea rah samping.

Selanjutnya *Hidraulik Jack* Gambar (4.5) diletakkan diatas balok sepanjang 1 meter yang berfungsi sebagai pembagi beban agar diperoleh dua pusat beban yang membebani benda uji dan tiga buah *Dial Gauge* Gambar (4.6) diletakkan dibawah benda uji seperti pada Gambar (4.2), Gambar (4.3) dan Gambar (4.4).

4.6.3 Proses pengujian

Proses pengujian yang dilakukan dengan cara sebagai berikut :

1. Benda uji yang sudah di *setting* siap diuji. *Hidraulik Jack* dipompa untuk mendapatkan beban bertahap yang dinaikkan secara berangsur-angsur dengan interval 3,5 kN, dimulai dari pembebanan 0 kN sampai dengan pembebanan maksimum.
2. Setiap pembebanan mencapai interval 3,5 kN, Pemompaan *Hidraulik Jack* dihentikan dan ditahan kemudian pembacaan dan pencatatan *Dial Gauge*.
3. Proses dilakukan sampai pembebanan maksimum, sehingga benda uji mengalami leleh sampai terjadi kerusakan pada benda uji.

BAB V

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1. Hasil Uji Kuat Tarik Baja

Pelaksanaan Pengujian kuat tarik baja dilaksanakan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Pengujian kuat tarik baja dilakukan untuk mengetahui mutu dari bahan atau profil yang digunakan dalam penelitian. Hasil pengujian kuat tarik baja ditunjukkan pada Tabel (5.1)

Tabel 5.1 Hasil Uji Kuat Tarik Baja

Benda Uji	Tegangan Leleh σ_{leleh} (Mpa)	Tegangan Leleh Rata-Rata (Mpa)
Benda Uji 1	370	373
Benda Uji 2	365	
Benda Uji 3	385	

5.2 Hasil Pengujian Kuat Lentur Komposit Pipa Baja-Kayu

Pelaksanaan pengujian kuat lentur struktur rangka batang komposit pipa baja-kayu dilakukan di Laboratorium Analisis Struktur, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Dari hasil pengujian ini didapat grafik hubungan beban lendutan dan momen kelengkungan.

5.3 Hubungan Beban Lendutan Hasil Pengujian

Pada pengujian kuat lentur ini, struktur rangka batang komposit pipa baja-kayu diberikan dua beban yang terletak setiap sepertiga bagian panjang rangka batang tersebut sebesar satu meter. Secara bertahap struktur rangka batang komposit pipa baja-kayu diberi kenaikan sebesar 350 kg (3,5 KN), kemudian pada setiap tahap pembebanan lendutan yang terjadi dicatat.

5.3.1 Benda uji 1 (rangka batang komposit pipa baja-kayu $\alpha_1 = 47^\circ$)

Dari hasil pengujian kuat lentur benda uji 1 (rangka batang komposit pipa baja-kayu $\alpha_1 = 47^\circ$) didapat data pada Tabel (5.2) sebagai berikut :

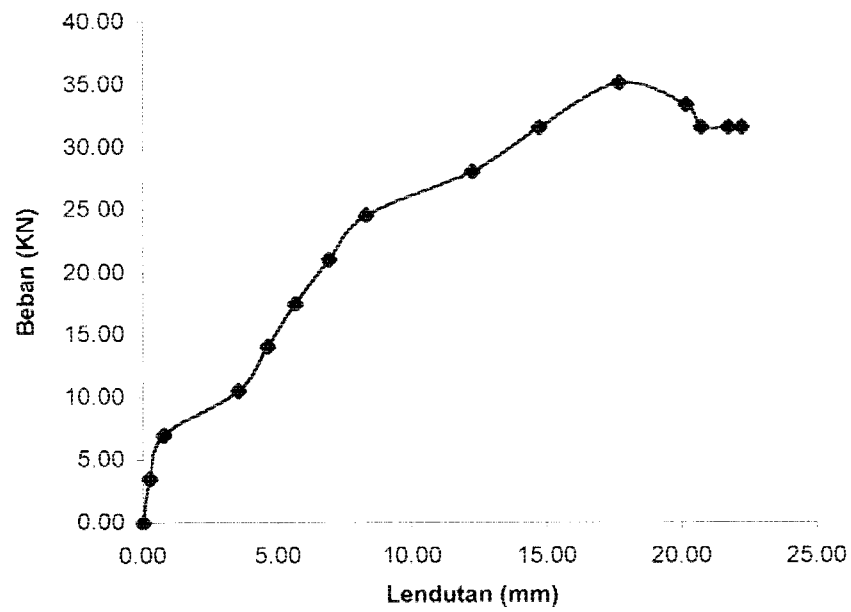
Tabel 5.2 Hubungan Beban Lendutan Hasil Pengujian Benda Uji 1 $\alpha = 47^\circ$
(Revisi)

No.	Beban (KN)	Lendutan (mm)						Lendutan Rata-Rata (mm)		
		Dial 1	Dial 2	Dial 3	Dial 4	Dial 5	Dial 6	Y_{i-1}	Y_i	Y_{i+1}
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	3.50	0.30	0.32	0.20	0.19	0.51	0.10	0.25	0.42	0.15
3	7.00	0.81	1.24	1.19	0.69	1.82	1.72	0.75	1.53	1.46
4	10.50	3.50	3.65	3.44	3.55	4.68	3.58	3.53	4.17	3.51
5	14.00	4.95	5.14	4.89	4.26	5.42	4.32	4.61	5.28	4.61
6	17.50	5.78	6.44	5.82	5.49	6.41	5.75	5.64	6.43	5.79
7	21.00	6.48	7.07	6.92	7.30	8.66	7.64	6.89	7.87	7.28
8	24.50	7.81	7.91	7.01	8.74	10.27	9.28	8.28	9.09	8.15
9	28.00	10.86	11.29	10.45	13.61	15.81	15.69	12.24	13.55	13.07
10	31.50	12.61	13.30	11.40	16.80	19.07	16.20	14.71	16.19	13.80
11	35.00	14.59	14.62	12.33	20.72	23.34	20.05	17.66	18.98	16.19
12	33.25	14.88	16.94	15.76	25.39	28.20	25.02	20.14	22.57	20.39
13	31.50	15.18	17.19	16.04	26.17	29.03	25.79	20.68	23.11	20.92
14	31.50	15.66	19.19	16.58	27.73	30.58	29.93	21.70	24.89	23.26
15	31.50	15.90	19.93	16.78	28.49	31.78	31.15	22.20	25.86	23.97

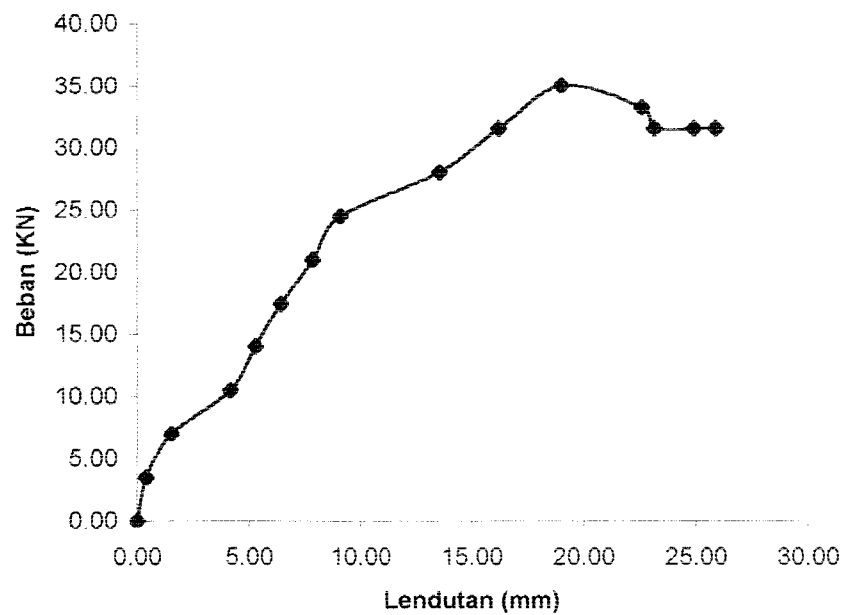
Keterangan :

1. Lendutan Y_{i-1} adalah lendutan rata-rata pada Dial 1 dan Dial 4.
2. Lendutan Y_i adalah lendutan rata-rata pada Dial 2 dan Dial 5.
3. Lendutan Y_{i+1} adalah lendutan rata-rata pada Dial 3 dan Dial 6.

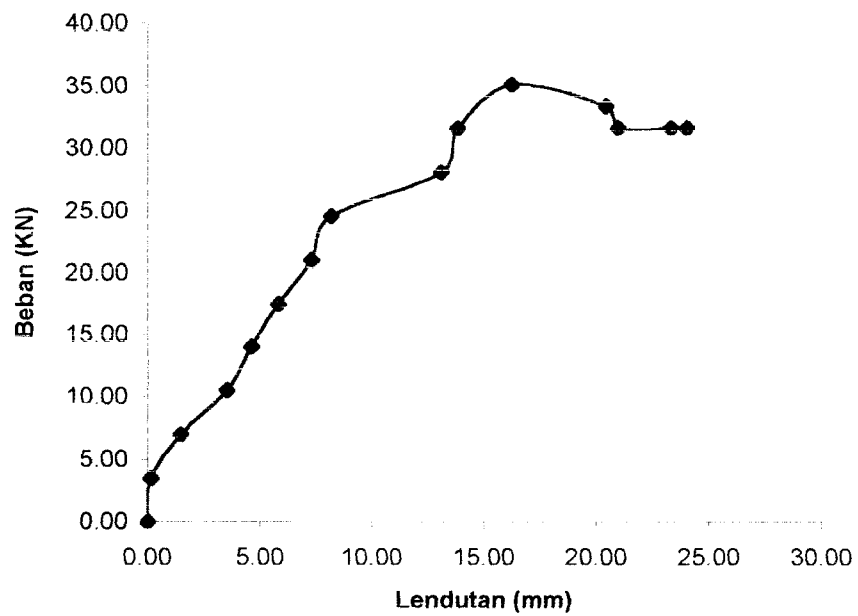
Dari data pada Tabel (5.2) hubungan beban dan lendutan di atas didapatkan grafik-grafik hubungan beban lendutan pada Gambar (5.1) sampai dengan Gambar (5.6) berikut ini :



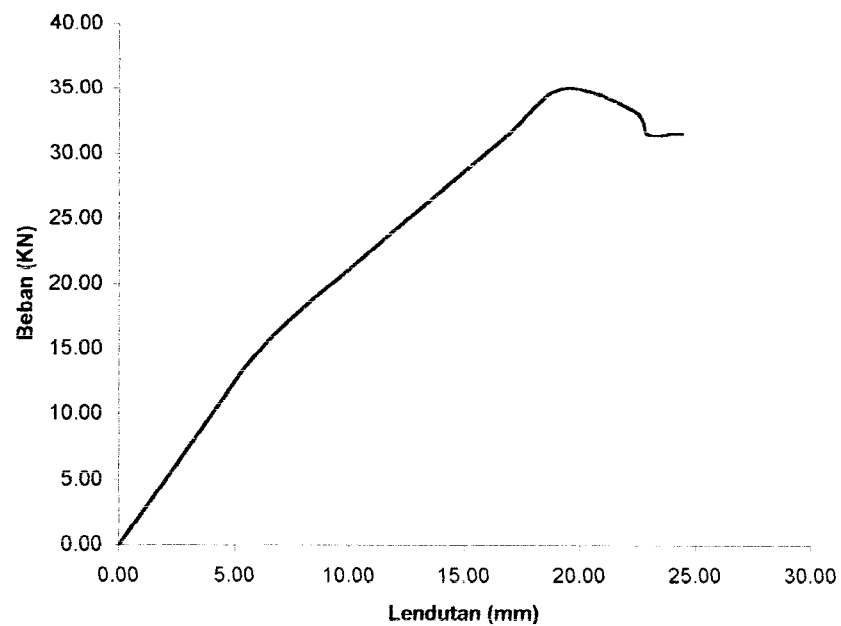
Gambar 5.1 Grafik Beban Lendutan Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja-Kayu Benda Uji 1 $\alpha = 47^\circ$ pada Lendutan Y_{1-1}



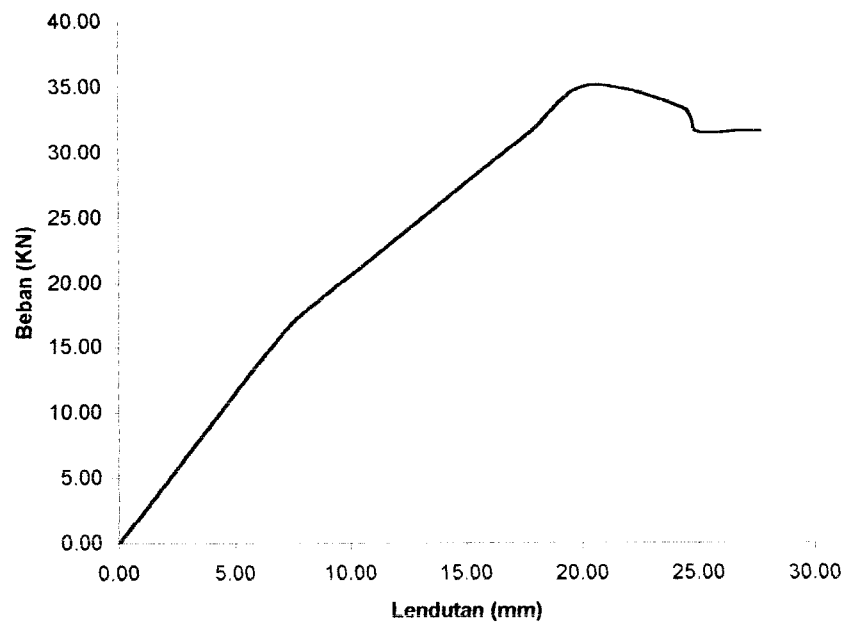
Gambar 5.2 Grafik Beban Lendutan Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja-Kayu Benda Uji 1 $\alpha = 47^\circ$ pada Lendutan Y_1



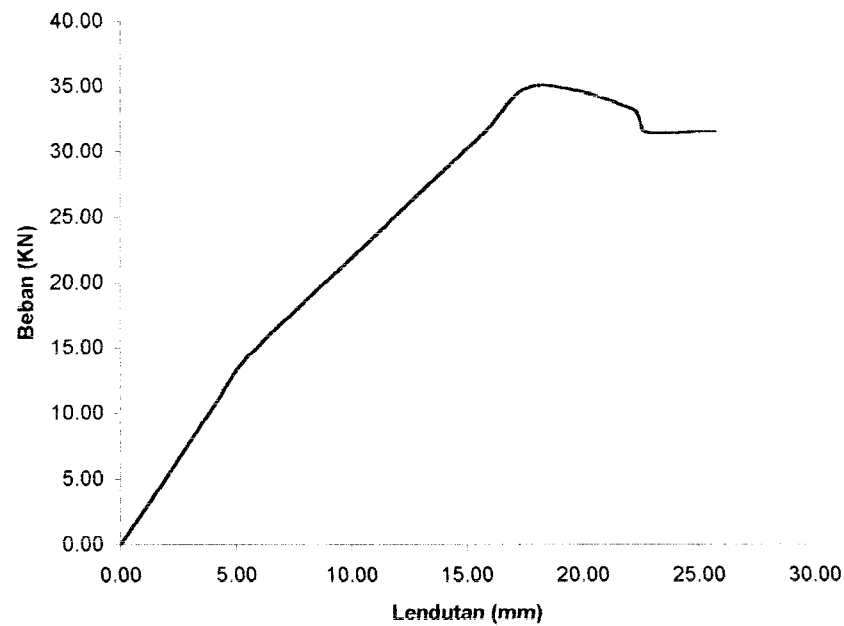
Gambar 5.3 Grafik Beban Lendutan Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja-Kayu Benda Uji 1 $\alpha = 47^\circ$ pada Lendutan Y_{i+1}



Gambar 5.4 Grafik Beban Lendutan Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja-Kayu Benda Uji 1 $\alpha = 47^\circ$ pada Lendutan Y_{i-1} dengan Regresi



Gambar 5.5 Grafik Beban Lendutan Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja-Kayu Benda Uji I $\alpha = 47^\circ$ pada Lendutan Y_i dengan Regresi



Gambar 5.6 Grafik Beban Lendutan Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja-Kayu Benda Uji I $\alpha = 47^\circ$ pada Lendutan Y_{i+1} dengan Regresi

5.3.2 Benda uji 2 (rangka batang komposit pipa baja-kayu $\alpha_2 = 53^\circ$)

Dari hasil pengujian kuat lentur benda uji 2 (rangka batang komposit pipa baja-kayu $\alpha_2 = 53^\circ$) didapat data pada Tabel (5.3) sebagai berikut :

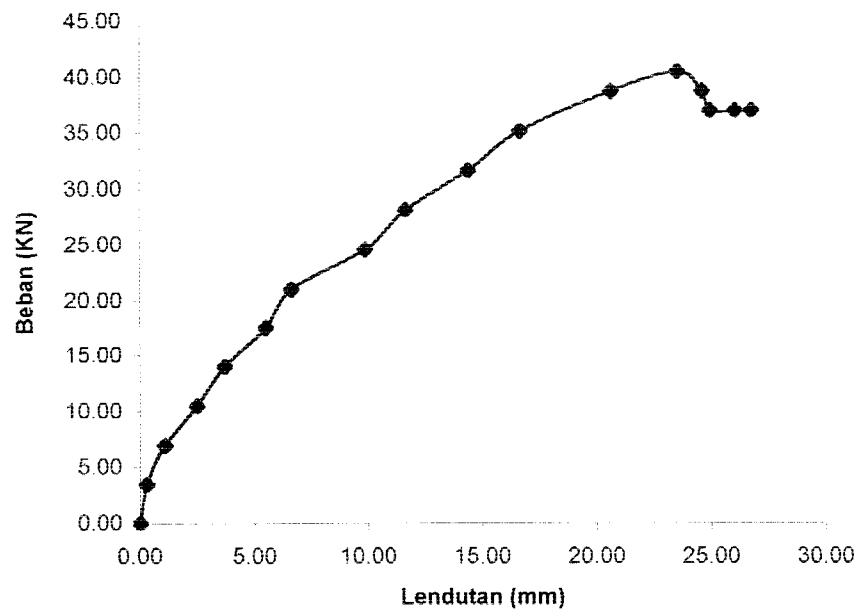
Tabel 5.3 Hubungan Beban Lendutan Hasil Pengujian Benda Uji 2 $\alpha = 53^\circ$

No.	Beban (KN)	Lendutan (mm)						Lendutan Rata-Rata (mm)		
		Dial 1	Dial 2	Dial 3	Dial 4	Dial 5	Dial 6	Y _{i-1}	Y _i	Y _{i+1}
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	3.50	0.24	0.31	0.25	0.30	0.35	0.34	0.27	0.33	0.30
3	7.00	0.84	1.01	0.92	1.25	1.31	1.25	1.05	1.16	1.09
4	10.50	2.00	2.36	2.26	2.91	2.93	2.58	2.46	2.65	2.42
5	14.00	3.23	4.05	3.65	4.09	4.11	3.57	3.66	4.08	3.61
6	17.50	5.19	6.14	5.85	5.75	5.80	5.10	5.47	5.97	5.48
7	21.00	6.52	7.28	7.21	6.66	6.96	5.99	6.59	7.12	6.60
8	24.50	9.93	10.65	10.48	9.74	10.15	9.15	9.84	10.40	9.82
9	28.00	11.54	12.50	12.09	11.66	11.96	11.08	11.60	12.23	11.59
10	31.50	14.00	15.25	14.56	14.71	14.95	14.07	14.36	15.10	14.32
11	35.00	15.87	17.24	16.65	17.38	17.73	16.68	16.63	17.49	16.67
12	38.50	18.50	20.24	19.61	22.70	24.06	21.26	20.60	22.15	20.44
13	40.25	19.22	20.88	20.32	27.74	29.24	26.32	23.48	25.06	23.32
14	38.50	19.86	21.33	20.27	29.26	30.94	28.34	24.56	26.14	24.31
15	36.75	19.71	21.46	20.20	30.10	31.73	29.12	24.91	26.60	24.66
16	36.75	19.68	22.14	20.15	32.27	32.53	29.94	25.98	27.34	25.05
17	36.75	20.03	22.47	20.27	33.02	32.84	30.05	26.70	29.01	27.02

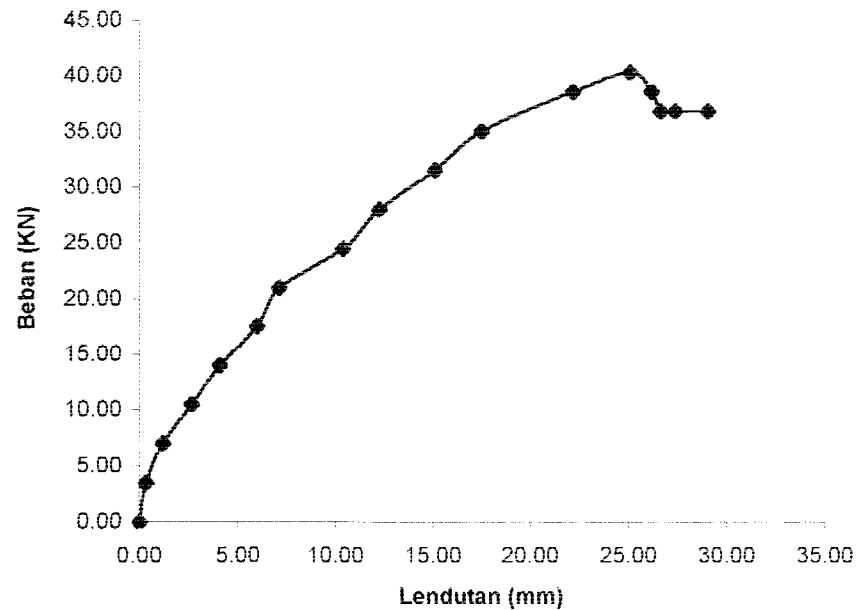
Keterangan :

1. Lendutan Y_{i-1} adalah lendutan rata-rata pada Dial 1 dan Dial 4.
2. Lendutan Y_i adalah lendutan rata-rata pada Dial 2 dan Dial 5.
3. Lendutan Y_{i+1} adalah lendutan rata-rata pada Dial 3 dan Dial 6.

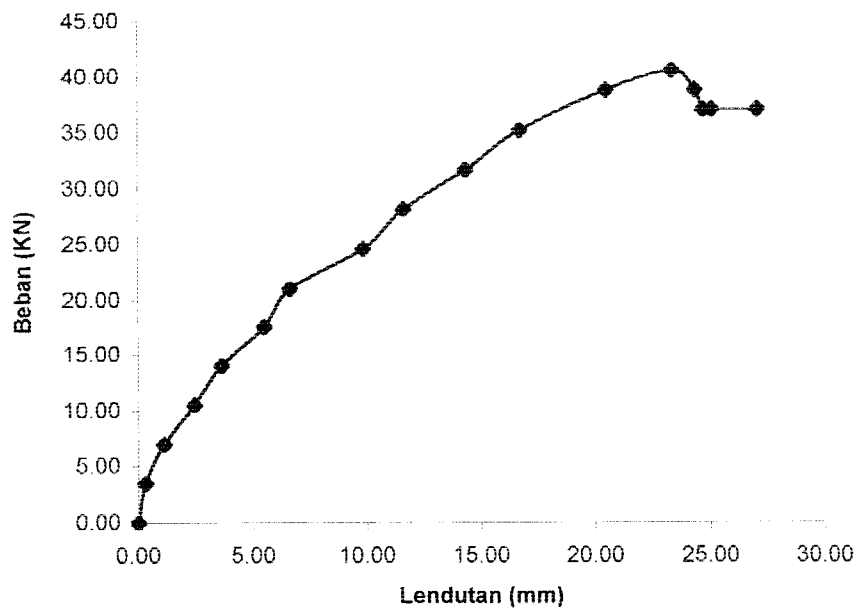
Dari data pada Tabel (5.3) hubungan beban dan lendutan di atas didapatkan grafik-grafik hubungan beban lendutan pada Gambar (5.7) sampai dengan Gambar (5.12) berikut ini :



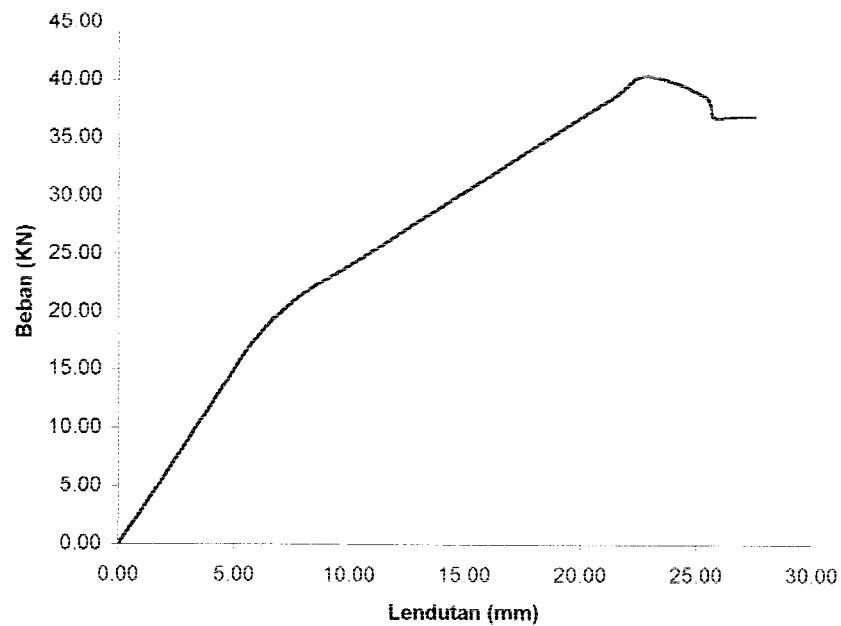
Gambar 5.7 Grafik Beban Lendutan Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja-Kayu Benda Uji 2 $\alpha = 53^\circ$ pada Lendutan $Y_{1,1}$



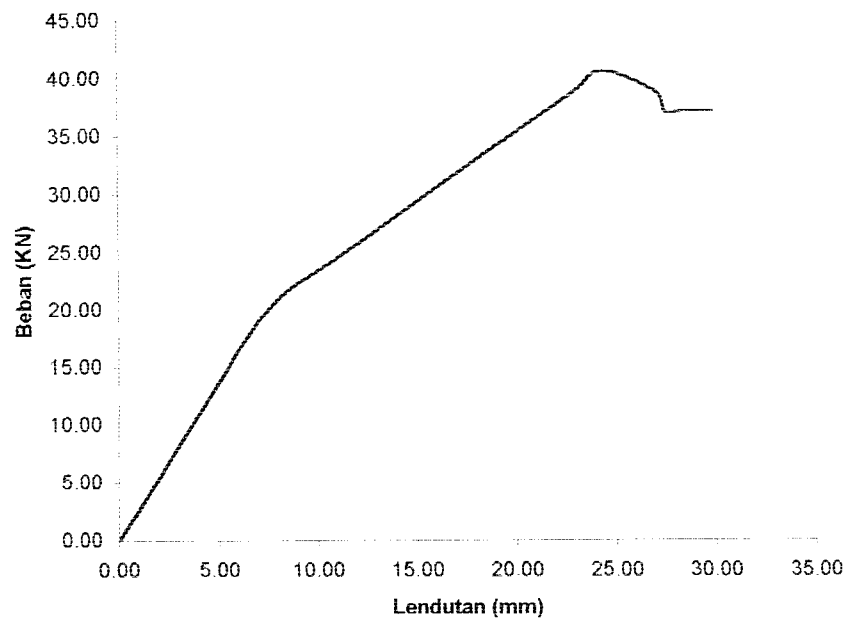
Gambar 5.8 Grafik Beban Lendutan Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja-Kayu Benda Uji 2 $\alpha = 53^\circ$ pada Lendutan Y_1



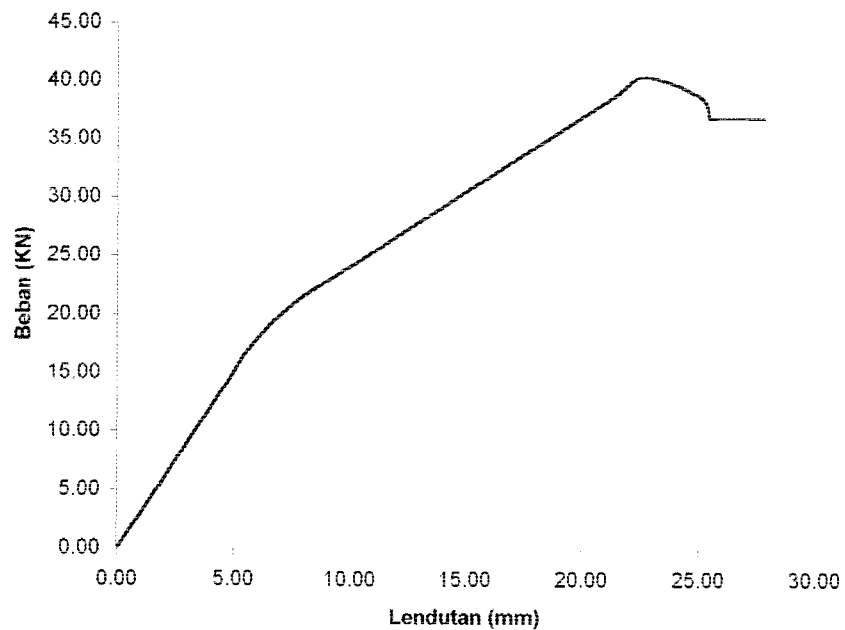
Gambar 5.9 Grafik Beban Lendutan Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja-Kayu Benda Uji 2 $\alpha = 53^\circ$ pada Lendutan Y_{i+1}



Gambar 5.10 Grafik Beban Lendutan Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja-Kayu Benda Uji 2 $\alpha = 53^\circ$ pada Lendutan Y_{i-1} dengan Regresi



Gambar 5.11 Grafik Beban Lendutan Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja-Kayu Benda Uji 2 $\alpha = 53^\circ$ pada Lendutan Y_i dengan Regresi



Gambar 5.12 Grafik Beban Lendutan Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja-Kayu Benda Uji 2 $\alpha = 53^\circ$ pada Lendutan Y_{i+1} dengan Regresi

5.3.3 Benda uji 3 (rangka batang komposit pipa baja-kayu $\alpha_3 = 58^\circ$)

Dari hasil pengujian kuat lentur benda uji 3 (rangka batang komposit pipa baja-kayu $\alpha_3 = 58^\circ$) didapat data pada Tabel (5.4) sebagai berikut :

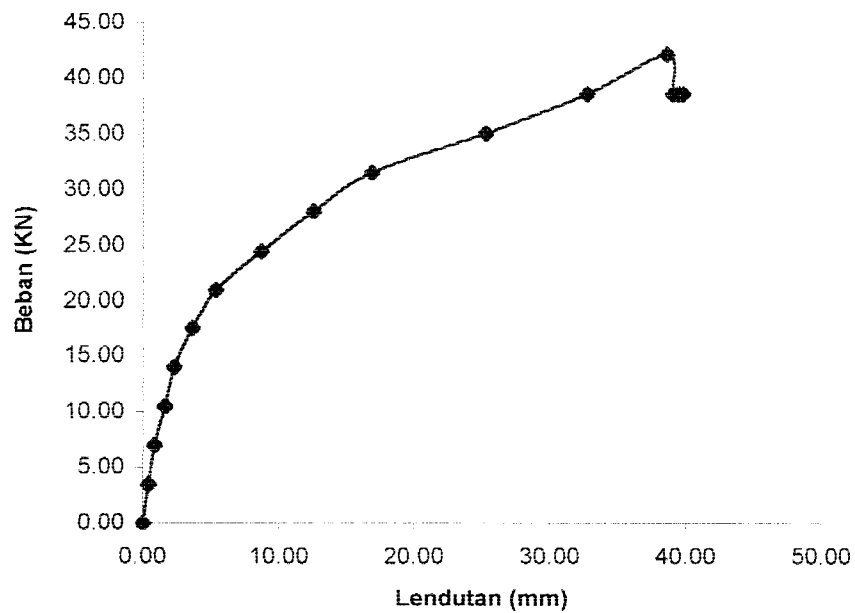
Tabel 5.4 Hubungan Beban Lendutan Hasil Pengujian Benda Uji 3 $\alpha = 58^\circ$

No.	Beban (KN)	Lendutan (mm)						Lendutan Rata-Rata (mm)		
		Dial 1	Dial 2	Dial 3	Dial 4	Dial 5	Dial 6	Y _{i-1}	Y _i	Y _{i+1}
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	3.50	0.33	0.35	0.31	0.45	0.49	0.47	0.39	0.42	0.39
3	7.00	0.70	0.71	0.67	0.93	1.01	0.98	0.82	0.86	0.83
4	10.50	1.23	1.29	1.19	1.90	2.53	2.08	1.57	1.91	1.64
5	14.00	1.70	1.78	1.65	2.77	3.55	3.03	2.24	2.67	2.34
6	17.50	2.35	2.73	2.34	4.79	5.48	5.34	3.57	4.11	3.84
7	21.00	3.25	3.46	3.21	7.35	8.29	7.85	5.30	5.88	5.53
8	24.50	5.25	5.59	5.17	12.03	13.05	12.51	8.64	9.32	8.84
9	28.00	8.01	8.84	7.94	17.02	17.75	17.70	12.52	13.30	12.82
10	31.50	11.11	11.98	11.06	22.45	22.81	22.31	16.78	17.40	16.69
11	35.00	14.61	15.39	14.59	35.93	36.80	34.73	25.27	26.10	24.66
12	38.50	17.28	28.03	17.30	48.14	52.86	41.29	32.71	40.45	29.30
13	42.00	20.82	37.06	20.93	56.29	55.56	49.27	38.56	46.31	35.10
14	38.50	21.13	37.17	21.26	56.85	56.89	49.74	38.99	47.03	35.50
15	38.50	21.45	39.82	21.60	57.40	59.14	58.31	39.43	49.48	39.96
16	38.50	21.87	41.26	22.05	57.63	59.36	58.62	39.75	50.31	40.34

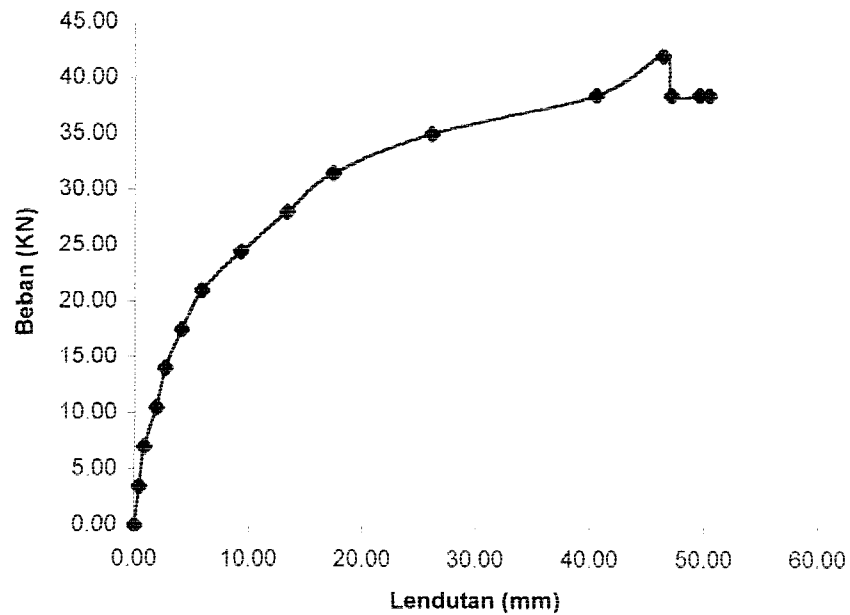
Keterangan :

1. Lendutan Y_{i-1} adalah lendutan rata-rata pada Dial 1 dan Dial 4.
2. Lendutan Y_i adalah lendutan rata-rata pada Dial 2 dan Dial 5.
3. Lendutan Y_{i+1} adalah lendutan rata-rata pada Dial 3 dan Dial 6.

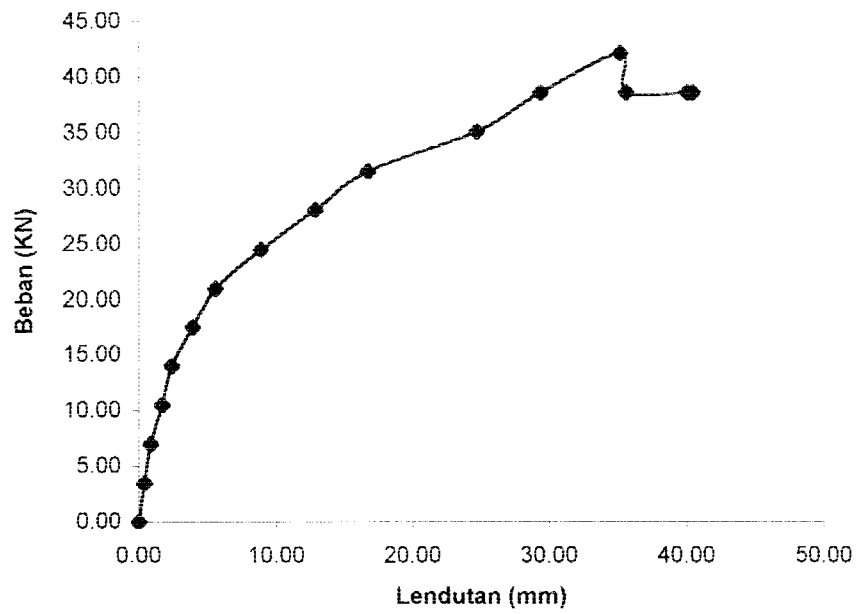
Dari data pada Tabel (5.4) hubungan beban dan lendutan di atas didapatkan grafik-grafik hubungan beban lendutan pada Gambar (5.13) sampai dengan Gambar (5.18) berikut ini :



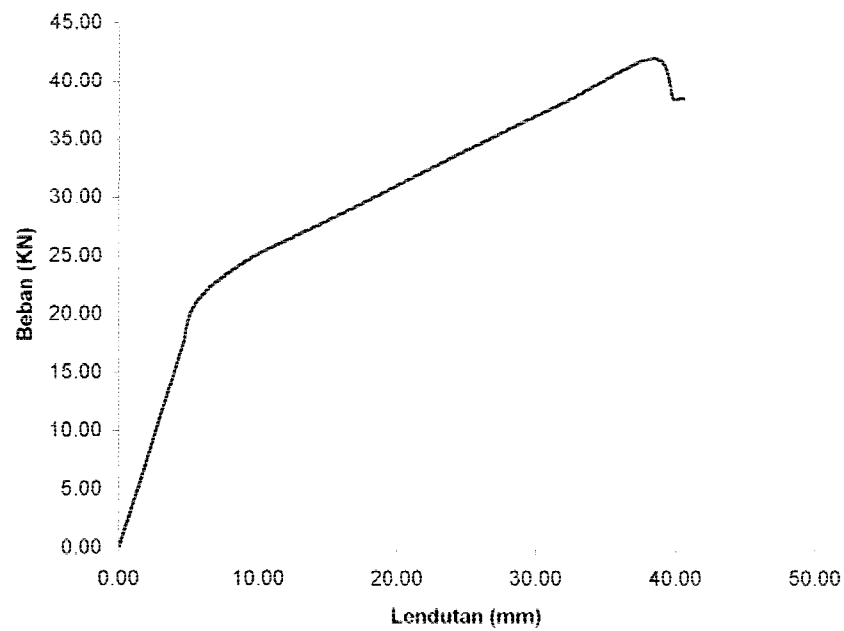
Gambar 5.13 Grafik Beban Lendutan Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja-Kayu Benda Uji 3 $\alpha = 58^\circ$ pada Lendutan $Y_{1,1}$



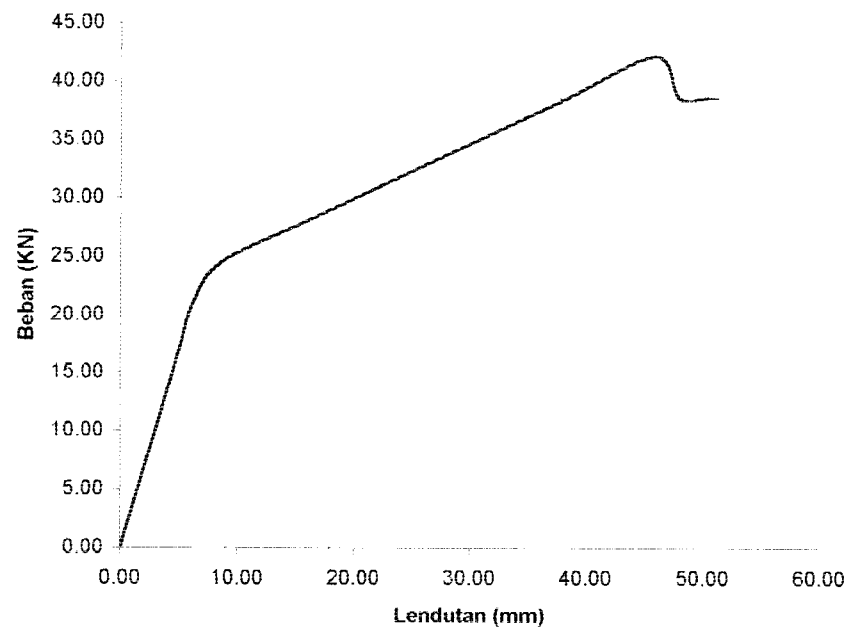
Gambar 5.14 Grafik Beban Lendutan Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja-Kayu Benda Uji 3 $\alpha = 58^\circ$ pada Lendutan Y_1



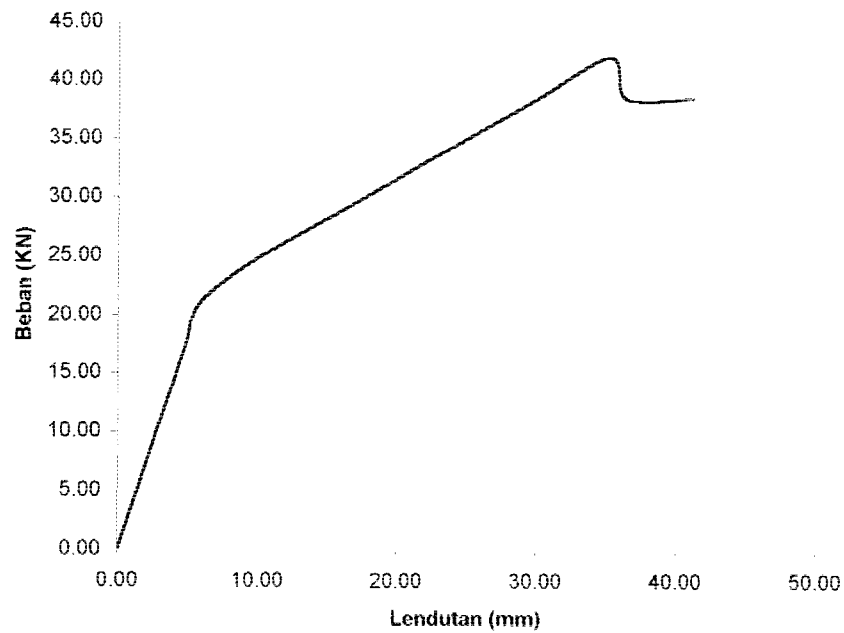
Gambar 5.15 Grafik Beban Lendutan Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja–Kayu Benda Uji 3 $\alpha = 58^\circ$ pada Lendutan Y_{i+1}



Gambar 5.16 Grafik Beban Lendutan Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja–Kayu Benda Uji 3 $\alpha = 58^\circ$ pada Lendutan Y_{i-1} dengan Regresi



Gambar 5.17 Grafik Beban Lendutan Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja–Kayu Benda Uji 3 $\alpha = 58^\circ$ pada Lendutan Y_i dengan Regresi



Gambar 5.18 Grafik Beban Lendutan Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja–Kayu Benda Uji 3 $\alpha = 58^\circ$ pada Lendutan Y_{i+1} dengan Regresi

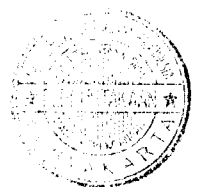
Setelah grafik diatas diregresi didapatkan tabel beban-lendutan untuk struktur rangka batang komposit pipa baja-kayu seperti pada Tabel (5.5) sampai dengan Tabel (5.7) berikut ini :

Tabel 5.5 Hubungan Beban Lendutan Hasil Pengujian Benda Uji 1 $\alpha = 47^\circ$ Revisi dengan Regresi

No.	Beban (KN)	Lendutan (mm)		
		Yi-1	Yi	Yi+1
1	0.00	0.000	0.000	0.000
2	3.50	1.411	1.523	1.335
3	7.00	2.821	3.046	2.670
4	10.50	4.231	4.569	4.005
5	14.00	5.642	6.092	5.340
6	17.50	7.518	7.870	7.335
7	21.00	9.857	10.346	9.450
8	24.50	12.197	12.822	11.565
9	28.00	14.537	15.297	13.680
10	31.50	16.877	17.773	15.795
11	35.00	19.217	20.249	17.910
12	33.25	22.333	24.336	22.114
13	31.50	22.873	24.876	22.644
14	31.50	23.893	26.656	24.984
15	31.50	24.393	27.626	25.694

Tabel 5.6 Hubungan Beban Lendutan Hasil Pengujian Benda Uji 2 $\alpha = 53^\circ$ dengan Regresi

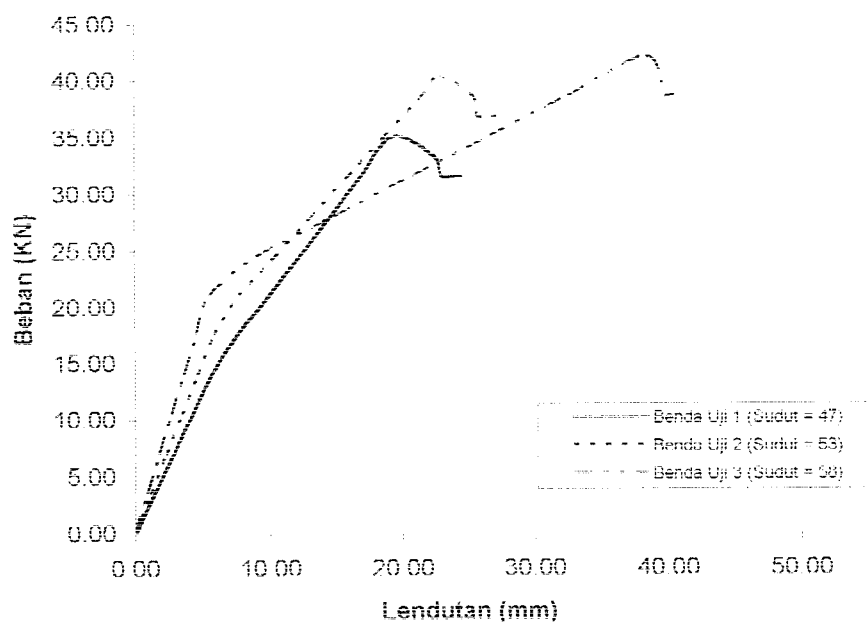
No.	Beban (KN)	Lendutan (mm)		
		Yi-1	Yi	Yi+1
1	0.00	0.000	0.000	0.000
2	3.50	1.170	1.277	1.162
3	7.00	2.339	2.555	2.324
4	10.50	3.509	3.833	3.486
5	14.00	4.678	5.110	4.648
6	17.50	5.848	6.388	5.810
7	21.00	7.596	8.065	7.605
8	24.50	10.364	11.020	10.346
9	28.00	13.132	13.975	13.086
10	31.50	15.900	16.931	15.827
11	35.00	18.669	19.886	18.567
12	38.50	21.437	22.841	21.308
13	40.25	22.821	24.319	22.678
14	38.50	25.332	26.969	25.065
15	36.75	25.682	27.429	25.415
16	36.75	26.752	28.169	25.805
17	36.75	27.469	29.836	27.774



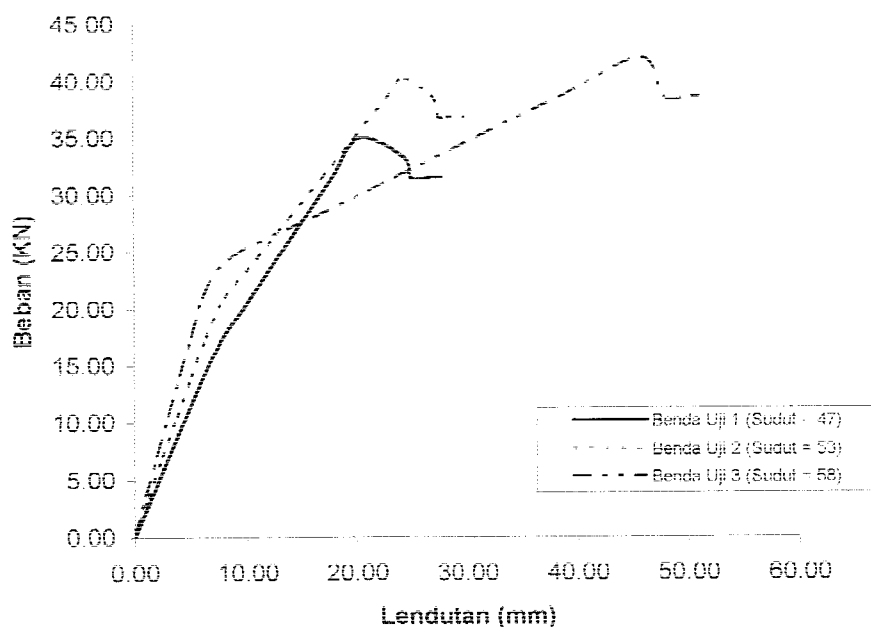
Tabel 5.7 Hubungan Beban Lendutan Hasil Pengujian Benda Uji 3 $\alpha = 58^\circ$ dengan Regresi

No.	Beban (KN)	Lendutan (mm)		
		Y _{i-1}	Y _i	Y _{i+1}
1	0.00	0.000	0.000	0.000
2	3.50	0.911	1.016	0.960
3	7.00	1.823	2.033	1.920
4	10.50	2.734	3.049	2.881
5	14.00	3.645	4.066	3.841
6	17.50	4.557	5.082	4.801
7	21.00	5.468	6.098	5.761
8	24.50	8.952	8.569	9.533
9	28.00	14.836	16.017	14.661
10	31.50	20.719	23.466	19.789
11	35.00	26.602	30.914	24.918
12	38.50	32.486	38.363	30.046
13	42.00	38.369	45.811	35.174
14	38.50	39.740	47.815	36.299
15	38.50	40.180	50.265	40.759
16	38.50	40.500	51.095	41.139

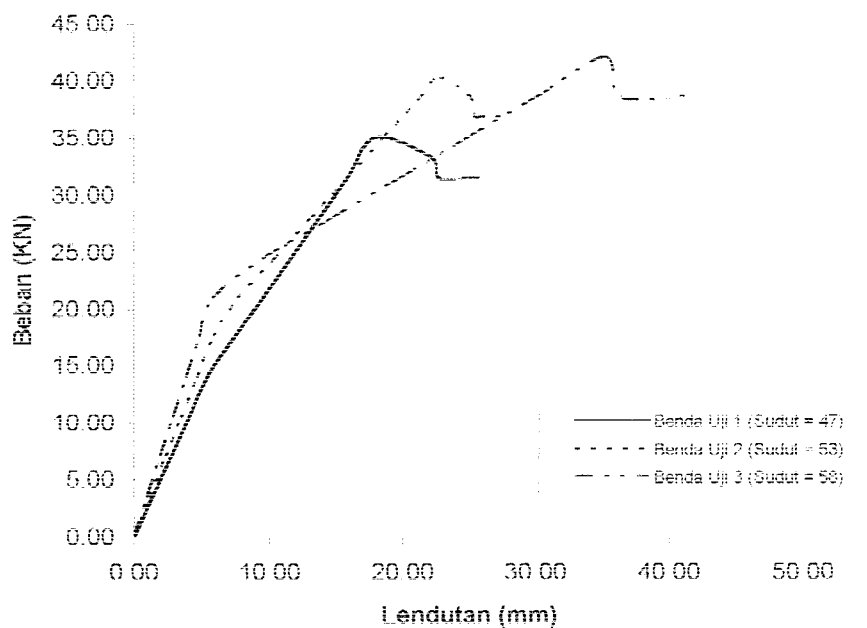
Dari Tabel (5.5) sampai dengan Tabel (5.7) didapat grafik hubungan beban-lendutan hasil pengujian struktur rangka batang komposit pipa baja-kayu untuk benda uji 1 $\alpha = 47^\circ$, benda uji 2 $\alpha = 53^\circ$ dan benda uji 3 $\alpha = 58^\circ$ seperti pada Gambar (5.19) sampai dengan Gambar (5.21).



Gambar 5.19 Grafik Perbandingan Beban-Lendutan Hasil Pengujian Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja-Kayu untuk Benda Uji 1 $\alpha = 47^\circ$, Benda Uji 2 $\alpha = 53^\circ$ dan Benda Uji 3 $\alpha = 58^\circ$ pada Lendutan Y_{I-1} dengan Regresi



Gambar 5.20 Grafik Perbandingan Beban-Lendutan Hasil Pengujian Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja-Kayu untuk Benda Uji 1 $\alpha = 47^\circ$, Benda Uji 2 $\alpha = 53^\circ$ dan Benda Uji 3 $\alpha = 58^\circ$ pada Lendutan Y_1 dengan Regresi



Gambar 5.21 Grafik Perbandingan Beban-Lendutan Hasil Pengujian Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja-Kayu untuk Benda Uji 1 $\alpha = 47^\circ$, Benda Uji 2 $\alpha = 53^\circ$ dan Benda Uji 3 $\alpha = 58^\circ$ pada Lendutan Y_{i+1} dengan Regresi

5.4 Hubungan Beban Lendutan Hasil Perhitungan dengan Program SAP 2000

Dengan program SAP 2000 dapat juga diperoleh hubungan beban-lendutan seperti pada Tabel (5.5) sampai dengan Tabel (5.7).

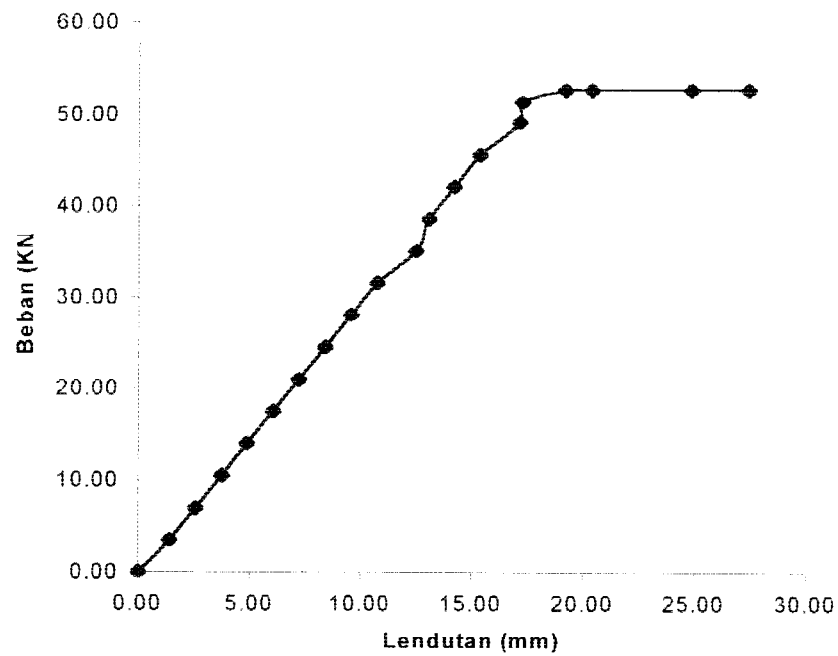
5.4.1 Benda uji 1 (rangka batang komposit pipa baja-kayu $\alpha_1 = 47^\circ$)

Dari hasil pengujian kuat lentur benda uji 1 (rangka batang komposit pipa baja-kayu $\alpha_1 = 47^\circ$) didapat data pada Tabel (5.8) sebagai berikut :

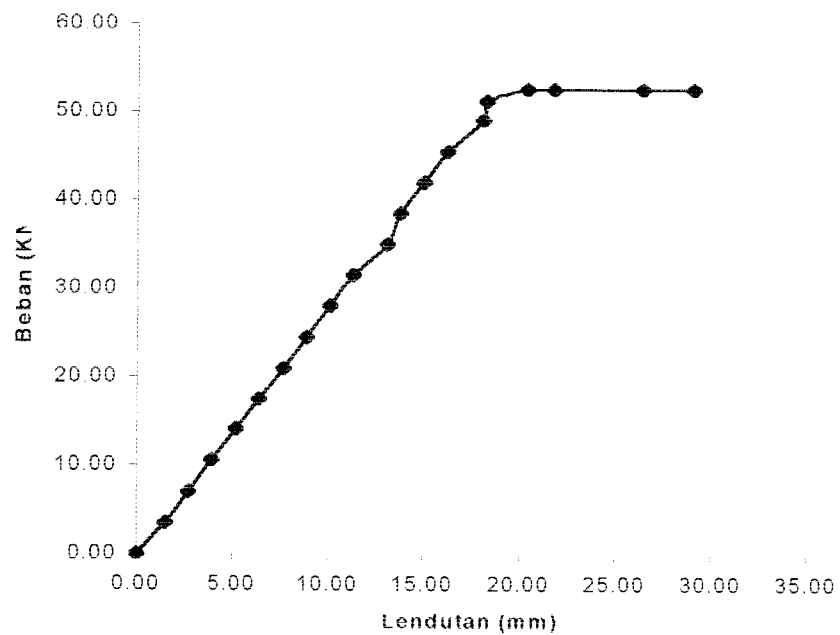
Tabel 5.8 Hubungan Beban Lendutan Hasil Perhitungan dengan Program SAP 2000 Benda Uji 1 $\alpha = 47^\circ$

No.	Beban (KN)	Lendutan (mm)		
		Y _{i-1}	Y _i	Y _{i+1}
1	0.00	0.00	0.00	0.00
2	3.50	1.40	1.49	1.40
3	7.00	2.57	2.70	2.57
4	10.50	3.74	3.92	3.74
5	14.00	4.86	5.18	4.86
6	17.50	6.03	6.39	6.03
7	21.00	7.20	7.65	7.20
8	24.50	8.37	8.87	8.37
9	28.00	9.54	10.08	9.54
10	31.50	10.71	11.30	10.71
11	35.00	12.47	13.10	12.47
12	38.50	13.05	13.77	13.05
13	42.00	14.18	14.99	14.18
14	45.50	15.35	16.20	15.35
15	49.00	17.10	18.05	17.10
16	51.20	17.24	18.23	17.24
17	52.50	19.17	20.34	19.17
18	52.50	20.34	21.74	20.34
19	52.50	24.80	26.37	24.80
20	52.50	27.36	29.03	27.36

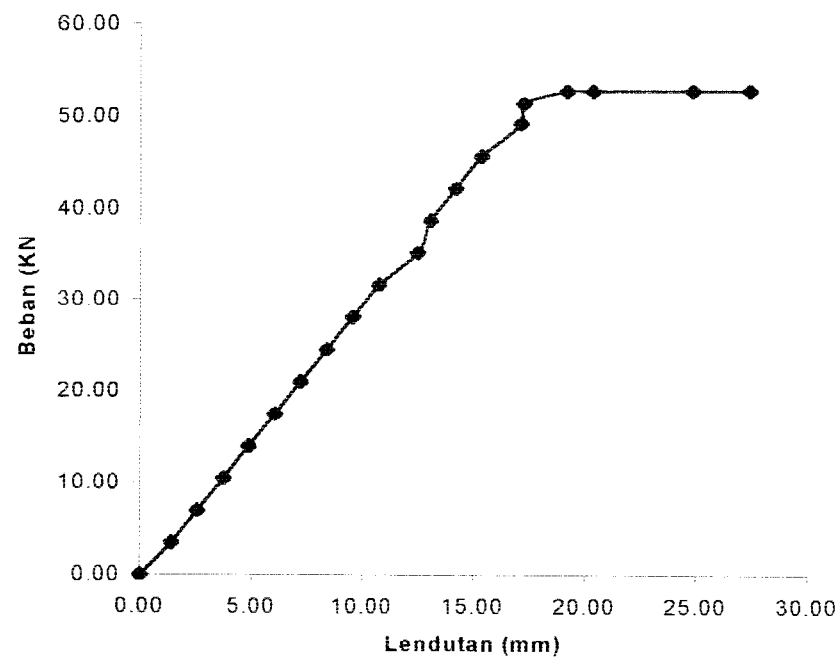
Dari data pada Tabel (5.8) hubungan beban dan lendutan di atas didapatkan grafik-grafik hubungan beban lendutan pada Gambar (5.22) sampai dengan Gambar (5.24) berikut ini :



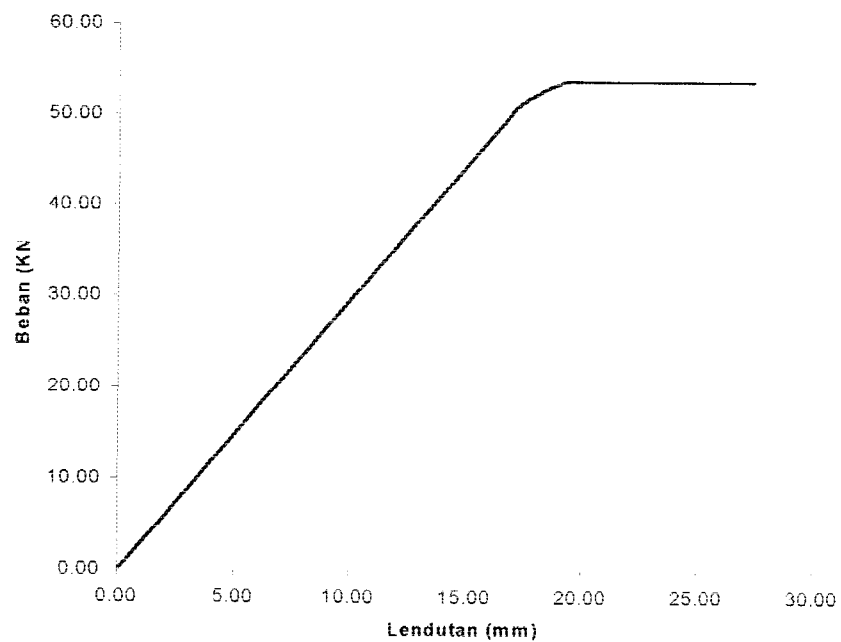
Gambar 5.22 Grafik Beban Lendutan Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja–Kayu Benda Uji 1 $\alpha = 47^\circ$ pada Lendutan Y_{1-1} dengan Menggunakan Program SAP 2000



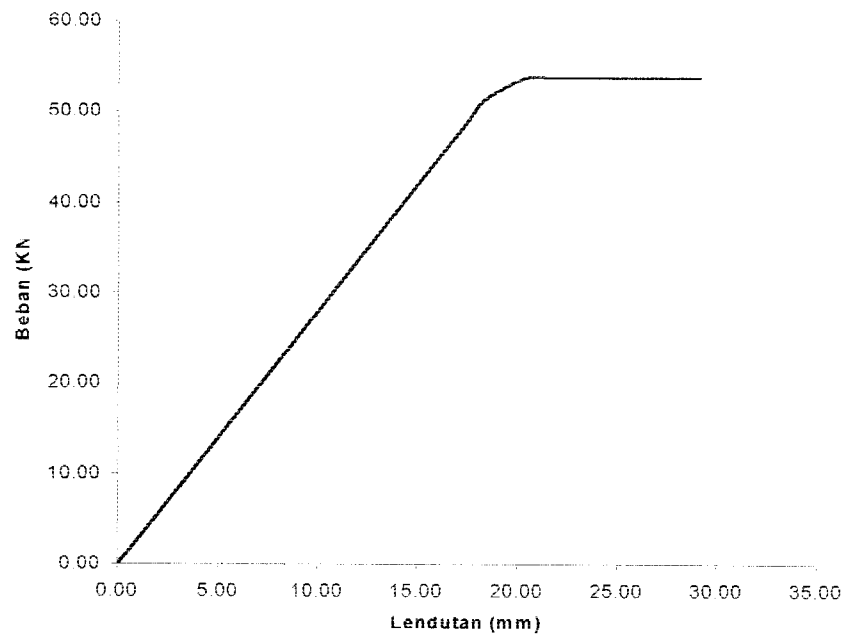
Gambar 5.23 Grafik Beban Lendutan Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja–Kayu Benda Uji 1 $\alpha = 47^\circ$ pada Lendutan Y_1 dengan Menggunakan Program SAP 2000



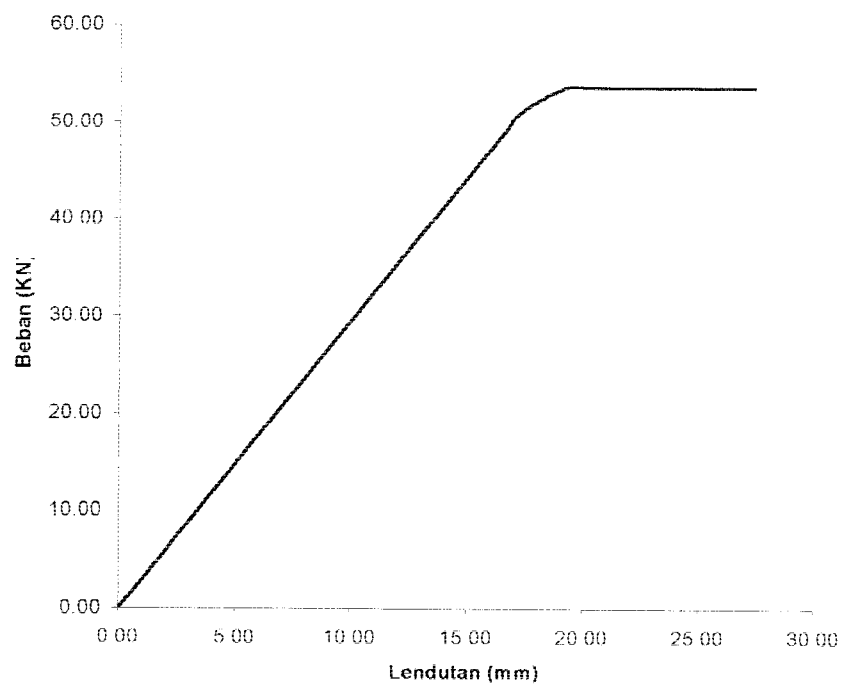
Gambar 5.24 Grafik Beban Lendutan Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja-Kayu Benda Uji 1 $\alpha = 47^\circ$ pada Lendutan Y_{i+1} dengan Menggunakan Program SAP 2000



Gambar 5.25 Grafik Beban Lendutan Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja-Kayu Benda Uji 1 $\alpha = 47^\circ$ pada Lendutan Y_{i-1} dengan Regresi Menggunakan Program SAP 2000



Gambar 5.26 Grafik Beban Lendutan Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja–Kayu Benda Uji 1 $\alpha = 47^\circ$ pada Lendutan Y_1 dengan Regresi Menggunakan Program SAP 2000



Gambar 5.27 Grafik Beban Lendutan Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja–Kayu Benda Uji 1 $\alpha = 47^\circ$ pada Lendutan Y_{i+1} dengan Regresi Menggunakan Program SAP 2000

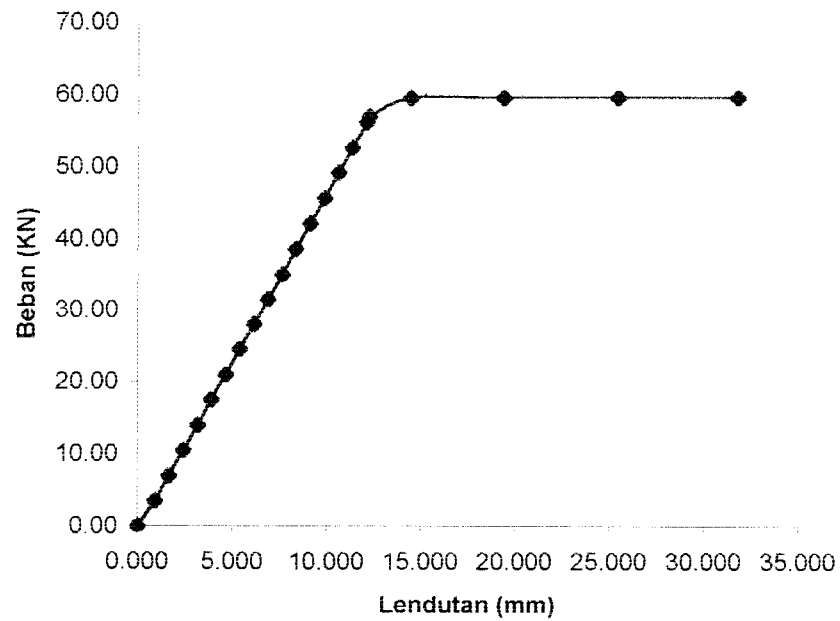
5.4.2 Benda uji 2 (rangka batang komposit pipa baja-kayu $\alpha_2 = 53^\circ$)

Dari hasil pengujian kuat lentur benda uji 1 (rangka batang komposit pipa baja-kayu $\alpha_2 = 53^\circ$) didapat data pada Tabel (5.9) sebagai berikut :

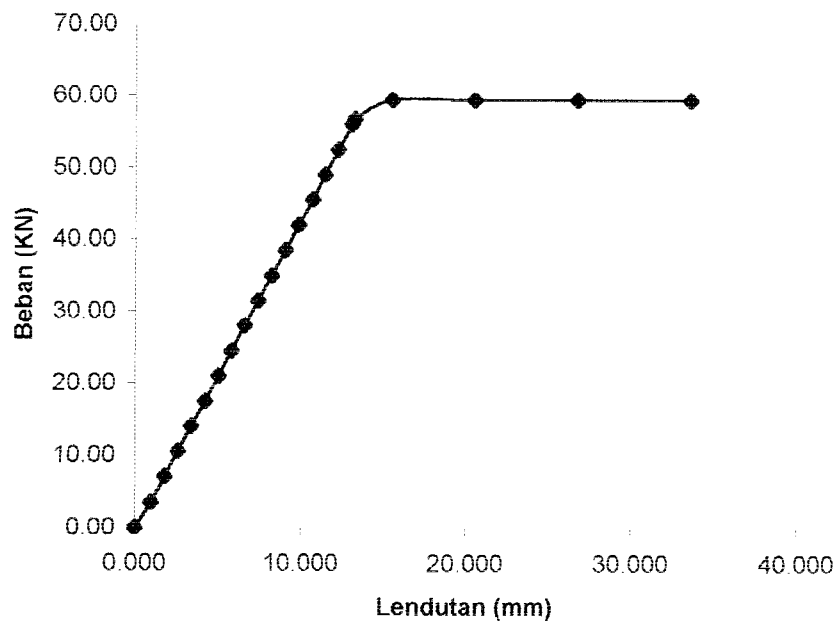
Tabel 5.9 Hubungan Beban Lendutan Hasil Perhitungan dengan Program SAP 2000 Benda Uji 2 $\alpha = 53^\circ$

No.	Beban (KN)	Lendutan (mm)		
		Y _{i-1}	Y _i	Y _{i+1}
1	0.00	0.00	0.00	0.00
2	3.50	0.90	0.96	0.90
3	7.00	1.65	1.77	1.65
4	10.50	2.40	2.58	2.40
5	14.00	3.15	3.39	3.15
6	17.50	3.87	4.20	3.87
7	21.00	4.62	5.01	4.62
8	24.50	5.37	5.79	5.37
9	28.00	6.12	6.60	6.12
10	31.50	6.87	7.41	6.87
11	35.00	7.62	8.22	7.62
12	38.50	8.34	9.03	8.34
13	42.00	9.09	9.84	9.09
14	45.50	9.87	10.68	9.87
15	49.00	10.59	11.43	10.59
16	52.50	11.34	12.24	11.34
17	56.00	12.09	13.05	12.09
18	56.80	12.24	13.23	12.24
19	59.40	14.43	15.51	14.43
20	59.40	19.38	20.49	19.38
21	59.40	25.42	26.71	25.42
22	59.40	31.75	33.52	31.25

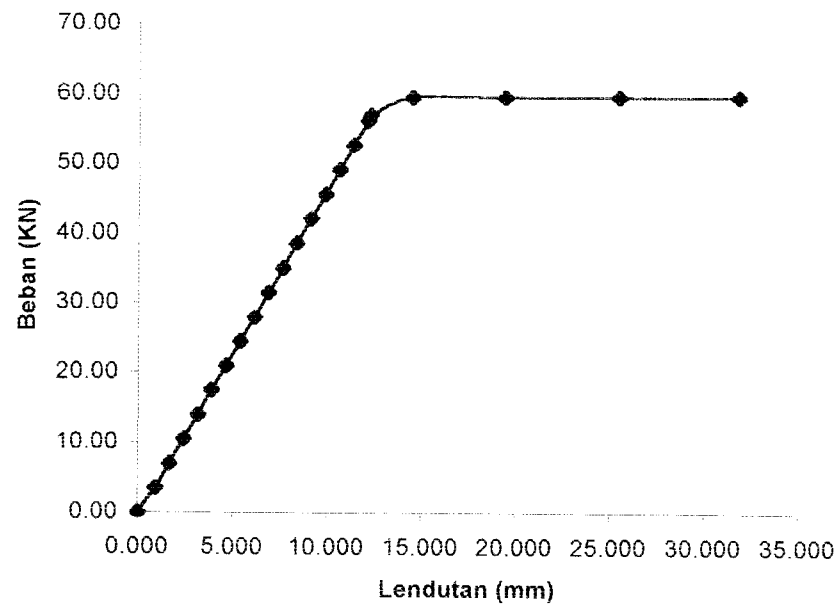
Dari data pada Tabel (5.9) hubungan beban dan lendutan di atas didapatkan grafik-grafik hubungan beban lendutan pada Gambar (5.28) sampai dengan Gambar (5.30) berikut ini :



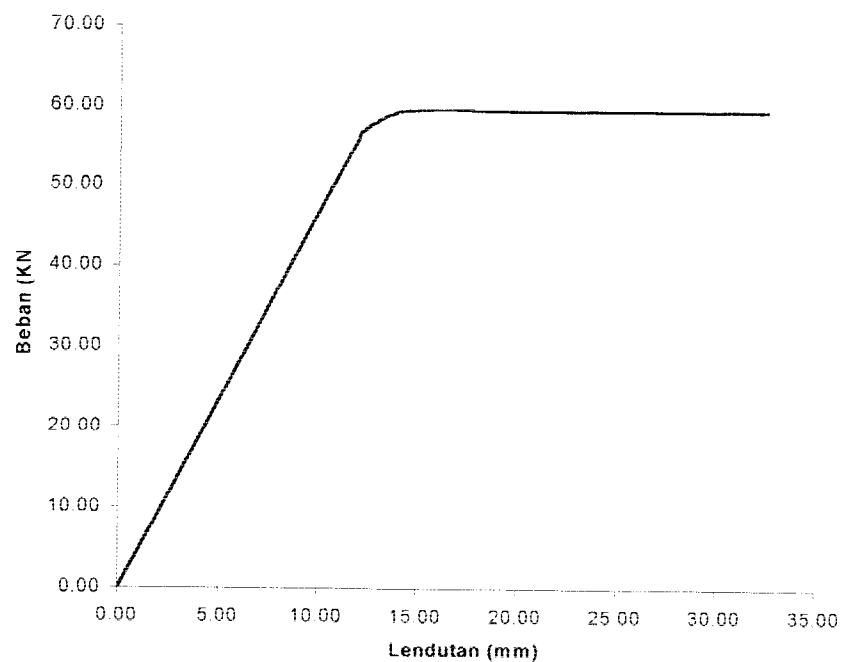
Gambar 5.28 Grafik Beban Lendutan Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja-Kayu Benda Uji 2 $\alpha = 53^\circ$ pada Lendutan Y_{1-1} dengan Menggunakan Program SAP 2000



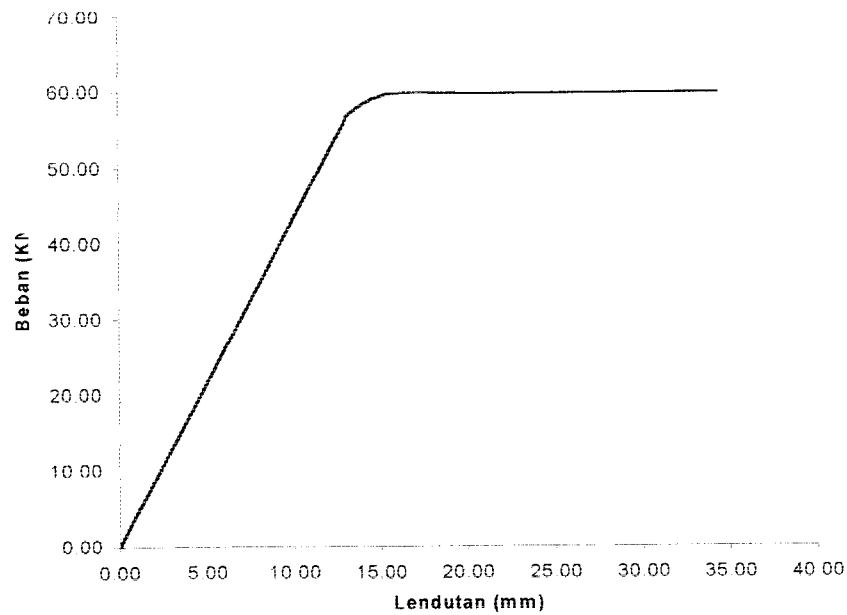
Gambar 5.29 Grafik Beban Lendutan Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja-Kayu Benda Uji 2 $\alpha = 53^\circ$ pada Lendutan Y_i dengan Menggunakan Program SAP 2000



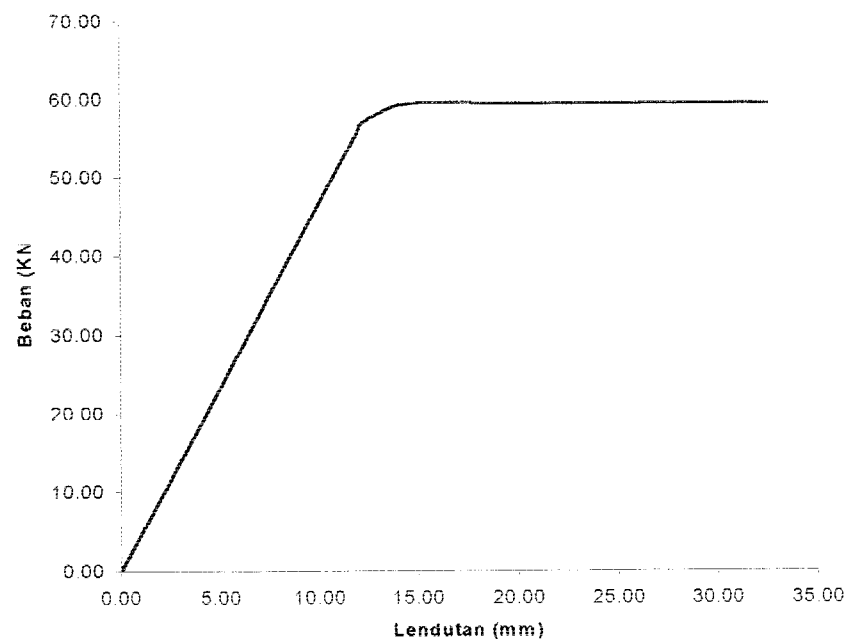
Gambar 5.30 Grafik Beban Lendutan Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja-Kayu Benda Uji 2 $\alpha = 53^\circ$ pada Lendutan Y_{i+1} dengan Menggunakan Program SAP 2000



Gambar 5.31 Grafik Beban Lendutan Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja-Kayu Benda Uji 2 $\alpha = 53^\circ$ pada Lendutan Y_{i-1} dengan Regresi Menggunakan Program SAP 2000



Gambar 5.32 Grafik Beban Lendutan Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja-Kayu Benda Uji 2 $\alpha = 53^\circ$ pada Lendutan Y_i dengan Regresi Menggunakan Program SAP 2000



Gambar 5.33 Grafik Beban Lendutan Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja-Kayu Benda Uji 2 $\alpha = 53^\circ$ pada Lendutan Y_{i+1} dengan Regresi Menggunakan Program SAP 2000

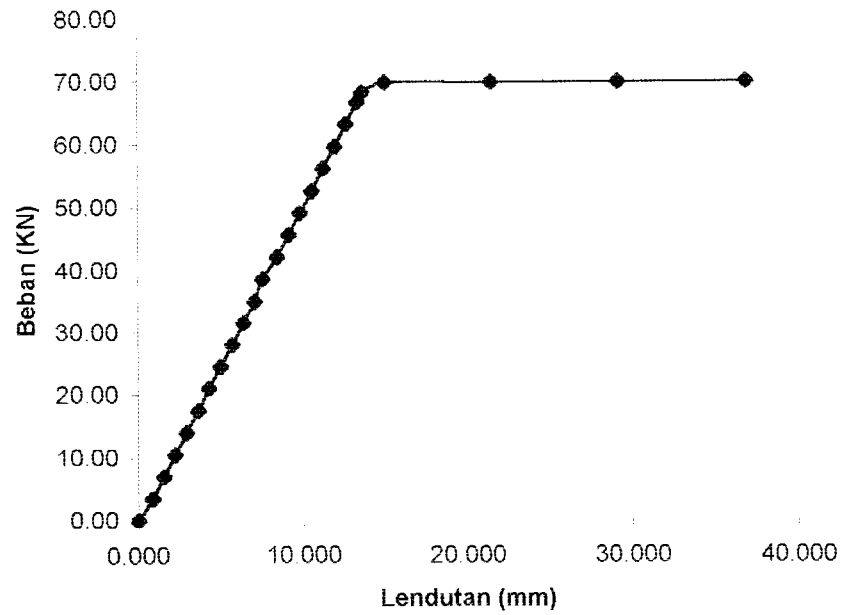
5.4.3 Benda uji 3 (rangka batang komposit pipa baja-kayu $\alpha_3 = 58^\circ$)

Dari hasil pengujian kuat lentur benda uji 1 (rangka batang komposit pipa baja-kayu $\alpha_2 = 53^\circ$) didapat data pada Tabel (5.10) sebagai berikut :

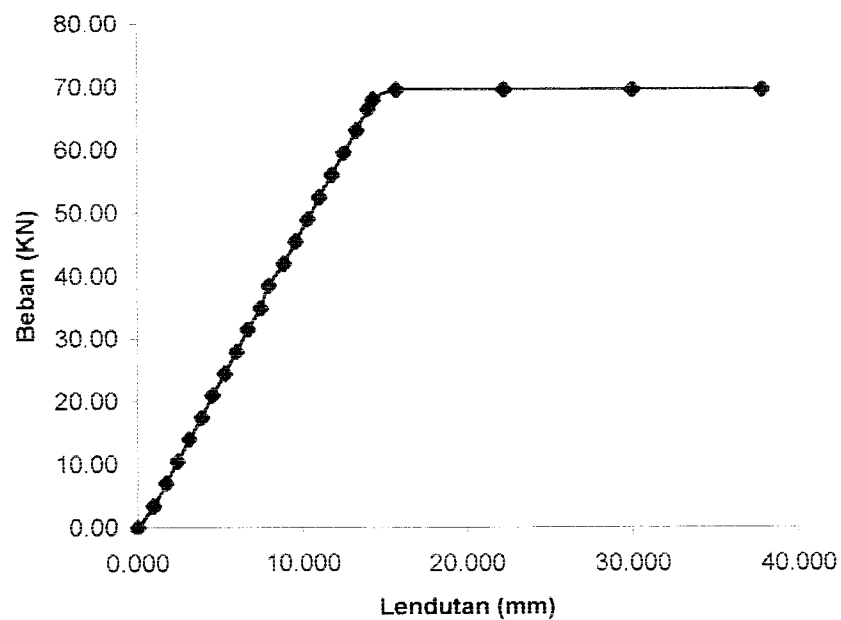
Tabel 5.10 Hubungan Beban Lendutan Hasil Perhitungan dengan Program SAP 2000 Benda Uji 3 $\alpha = 58^\circ$

No.	Beban (KN)	Lendutan (mm)		
		Yi-1	Yi	Yi+1
1	0.00	0.00	0.00	0.00
2	3.50	0.83	0.98	0.83
3	7.00	1.53	1.70	1.53
4	10.50	2.20	2.40	2.20
5	14.00	2.90	3.13	2.90
6	17.50	3.60	3.85	3.60
7	21.00	4.28	4.55	4.28
8	24.50	4.98	5.28	4.98
9	28.00	5.68	6.00	5.68
10	31.50	6.35	6.70	6.35
11	35.00	7.05	7.45	7.05
12	38.50	7.53	7.95	7.53
13	42.00	8.43	8.88	8.43
14	45.50	9.13	9.60	9.13
15	49.00	9.83	10.33	9.83
16	52.50	10.53	11.05	10.53
17	56.00	11.20	11.78	11.20
18	59.50	11.90	12.53	11.90
19	63.00	12.60	13.28	12.60
20	66.50	13.28	13.98	13.28
21	68.00	13.58	14.30	13.58
22	69.50	14.95	15.73	14.95
23	69.50	21.40	22.23	21.40
24	69.50	29.08	29.95	29.08
25	69.50	36.80	37.78	36.80

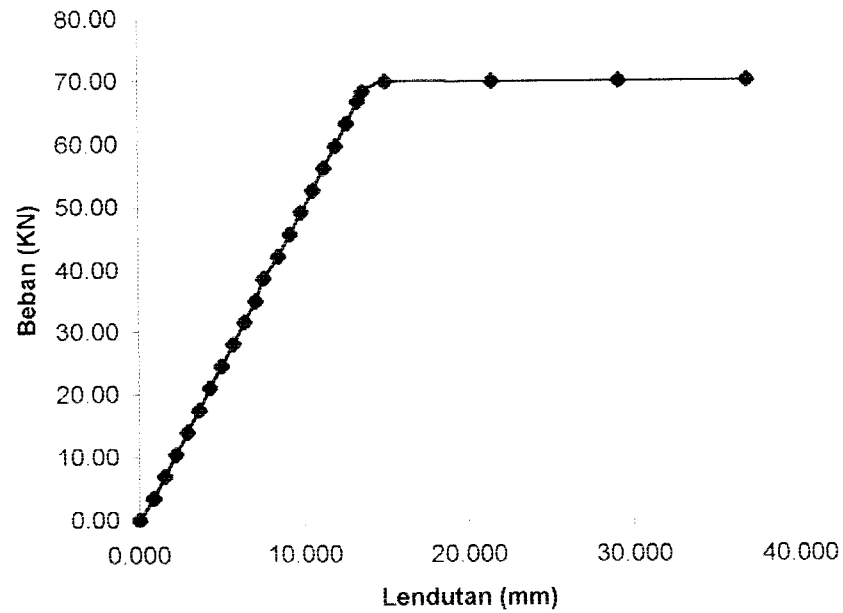
Dari data pada Tabel (5.10) hubungan beban dan lendutan di atas didapatkan grafik-grafik hubungan beban lendutan pada Gambar (5.34) sampai dengan Gambar (5.36) berikut ini :



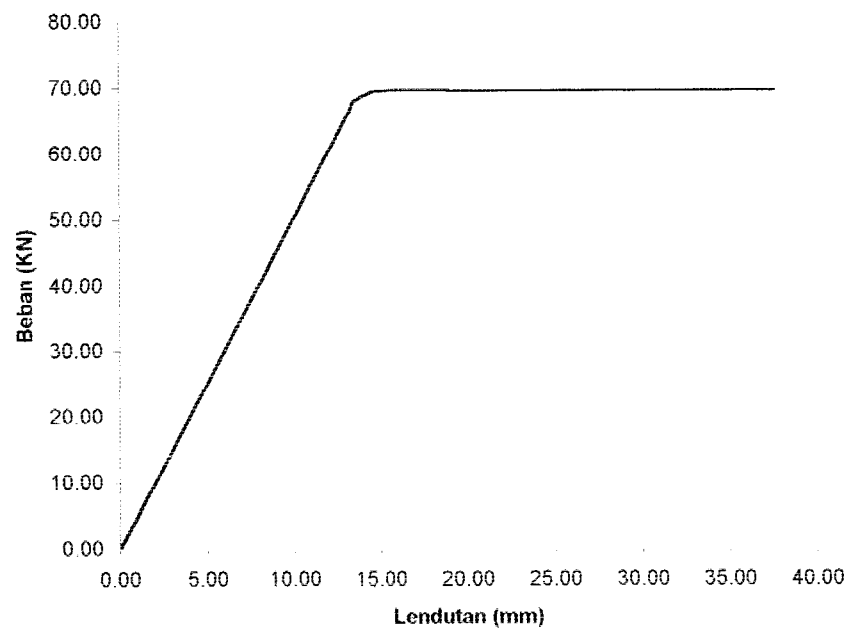
Gambar 5.34 Grafik Beban Lendutan Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja–Kayu Benda Uji 3 $\alpha = 58^\circ$ pada Lendutan Y_{i-1} dengan Menggunakan Program SAP 2000



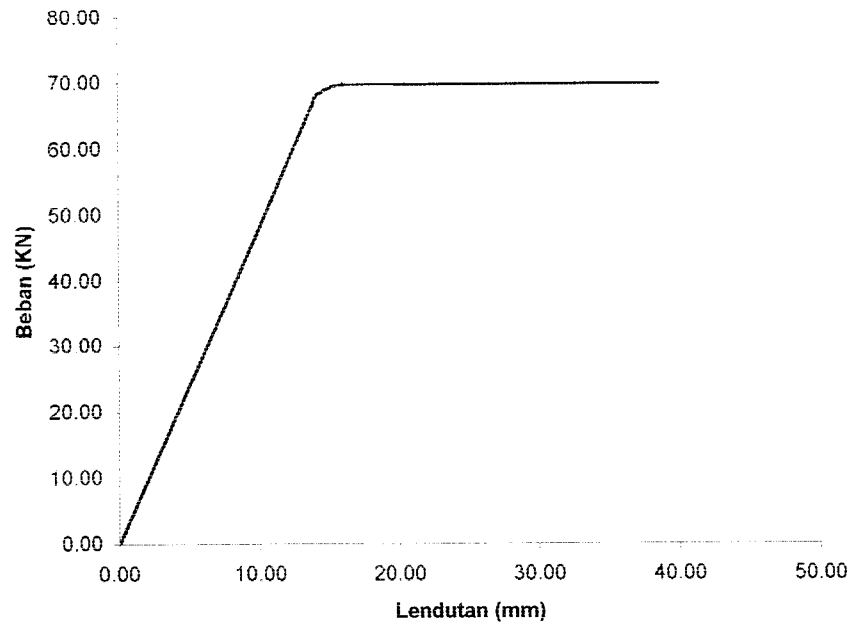
Gambar 5.35 Grafik Beban Lendutan Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja–Kayu Benda Uji 3 $\alpha = 58^\circ$ pada Lendutan Y_1 dengan Menggunakan Program SAP 2000



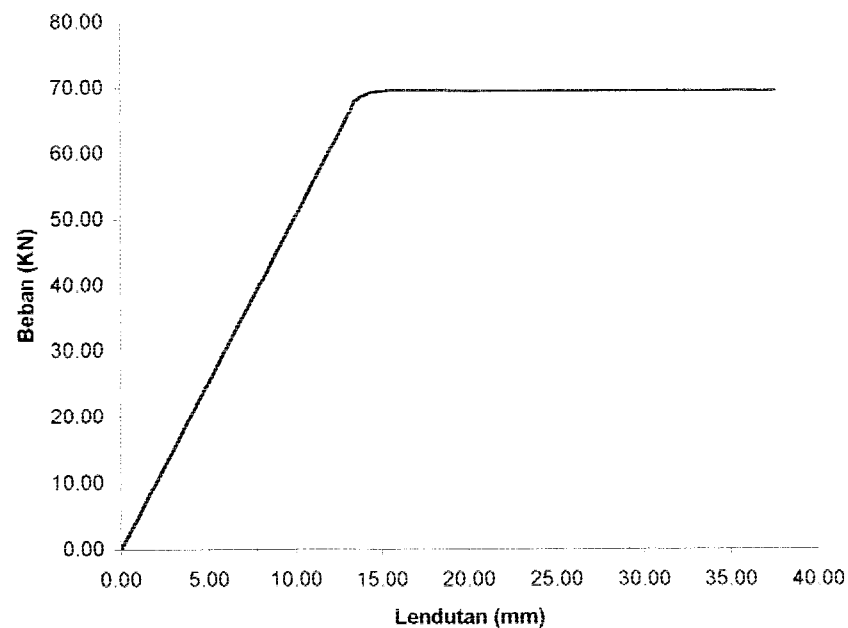
Gambar 5.36 Grafik Beban Lendutan Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja-Kayu Benda Uji 3 $\alpha = 58^\circ$ pada Lendutan Y_{i+1} dengan Menggunakan Program SAP 2000



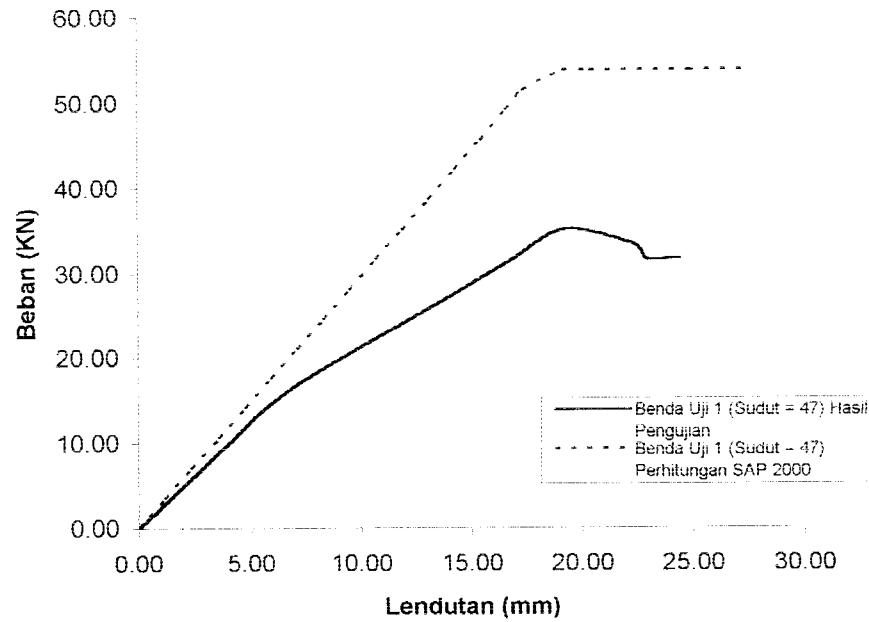
Gambar 5.37 Grafik Beban Lendutan Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja-Kayu Benda Uji 3 $\alpha = 58^\circ$ pada Lendutan Y_{i-1} dengan Regresi Menggunakan Program SAP 2000



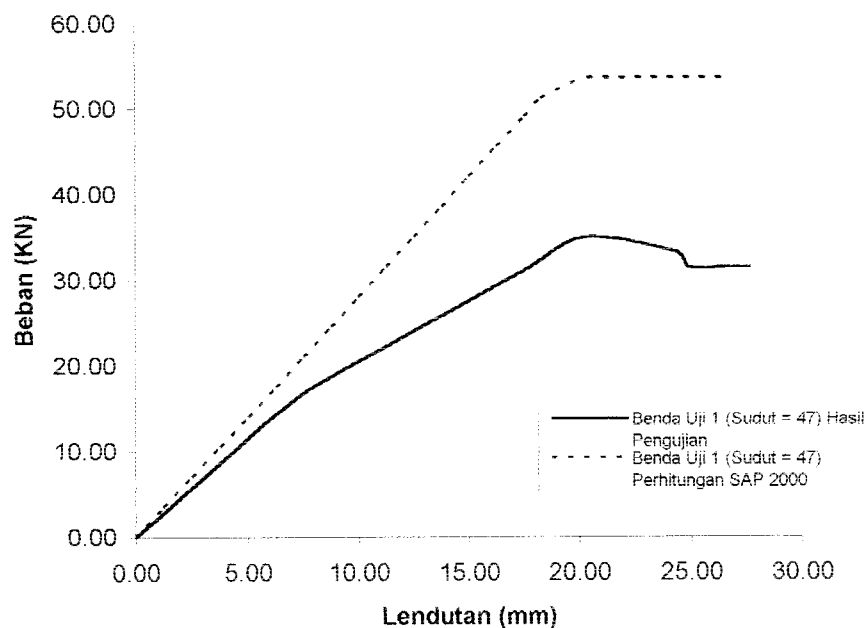
Gambar 5.38 Grafik Beban Lendutan Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja–Kayu Benda Uji 3 $\alpha = 58^\circ$ pada Lendutan Y_1 dengan Regresi Menggunakan Program SAP 2000



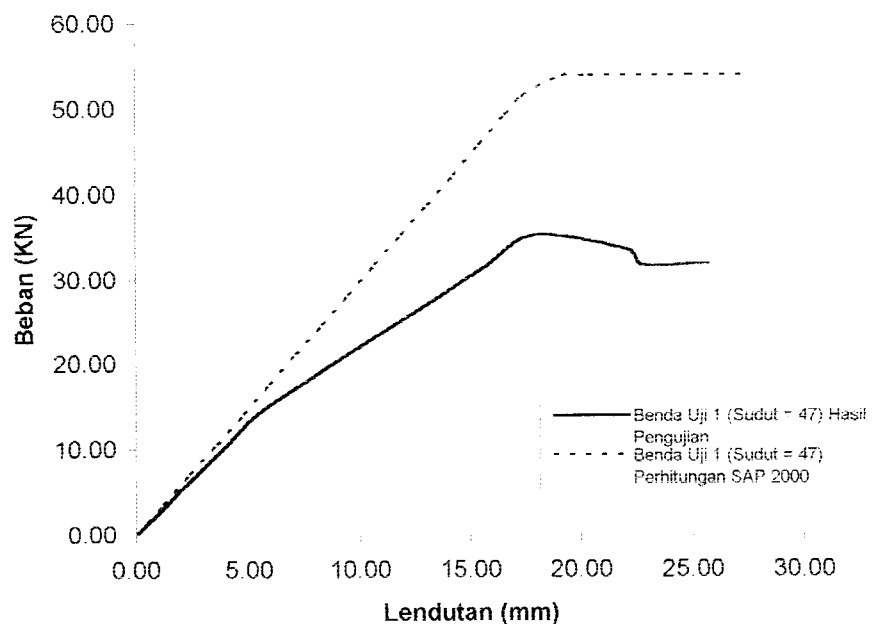
Gambar 5.39 Grafik Beban Lendutan Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja–Kayu Benda Uji 3 $\alpha = 58^\circ$ pada Lendutan Y_{1+1} dengan Regresi Menggunakan Program SAP 2000



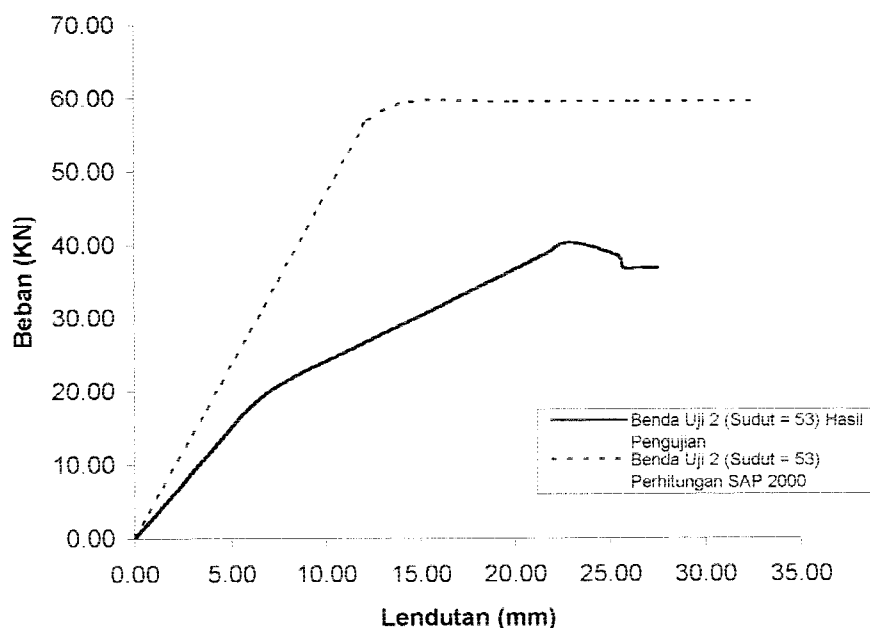
Gambar 5.40 Grafik Perbandingan Beban-Lendutan Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja-Kayu untuk Benda Uji 1 $\alpha = 47^\circ$ Berdasarkan Hasil Pengujian dengan Perhitungan Program SAP 2000 pada Lendutan Y_{i-1} dengan Regresi



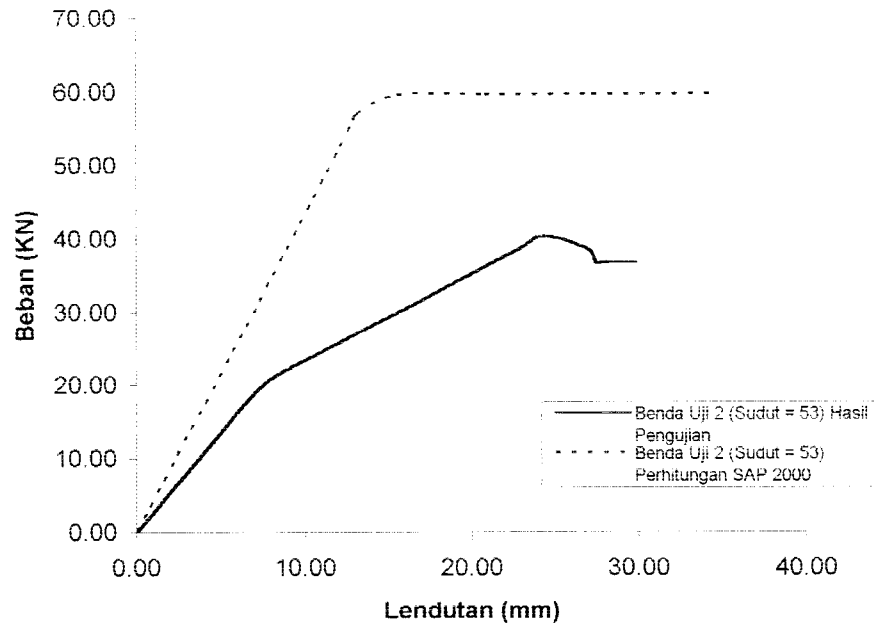
Gambar 5.41 Grafik Perbandingan Beban-Lendutan Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja-Kayu untuk Benda Uji 1 $\alpha = 47^\circ$ Berdasarkan Hasil Pengujian dengan Perhitungan Program SAP 2000 pada Lendutan Y_1 dengan Regresi



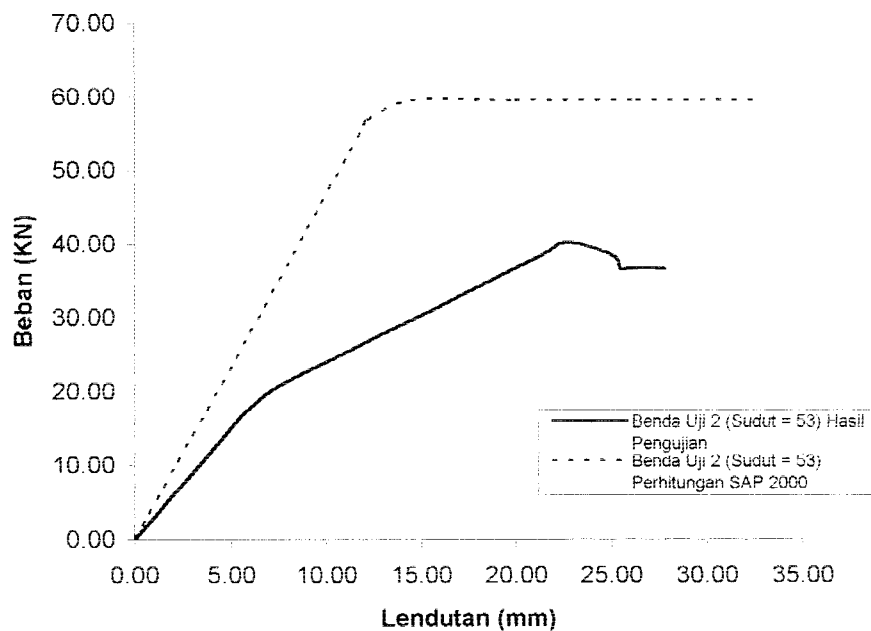
Gambar 5.42 Grafik Perbandingan Beban-Lendutan Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja-Kayu untuk Benda Uji 1 $\alpha = 47^\circ$ Berdasarkan Hasil Pengujian dengan Perhitungan Program SAP 2000 pada Lendutan Y_{i+1} dengan Regresi



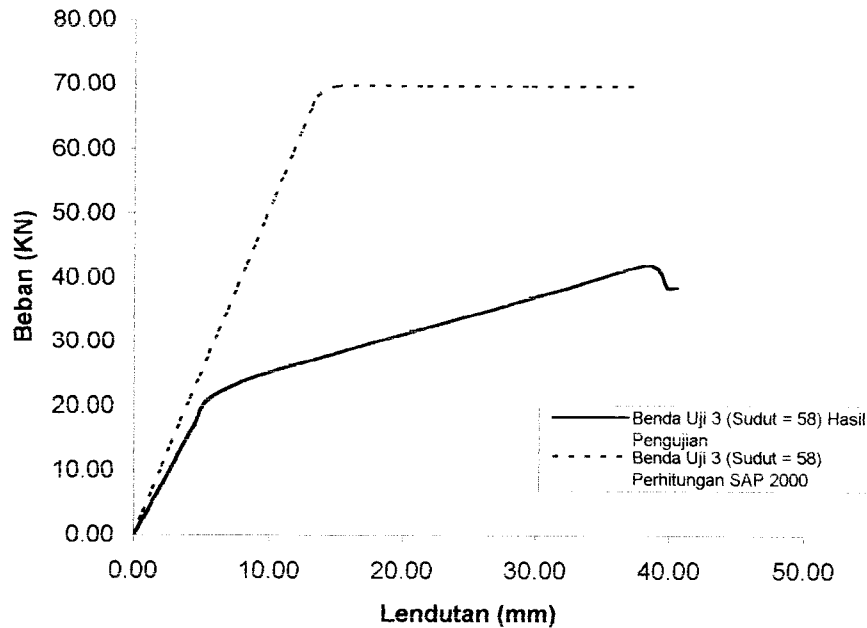
Gambar 5.43 Grafik Perbandingan Beban-Lendutan Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja-Kayu untuk Benda Uji 2 $\alpha = 53^\circ$ Berdasarkan Hasil Pengujian dengan Perhitungan Program SAP 2000 pada Lendutan Y_{i-1} dengan Regresi



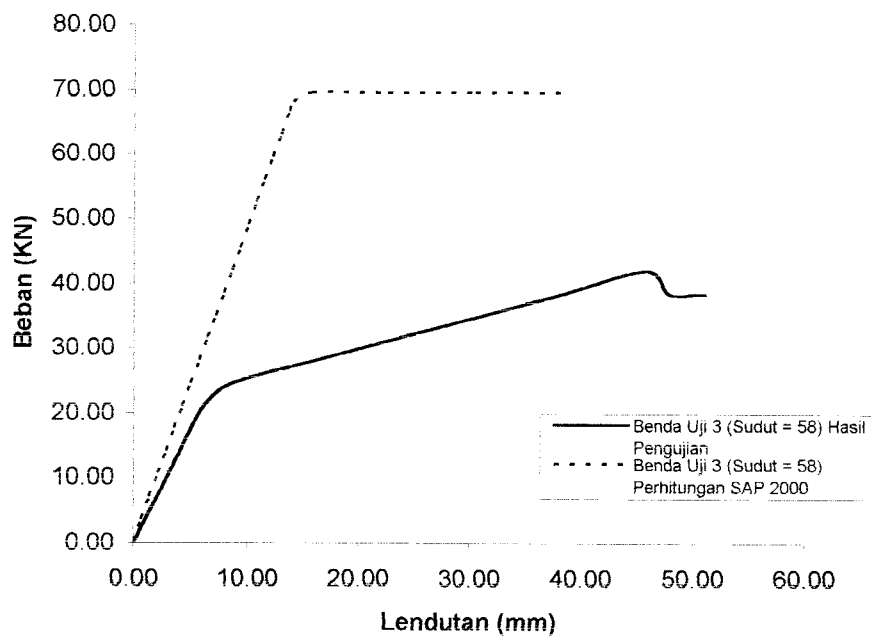
Gambar 5.44 Grafik Perbandingan Beban-Lendutan Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja-Kayu untuk Benda Uji 2 $\alpha = 53^\circ$ Berdasarkan Hasil Pengujian dengan Perhitungan Program SAP 2000 pada Lendutan Y_i dengan Regresi



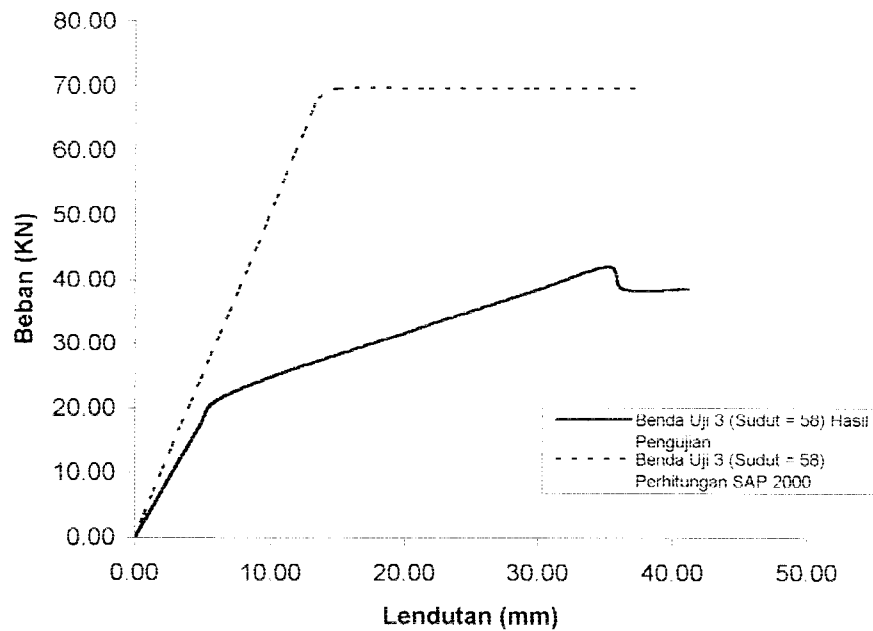
Gambar 5.45 Grafik Perbandingan Beban-Lendutan Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja-Kayu untuk Benda Uji 2 $\alpha = 53^\circ$ Berdasarkan Hasil Pengujian dengan Perhitungan Program SAP 2000 pada Lendutan Y_{i+1} dengan Regresi



Gambar 5.46 Grafik Perbandingan Beban-Lendutan Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja-Kayu untuk Benda Uji 3 $\alpha = 58^\circ$ Berdasarkan Hasil Pengujian dengan Perhitungan Program SAP 2000 pada Lendutan Y_{i-1} dengan Regresi



Gambar 5.47 Grafik Perbandingan Beban-Lendutan Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja-Kayu untuk Benda Uji 3 $\alpha = 58^\circ$ Berdasarkan Hasil Pengujian dengan Perhitungan Program SAP 2000 pada Lendutan Y_i dengan Regresi



Gambar 5.48 Grafik Perbandingan Beban-Lendutan Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja-Kayu untuk Benda Uji 3 $\alpha = 58^\circ$ Berdasarkan Hasil Pengujian dengan Perhitungan Program SAP 2000 pada Lendutan Y_{111} dengan Regresi

5.5 Analisa Data Hubungan Beban-Lendutan

Dari hasil pengamatan grafik hubungan beban-lendutan hasil pengujian dari Gambar (5.4) sampai dengan Gambar (5.6), Gambar (5.10) sampai dengan Gambar (5.12) dan Gambar (5.16) sampai dengan Gambar (5.18) dapat dicari nilai kekakuan struktur rangka batang komposit pipa baja-kayu seperti pada Tabel (5.11)

Tabel 5.11 Nilai Kekakuan dari Hasil Pengujian Benda Uji 1 ($\alpha_1 = 47^\circ$), Benda Uji 2 ($\alpha_2 = 53^\circ$) dan Benda Uji 3 ($\alpha_3 = 58^\circ$) Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja-Kayu

Benda Uji	Beban (P) (KN)	Lendutan (Δ) (mm)	Kekakuan (P/ Δ) (KN/mm)	Ratio Kekakuan (%)
1 ($\alpha = 47^\circ$)	14.00	6.092	2298.22	66.74
2 ($\alpha = 53^\circ$)	17.50	6.388	2739.71	79.56
3 ($\alpha = 58^\circ$)	21.00	6.098	3443.48	100.00

Dari hasil pengamatan grafik hubungan beban-lendutan hasil perhitungan program SAP 2000 dari Gambar (5.25) sampai dengan Gambar (5.27), Gambar (5.31) sampai dengan Gambar (5.33) dan Gambar (5.37) sampai dengan Gambar (5.39) dapat dicari nilai kekakuan struktur rangka batang komposit pipa baja-kayu seperti pada Tabel (5.12).

Tabel 5.12 Nilai Kekakuan dari Hasil Perhitungan Program SAP 2000 Benda Uji 1 ($\alpha_1 = 47^\circ$), Benda Uji 2 ($\alpha_2 = 53^\circ$) dan Benda Uji 3 ($\alpha_3 = 58^\circ$) Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja-Kayu

Benda Uji	Beban (P) (KN)	Lendutan (Δ) (mm)	Kekakuan (P/ Δ) (KN/mm)	Ratio Kekakuan (%)
1 ($\alpha = 47^\circ$)	51.20	18.297	2798.27	58.01
2 ($\alpha = 53^\circ$)	56.80	13.125	4327.62	89.72
3 ($\alpha = 58^\circ$)	68.00	14.098	4823.38	100.00

Dari hasil pengamatan grafik hubungan beban-lendutan hasil pengujian dari Gambar (5.4) sampai dengan Gambar (5.6), Gambar (5.10) sampai dengan Gambar (5.12) dan Gambar (5.16) sampai dengan Gambar (5.18) dapat juga dicari nilai daktilitas simpangan (*deflection ductility*) struktur rangka batang komposit pipa baja-kayu seperti pada Tabel (5.13)

Tabel 5.13 Nilai Daktilitas Simpangan dari Hasil Pengujian Benda Uji 1 ($\alpha_1 = 47^\circ$) Benda Uji 2 ($\alpha_2 = 53^\circ$) dan Benda Uji 3 ($\alpha_3 = 58^\circ$) Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja-Kayu

Benda Uji	Lendutan (Δy) (mm)	Lendt maks (Δt) (mm)	Daktilias (μ simpangan)	Ratio Daktilias (%)
1 ($\alpha = 47^\circ$)	6.092	27.626	4.54	54.13
2 ($\alpha = 53^\circ$)	6.388	29.836	4.67	55.75
3 ($\alpha = 58^\circ$)	6.098	51.095	8.38	100.00

5.6 Hubungan Momen-Kelengkungan Hasil Pengujian

Dari data hubungan beban (P) dengan lendutan (Δ) dapat dicari momen (M) dan kelengkungan (Φ). Hubungan grafik M- Φ dapat digunakan untuk mencari nilai faktor kekakuan.

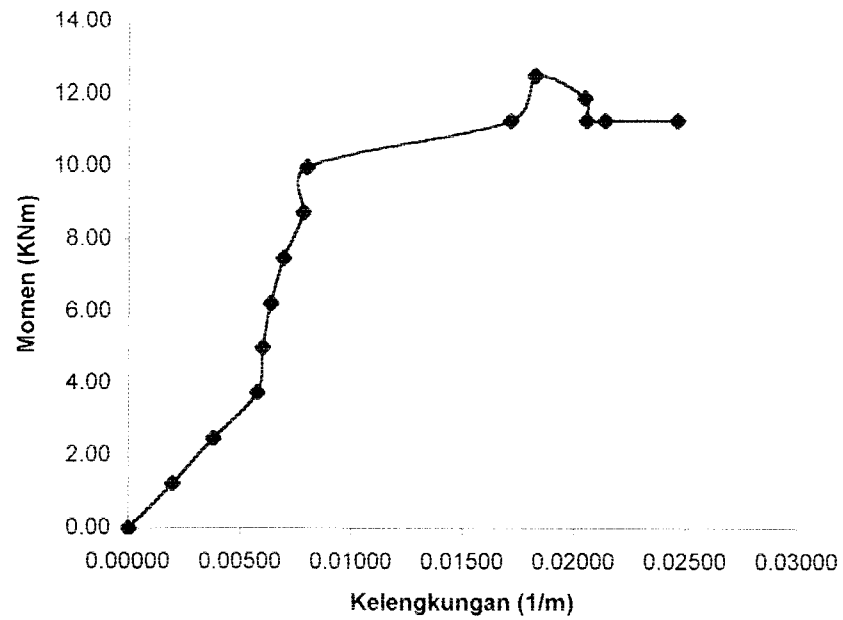
5.6.1 Benda uji 1 (rangka batang komposit pipa baja-kayu $\alpha_1 = 47^\circ$)

Dari hasil pengujian kuat lentur benda uji 1 (rangka batang komposit pipa baja-kayu $\alpha_1 = 47^\circ$) didapat data pada Tabel (5.14) sebagai berikut :

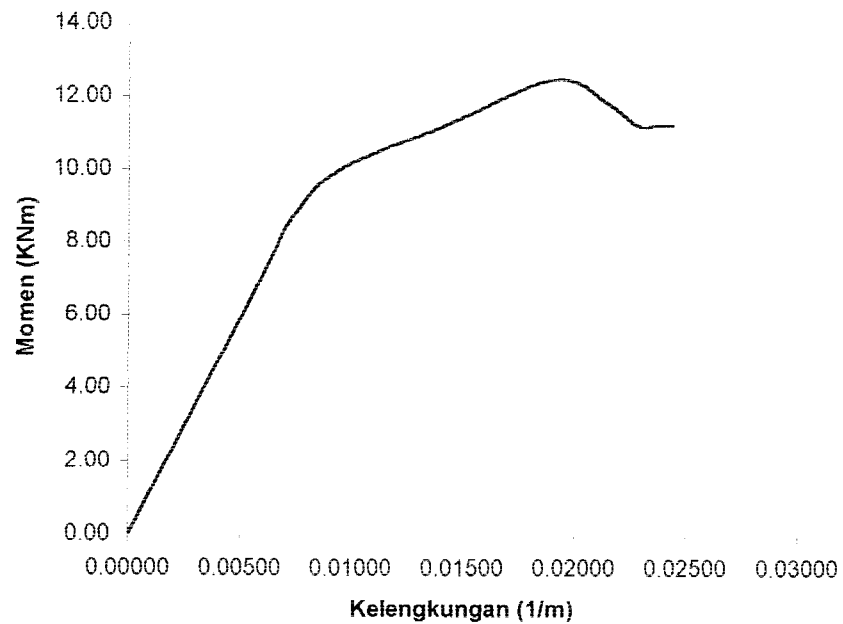
Tabel 5.14 Hubungan Momen-Kelengkungan Pengujian Benda Uji 1 $\alpha = 47^\circ$
(Revisi)

No.	Beban (KN)	Lendutan (mm)			Momen (KNm) $M=(3/16.P.L)/2$	Kelengkungan (1/m) $\Phi=(Y_{i+1}-2Y_i+Y_{i-1})/dx^2$
		Y _{i-1}	Y _i	Y _{i+1}		
1	0.00	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00000
2	3.50	0.245	0.415	0.150	1.25	0.00193
3	7.00	0.750	1.530	1.455	2.49	0.00379
4	10.50	3.525	4.165	3.510	3.74	0.00574
5	14.00	4.605	5.280	4.605	4.99	0.00598
6	17.50	5.635	6.425	5.785	6.23	0.00634
7	21.00	6.890	7.865	7.280	7.48	0.00691
8	24.50	8.275	9.090	8.145	8.73	0.00780
9	28.00	12.235	13.550	13.070	9.98	0.00796
10	31.50	14.705	16.185	13.800	11.22	0.01713
11	35.00	17.655	18.980	16.190	12.47	0.01824
12	33.25	20.135	22.570	20.390	11.85	0.02045
13	31.50	20.675	23.110	20.915	11.22	0.02052
14	31.50	21.695	24.885	23.255	11.22	0.02136
15	31.50	22.195	25.855	23.965	11.22	0.02460

Dari Tabel (5.14) didapat grafik hubungan momen-kelengkungan struktur rangka batang komposit pipa baja-kayu seperti pada Gambar (5.49) dan Gambar (5.50).



Gambar 5.49 Grafik Hubungan Momen-Kelengkungan Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja-Kayu Benda Uji 1 $\alpha = 47^\circ$



Gambar 5.50 Grafik Hubungan Momen-Kelengkungan Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja-Kayu Benda Uji 1 $\alpha = 47^\circ$ dengan Regresi

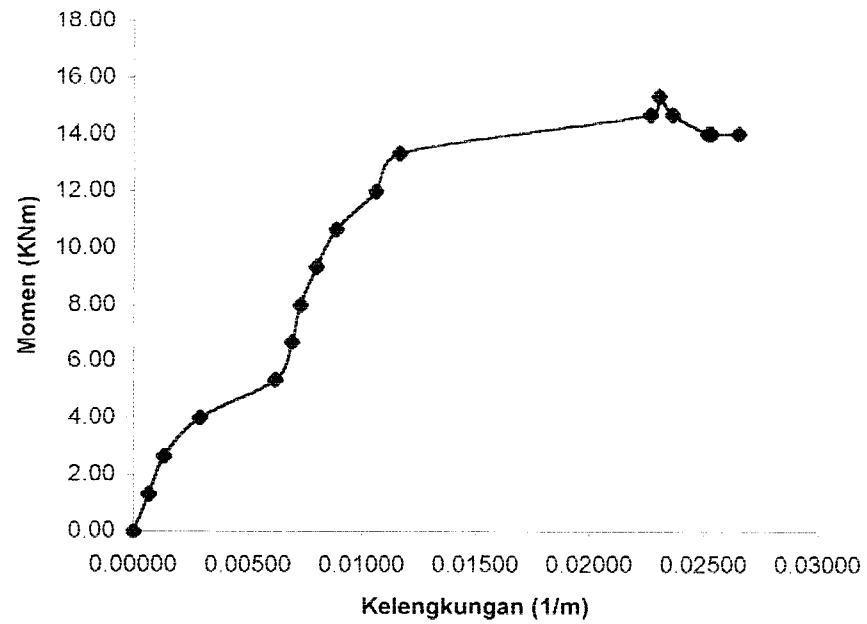
5.6.2 Benda uji 2 (rangka batang komposit pipa baja-kayu $\alpha_2 = 53^\circ$)

Dari hasil pengujian kuat lentur benda uji 2 (rangka batang komposit pipa baja-kayu $\alpha_2 = 53^\circ$) didapat data pada Tabel (5.15) sebagai berikut :

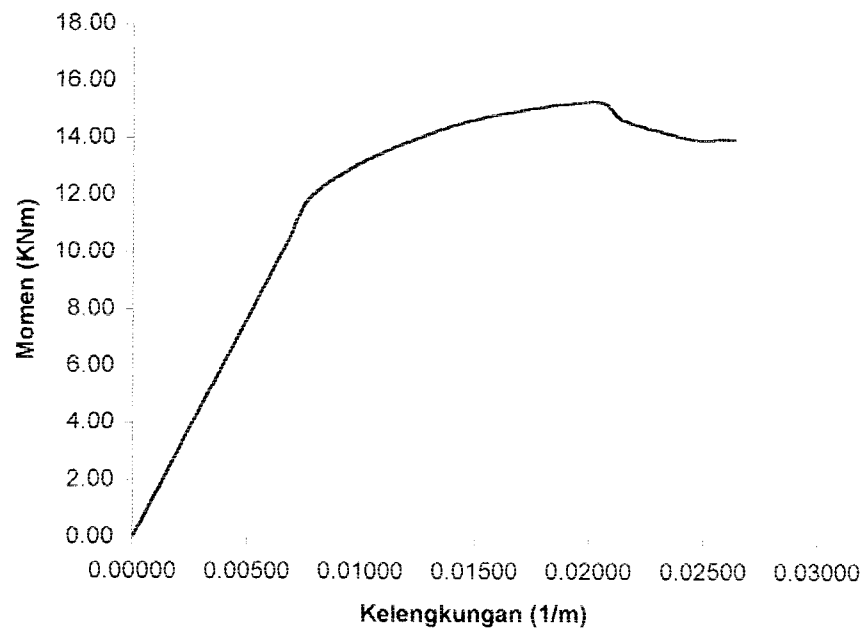
Tabel 5.15 Hubungan Momen-Kelengkungan Pengujian Benda Uji 2 $\alpha = 53^\circ$

No.	Beban (KN)	Lendutan (mm)			Momen (KNm) $M=(1/5.P.L)/2$	Kelengkungan (1/m) $\Phi=Y_{i+1}-2Y_i+Y_{i-1}/dx^2$
		Y _{i-1}	Y _i	Y _{i+1}		
1	0.00	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00000
2	3.50	0.270	0.330	0.295	1.33	0.00066
3	7.00	1.045	1.160	1.085	2.66	0.00132
4	10.50	2.455	2.645	2.420	3.99	0.00287
5	14.00	3.660	4.080	3.610	5.32	0.00616
6	17.50	5.470	5.970	5.475	6.65	0.00689
7	21.00	6.590	7.120	6.600	7.98	0.00727
8	24.50	9.835	10.400	9.815	9.31	0.00796
9	28.00	11.600	12.230	11.585	10.64	0.00883
10	31.50	14.355	15.100	14.315	11.97	0.01060
11	35.00	16.625	17.485	16.665	13.30	0.01163
12	38.50	20.600	22.150	20.435	14.63	0.02261
13	40.25	23.480	25.060	23.320	15.30	0.02299
14	38.50	24.560	26.135	24.305	14.63	0.02358
15	36.75	24.905	26.595	24.660	13.97	0.02510
16	36.75	25.975	27.335	25.045	13.97	0.02528
17	36.75	26.697	29.007	27.019	13.97	0.02647

Dari Tabel (5.15) didapat grafik hubungan momen-kelengkungan struktur rangka batang komposit pipa baja-kayu seperti pada Gambar (5.51) dan Gambar (5.52).



Gambar 5.51 Grafik Hubungan Momen-Kelengkungan Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja-Kayu Benda Uji 2 $\alpha = 53^\circ$



Gambar 5.52 Grafik Hubungan Momen-Kelengkungan Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja-Kayu Benda Uji 2 $\alpha = 53^\circ$ dengan Regresi

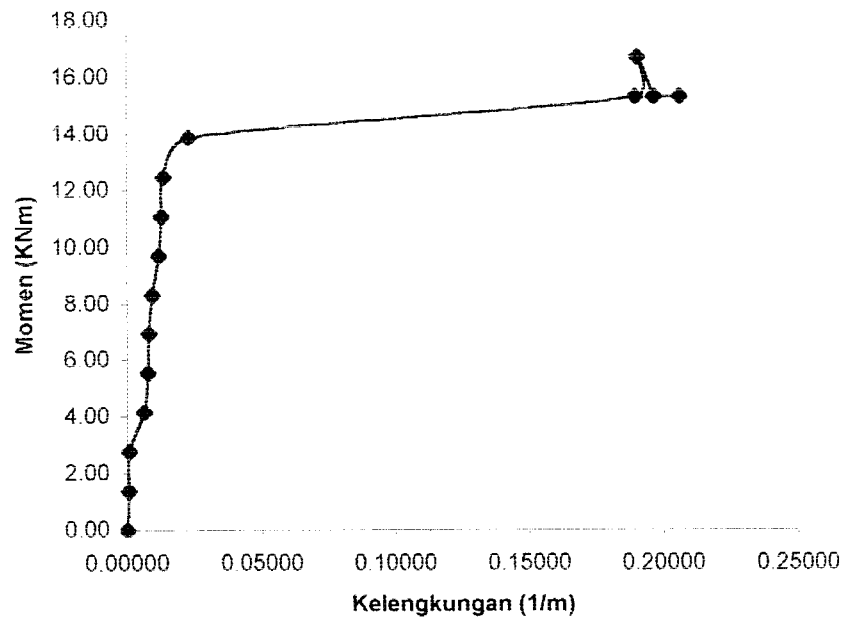
5.6.3 Benda uji 3 (rangka batang komposit pipa baja-kayu $\alpha_3 = 58^\circ$)

Dari hasil pengujian kuat lentur benda uji 3 (rangka batang komposit pipa baja-kayu $\alpha_3 = 58^\circ$) didapat data pada Tabel (5.16) sebagai berikut :

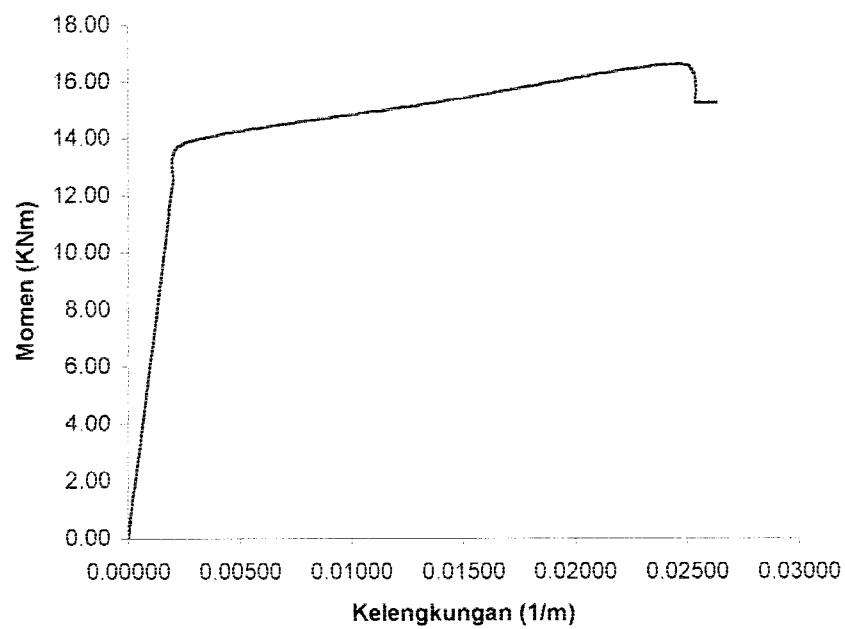
Tabel 5.16 Hubungan Momen-Kelengkungan Pengujian Benda Uji 3 $\alpha = 58^\circ$

No.	Beban (KN)	Lendutan (mm)			Momen (KNm) $M=(5/24.P.L)/2$	Kelengkungan (1/m) $\Phi=Y_{i+1}-2Y_i+Y_{i-1}/dx^2$
		Y _{i-1}	Y _i	Y _{i+1}		
1	0.00	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00000
2	3.50	0.390	0.420	0.390	1.39	0.00060
3	7.00	0.815	0.860	0.825	2.77	0.00080
4	10.50	1.565	1.910	1.635	4.16	0.00621
5	14.00	2.235	2.665	2.340	5.54	0.00756
6	17.50	3.570	4.105	3.840	6.93	0.00801
7	21.00	5.300	5.875	5.530	8.31	0.00921
8	24.50	8.640	9.320	8.840	9.70	0.01162
9	28.00	12.515	13.295	12.820	11.08	0.01257
10	31.50	16.780	17.395	16.685	12.47	0.01327
11	35.00	25.270	26.095	24.660	13.85	0.02263
12	38.50	32.710	40.445	29.295	15.24	0.18912
13	42.00	38.555	46.310	35.100	16.63	0.18992
14	38.50	38.990	47.030	35.500	15.24	0.19598
15	38.50	39.425	49.480	39.955	15.24	0.19608
16	38.50	39.750	50.310	40.335	15.24	0.20565

Dari Tabel (5.16) didapat grafik hubungan momen-kelengkungan struktur rangka batang komposit pipa baja-kayu seperti pada Gambar (5.53) dan Gambar (5.54).



Gambar 5.53 Grafik Hubungan Momen-Kelengkungan Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja – Kayu Benda Uji 3 $\alpha = 58^\circ$



Gambar 5.54 Grafik Hubungan Momen-Kelengkungan Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja – Kayu Benda Uji 3 $\alpha = 58^\circ$ dengan Regresi

Tabel 5.17 Hubungan Momen-Kelengkungan Pengujian Benda Uji 1 $\alpha = 47^\circ$
(Revisi) dengan Regresi

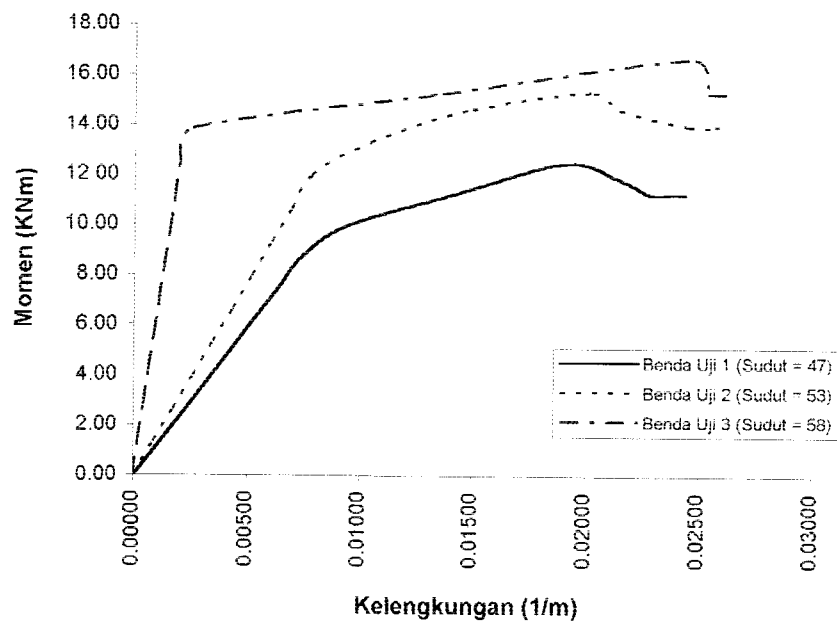
No.	Beban (KN)	Momen (KNm) $M=(3/16.P.L)/2$	Kelengkungan (1/m) $\Phi=Y_{i+1}-2Y_i+Y_{i-1}/dx^2$
1	0.00	0.00	0.00000
2	3.50	1.25	0.00106
3	7.00	2.49	0.00210
4	10.50	3.74	0.00316
5	14.00	4.99	0.00421
6	17.50	6.23	0.00526
7	21.00	7.48	0.00631
8	24.50	8.73	0.00737
9	28.00	9.98	0.00941
10	31.50	11.22	0.01421
11	35.00	12.47	0.01904
12	33.25	11.85	0.02140
13	31.50	11.22	0.02276
14	31.50	11.22	0.02360
15	31.50	11.22	0.02434

Tabel 5.18 Hubungan Momen-Kelengkungan Pengujian Benda Uji 2 $\alpha = 53^\circ$
dengan Regresi

No.	Beban (KN)	Momen (KNm) $M=(1/5.P.L)/2$	Kelengkungan (1/m) $\Phi=Y_{i+1}-2Y_i+Y_{i-1}/dx^2$
1	0.00	0.00	0.00000
2	3.50	1.33	0.00086
3	7.00	2.66	0.00173
4	10.50	3.99	0.00260
5	14.00	5.32	0.00346
6	17.50	6.65	0.00433
7	21.00	7.98	0.00520
8	24.50	9.31	0.00606
9	28.00	10.64	0.00693
10	31.50	11.97	0.00780
11	35.00	13.30	0.01040
12	38.50	14.63	0.01496
13	40.25	15.30	0.02025
14	38.50	14.63	0.02142
15	36.75	13.97	0.02448
16	36.75	13.97	0.02561
17	36.75	13.97	0.02630

Tabel 5.19 Hubungan Momen-Kelengkungan Pengujian Benda Uji 3 $\alpha = 58^\circ$ dengan Regresi

No.	Beban (KN)	Momen (KNm) $M=(5/24.P.L)/2$	Kelengkungan (1/m) $\Phi=Y_{i+1}-2Y_i+Y_{i-1}/dx^2$
1	0.00	0.00	0.00000
2	3.50	1.39	0.00022
3	7.00	2.77	0.00044
4	10.50	4.16	0.00066
5	14.00	5.54	0.00088
6	17.50	6.93	0.00111
7	21.00	8.31	0.00133
8	24.50	9.70	0.00155
9	28.00	11.08	0.00177
10	31.50	12.47	0.00199
11	35.00	13.85	0.00251
12	38.50	15.24	0.01361
13	42.00	16.63	0.02471
14	38.50	15.24	0.02530
15	38.50	15.24	0.02531
16	38.50	15.24	0.02627



Gambar 5.55 Grafik Perbandingan Momen-Kelengkungan Hasil Pengujian Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja-Kayu untuk Benda Uji 1 $\alpha = 47^\circ$, Benda Uji 2 $\alpha = 53^\circ$ dan Benda Uji 3 $\alpha = 58^\circ$ dengan Regresi

5.7 Hubungan Momen-Kelengkungan Hasil Perhitungan dengan Program SAP 2000

Dari data hubungan beban (P) dengan lendutan (Δ) dapat dicari momen (M) dan kelengkungan (Φ). Hubungan grafik $M-\Phi$ dapat digunakan untuk mencari nilai faktor kekakuan.

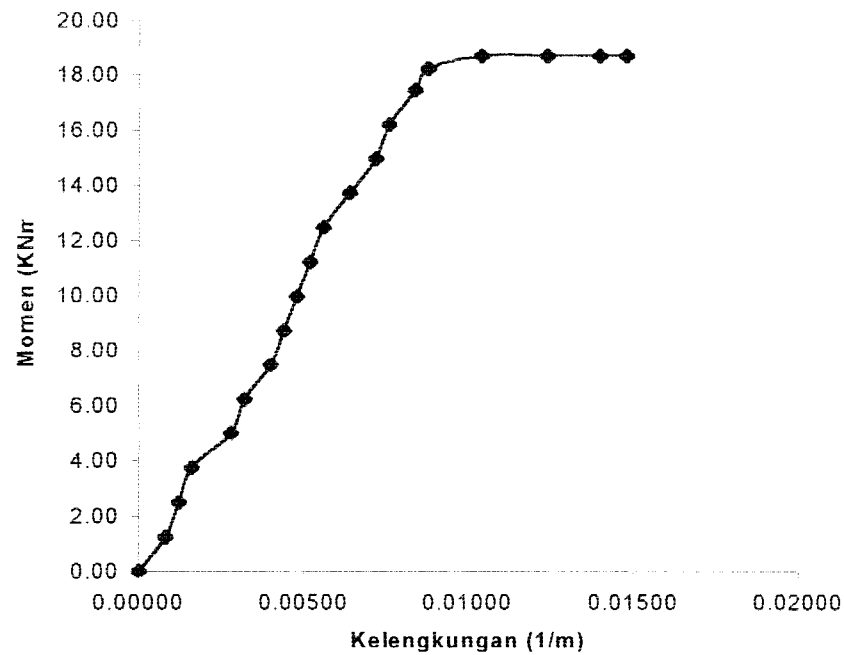
5.7.1 Benda uji 1 (rangka batang komposit pipa baja-kayu $\alpha_1 = 47^\circ$)

Dari hasil pengujian kuat lentur benda uji 1 (rangka batang komposit pipa baja-kayu $\alpha_1 = 47^\circ$) didapat data pada Tabel (5.20) sebagai berikut :

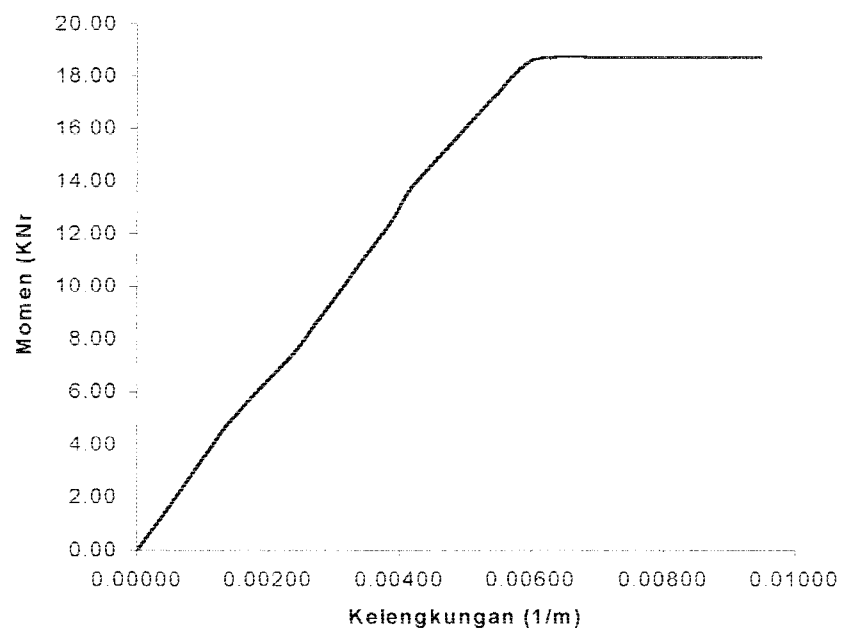
Tabel 5.20 Hubungan Momen-Kelengkungan Pengujian Benda Uji 1 $\alpha = 47^\circ$

No.	Beban (KN)	Lendutan (mm)			Momen (KNm) $M=(3/16.P.L)/2$	Kelengkungan (1/m) $\Phi=Y_{i+1}-2Y_i+Y_{i-1}/dx^2$
		Y_{i-1}	Y_i	Y_{i+1}		
1	0.00	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00000
2	3.50	1.395	1.485	1.395	1.25	0.00080
3	7.00	2.565	2.700	2.565	2.49	0.00120
4	10.50	3.735	3.915	3.735	3.74	0.00160
5	14.00	4.860	5.175	4.860	4.99	0.00279
6	17.50	6.030	6.390	6.030	6.23	0.00319
7	21.00	7.200	7.650	7.200	7.48	0.00399
8	24.50	8.370	8.865	8.370	8.73	0.00439
9	28.00	9.540	10.080	9.540	9.98	0.00479
10	31.50	10.710	11.295	10.710	11.22	0.00519
11	35.00	12.465	13.095	12.465	12.47	0.00558
12	38.50	13.050	13.770	13.050	13.72	0.00638
13	42.00	14.175	14.985	14.175	14.96	0.00718
14	45.50	15.345	16.200	15.345	16.21	0.00758
15	49.00	17.100	18.045	17.100	17.46	0.00838
16	51.20	17.235	18.225	17.235	18.24	0.00878
17	52.50	19.170	20.340	19.170	18.70	0.01037
18	52.50	20.340	21.735	20.340	18.70	0.01237
19	52.50	24.795	26.370	24.795	18.70	0.01396
20	52.50	27.360	29.025	27.360	18.70	0.01476

Dari Tabel (5.20) didapat grafik hubungan momen-kelengkungan struktur rangka batang komposit pipa baja-kayu seperti pada Gambar (5.56) dan Gambar (5.57).



Gambar 5.56 Grafik Hubungan Momen-Kelengkungan Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja-Kayu Benda Uji 1 $\alpha = 47^\circ$ dengan Menggunakan Program SAP 2000



Gambar 5.57 Grafik Hubungan Momen-Kelengkungan Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja-Kayu Benda Uji 1 $\alpha = 47^\circ$ Menggunakan Program SAP 2000 dengan Regresi

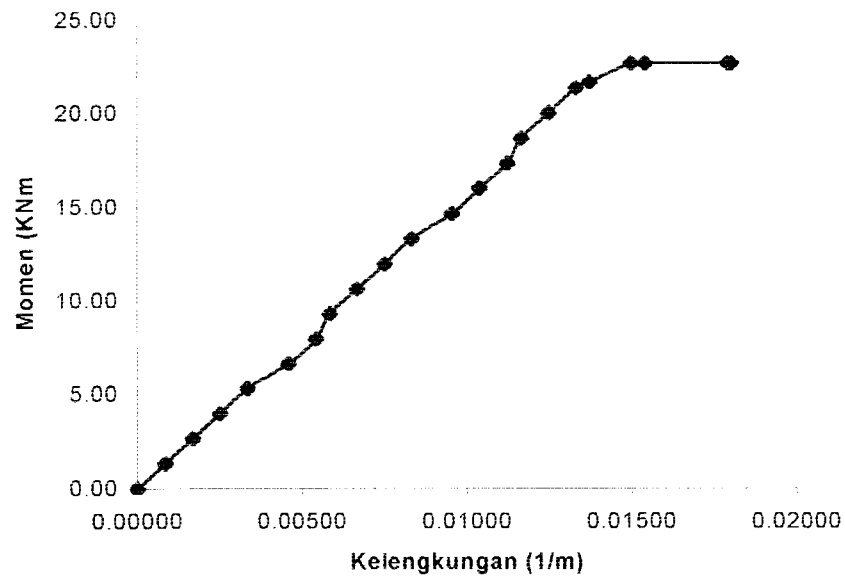
5.7.2 Benda uji 2 (rangka batang komposit pipa baja-kayu $\alpha_2 = 53^\circ$)

Dari hasil pengujian kuat lentur benda uji 2 (rangka batang komposit pipa baja-kayu $\alpha_2 = 53^\circ$) didapat data pada Tabel (5.21) sebagai berikut :

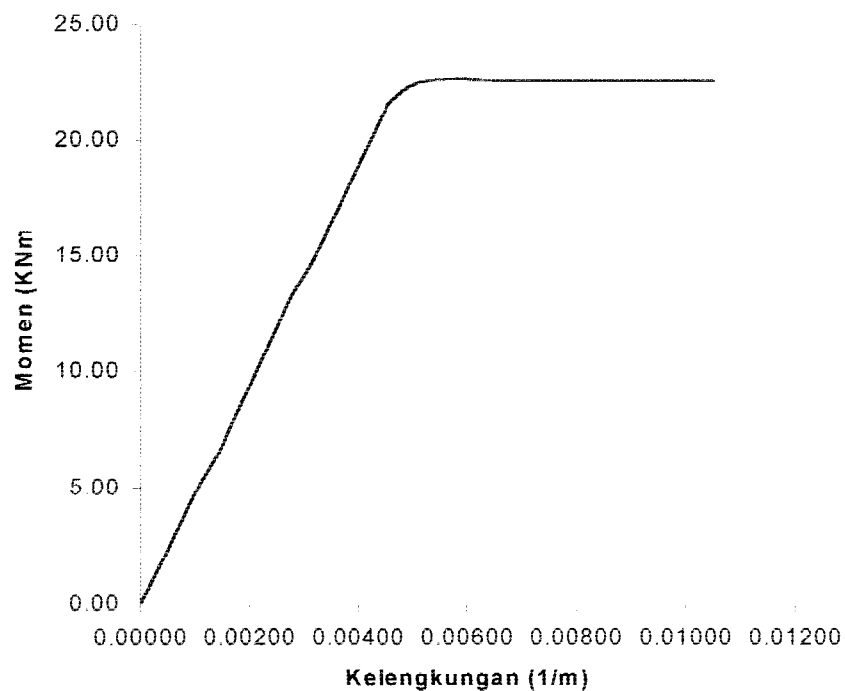
Tabel 5.21 Hubungan Momen-Kelengkungan Pengujian Benda Uji 2 $\alpha = 53^\circ$

No.	Beban (KN)	Lendutan (mm)			Momen (KNm) $M=(1/5.P.L)/2$	Kelengkungan (1/m) $\Phi=Y_{i+1}-2Y_i+Y_{i-1}/dx^2$
		Y _{i-1}	Y _i	Y _{i+1}		
1	0.00	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00000
2	3.50	0.900	0.960	0.900	1.33	0.00083
3	7.00	1.650	1.770	1.650	2.66	0.00166
4	10.50	2.400	2.580	2.400	3.99	0.00249
5	14.00	3.150	3.390	3.150	5.32	0.00332
6	17.50	3.870	4.200	3.870	6.65	0.00457
7	21.00	4.620	5.010	4.620	7.98	0.00540
8	24.50	5.370	5.790	5.370	9.31	0.00582
9	28.00	6.120	6.600	6.120	10.64	0.00665
10	31.50	6.870	7.410	6.870	11.97	0.00748
11	35.00	7.620	8.220	7.620	13.30	0.00831
12	38.50	8.340	9.030	8.340	14.63	0.00956
13	42.00	9.090	9.840	9.090	15.96	0.01039
14	45.50	9.870	10.680	9.870	17.29	0.01122
15	49.00	10.590	11.430	10.590	18.62	0.01163
16	52.50	11.340	12.240	11.340	19.95	0.01247
17	56.00	12.090	13.050	12.090	21.28	0.01330
18	56.80	12.240	13.230	12.240	21.58	0.01371
19	59.40	14.430	15.510	14.430	22.57	0.01496
20	59.40	19.380	20.490	19.380	22.57	0.01537
21	59.40	25.420	26.710	25.420	22.57	0.01787
22	59.40	31.750	33.520	31.250	22.57	0.01798

Dari Tabel (5.21) didapat grafik hubungan momen-kelengkungan struktur rangka batang komposit pipa baja-kayu seperti pada Gambar (5.58) dan Gambar (5.59).



Gambar 5.58 Grafik Hubungan Momen-Kelengkungan Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja – Kayu Benda Uji 2 $\alpha = 53^\circ$ dengan Menggunakan Program SAP 2000



Gambar 5.59 Grafik Hubungan Momen-Kelengkungan Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja – Kayu Benda Uji 2 $\alpha = 53^\circ$ Menggunakan Program SAP 2000 dengan Regresi

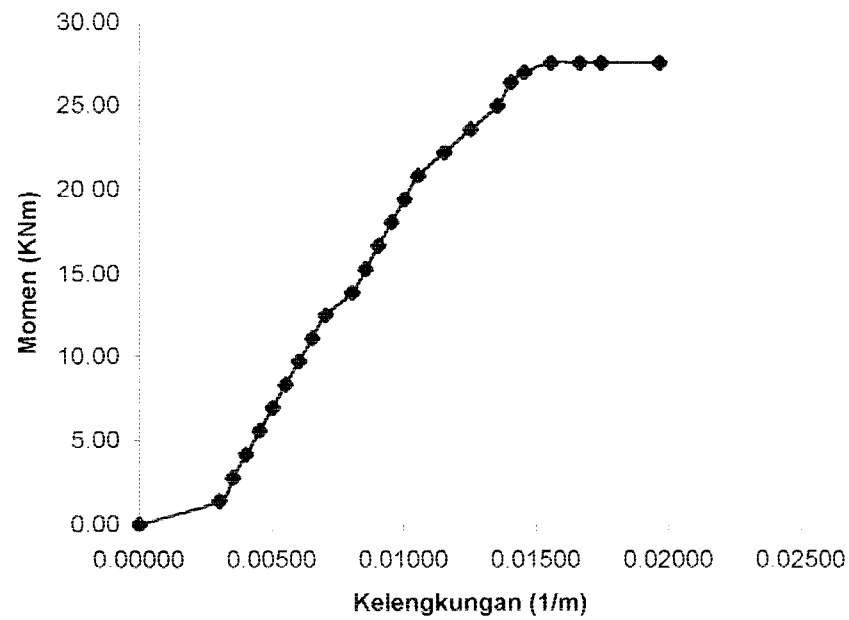
5.7.3 Benda uji 3 (rangka batang komposit pipa baja-kayu $\alpha_3 = 58^\circ$)

Dari hasil pengujian kuat lentur benda uji 3 (rangka batang komposit pipa baja-kayu $\alpha_3 = 58^\circ$) didapat data pada Tabel (5.22) sebagai berikut :

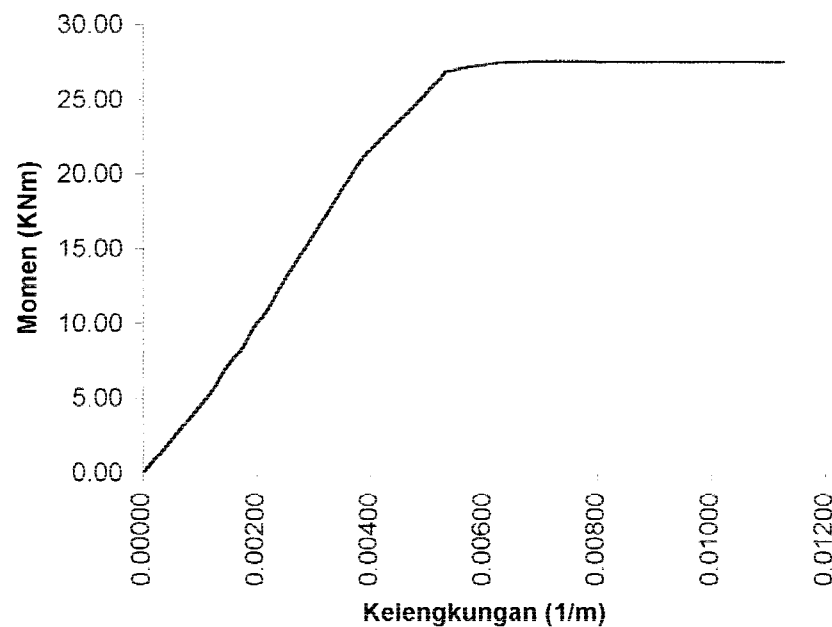
Tabel 5.22 Hubungan Momen-Kelengkungan Pengujian Benda Uji 3 $\alpha = 58^\circ$

No.	Beban (KN)	Lendutan (mm)			Momen (KNm) $M=(5/24.P.L)/2$	Kelengkungan (1/m) $\Phi= Y_{i+1}-2Y_i+Y_{i-1}/dx^2$
		Y_{i-1}	Y_i	Y_{i+1}		
1	0.00	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00000
2	3.50	0.825	0.975	0.825	1.39	0.00300
3	7.00	1.525	1.700	1.525	2.77	0.00351
4	10.50	2.200	2.400	2.200	4.16	0.00401
5	14.00	2.900	3.125	2.900	5.54	0.00451
6	17.50	3.600	3.850	3.600	6.93	0.00501
7	21.00	4.275	4.550	4.275	8.31	0.00551
8	24.50	4.975	5.275	4.975	9.70	0.00601
9	28.00	5.675	6.000	5.675	11.08	0.00651
10	31.50	6.350	6.700	6.350	12.47	0.00701
11	35.00	7.050	7.450	7.050	13.85	0.00801
12	38.50	7.525	7.950	7.525	15.24	0.00851
13	42.00	8.425	8.875	8.425	16.63	0.00901
14	45.50	9.125	9.600	9.125	18.01	0.00951
15	49.00	9.825	10.325	9.825	19.40	0.01001
16	52.50	10.525	11.050	10.525	20.78	0.01052
17	56.00	11.200	11.775	11.200	22.17	0.01152
18	59.50	11.900	12.525	11.900	23.55	0.01252
19	63.00	12.600	13.275	12.600	24.94	0.01352
20	66.50	13.275	13.975	13.275	26.32	0.01402
21	68.00	13.575	14.300	13.575	26.92	0.01452
22	69.50	14.950	15.725	14.950	27.51	0.01552
23	69.50	21.400	22.230	21.400	27.51	0.01662
24	69.50	29.080	29.950	29.080	27.51	0.01743
25	69.50	36.800	37.780	36.800	27.51	0.01963

Dari Tabel (5.22) didapat grafik hubungan momen-kelengkungan struktur rangka batang komposit pipa baja-kayu seperti pada Gambar (5.60) dan Gambar (5.61).



Gambar 5.60 Grafik Hubungan Momen-Kelengkungan Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja – Kayu Benda Uji 3 $\alpha = 58^\circ$ dengan Menggunakan Program SAP 2000



Gambar 5.61 Grafik Hubungan Momen-Kelengkungan Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja – Kayu Benda Uji 3 $\alpha = 58^\circ$ Menggunakan Program SAP 2000 dengan Regresi

5.8 Analisa Data Hubungan Momen-Kelengkungan

Dari hasil pengamatan grafik hubungan momen-kelengkungan hasil pengujian dari Gambar (5.50), Gambar (5.52) dan Gambar (5.54) dapat dicari nilai faktor kekakuan struktur rangka batang komposit pipa baja-kayu seperti pada Tabel (5.23).

Tabel 5.23 Nilai Faktor Kekakuan dari Hasil Pengujian Benda Uji 1 ($\alpha_1 = 47^\circ$), Benda Uji 2 ($\alpha_2 = 53^\circ$) dan Benda Uji 3 ($\alpha_3 = 58^\circ$) Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja-Kayu

Benda Uji	Momen (KNm)	Kelengkungan (1/m)	Faktor Kekakuan (EI) KNm ²	Ratio Faktor Kekakuan (%)
1 ($\alpha = 47^\circ$)	4.99	0.00421	1183.84	18.90
2 ($\alpha = 53^\circ$)	6.65	0.00433	1535.87	24.51
3 ($\alpha = 58^\circ$)	8.31	0.00133	6265.02	100.00

Dari hasil pengamatan grafik hubungan momen-kelengkungan hasil perhitungan dengan program SAP 2000 dari Gambar (5.57), Gambar (5.59) dan Gambar (5.61) dapat dicari nilai faktor kekakuan struktur rangka batang komposit pipa baja-kayu seperti pada Tabel (5.24)

Tabel 5.24 Nilai Faktor Kekakuan dari Hasil Perhitungan dengan Program SAP 2000 Benda Uji 1 ($\alpha_1 = 47^\circ$), Benda Uji 2 ($\alpha_2 = 53^\circ$) dan Benda Uji 3 ($\alpha_3 = 58^\circ$) Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja-Kayu

Benda Uji	Momen (KNm)	Kelengkungan (1/m)	Faktor Kekakuan (EI) KNm ²	Ratio Faktor Kekakuan (%)
1 ($\alpha = 47^\circ$)	18.24	0.00580	3142.18	62.64
2 ($\alpha = 53^\circ$)	21.58	0.00454	4757.64	94.85
3 ($\alpha = 58^\circ$)	26.92	0.00537	5016.02	100.00

Dari hasil pengamatan grafik hubungan momen-kelengkungan hasil pengujian dari Gambar (5.50), Gambar (5.52) dan Gambar (5.54) dapat dicari nilai daktilitas kelengkungan struktur rangka batang komposit pipa baja-kayu seperti pada Tabel (5.25).

Tabel 5.25 Nilai Daktilias Kelengkungan dari Hasil Pengujian Benda Uji 1 ($\alpha_1 = 47^\circ$), Benda Uji 2 ($\alpha_2 = 53^\circ$) dan Benda Uji 3 ($\alpha_3 = 58^\circ$) Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja-Kayu

Benda Uji	Kelengkungan (mm)	Kelenk. Maks (mm)	Daktilias (μ kelengkungan)	Ratio Daktilias (%)
1 ($\alpha = 47^\circ$)	4.213	24.340	5.78	29.18
2 ($\alpha = 53^\circ$)	4.330	26.300	6.07	30.68
3 ($\alpha = 58^\circ$)	1.327	26.271	19.80	100.00

5.9 Pembahasan

5.9.1 Kuat lentur struktur rangka batang komposit pipa baja-kayu ditinjau dari hubungan beban lendutan

Dari grafik beban dan lendutan hasil pengujian kuat lentur struktur rangka batang komposit pipa baja-kayu dapat dilihat bahwa kuat lentur struktur rangka batang komposit pipa baja-kayu dengan $\alpha_1 = 47^\circ$, $\alpha_2 = 53^\circ$ dan $\alpha_3 = 58^\circ$ mempunyai perilaku hampir sama. Hal ini dapat dilihat pada pola grafik beban dan lendutan yang diperoleh dari data hasil pengujian. Dari Hubungan Beban-Lendutan dapat diketahui bahwa struktur rangka batang komposit pipa baja-kayu dengan $\alpha_3 = 58^\circ$ kekuatannya lebih kuat 16,67 % dari struktur rangka batang komposit pipa baja-kayu dengan $\alpha_2 = 53^\circ$ dan struktur rangka batang komposit pipa baja-kayu dengan $\alpha_3 = 58^\circ$ lebih kuat 33,33 % dari struktur rangka batang komposit pipa baja-kayu dengan $\alpha_1 = 47^\circ$, sedangkan struktur rangka batang komposit pipa baja-kayu dengan $\alpha_2 = 53^\circ$ lebih kuat 20,00 % dari struktur rangka batang komposit pipa baja-kayu dengan $\alpha_1 = 47^\circ$, hal ini ditunjukkan dengan beban maksimal yang bisa ditahan oleh struktur rangka batang komposit pipa baja-kayu dengan $\alpha_3 = 58^\circ$ yaitu sebesar 21,00 KN, sedangkan struktur rangka batang komposit pipa baja-kayu dengan $\alpha_2 = 53^\circ$ yaitu sebesar 17,5 KN, dan struktur rangka batang komposit pipa baja-kayu dengan $\alpha_1 = 47^\circ$ yaitu sebesar 14,00 KN.

Dari Hubungan Beban-Lendutan dapat diketahui pula bahwa kekakuan struktur rangka batang komposit pipa baja-kayu dengan $\alpha_3 = 58^\circ$ lebih baik 20,44 % dari struktur rangka batang komposit pipa baja-kayu dengan $\alpha_2 = 53^\circ$ dan struktur rangka batang komposit pipa baja-kayu dengan $\alpha_3 = 58^\circ$ lebih baik 33,26 % dari

struktur rangka batang komposit pipa baja-kayu dengan $\alpha_1 = 47^\circ$ sedangkan struktur rangka batang komposit pipa baja-kayu dengan $\alpha_2 = 53^\circ$ lebih baik 16,12 % dari struktur rangka batang komposit pipa baja-kayu dengan $\alpha_1 = 47^\circ$, hal ini ditunjukkan dengan kekakuan struktur rangka batang komposit pipa baja-kayu dengan $\alpha_3 = 58^\circ$ yaitu sebesar 3443,48 KN/mm, sedangkan struktur rangka batang komposit pipa baja-kayu dengan $\alpha_2 = 53^\circ$ yaitu sebesar 2739,71 KN/mm dan struktur rangka batang komposit pipa baja-kayu dengan $\alpha_1 = 47^\circ$ yaitu sebesar 2298,22 KN/mm.

Dari Hubungan Beban-Lendutan dengan perhitungan program SAP 2000 didapat nilai kekakuan yang hampir sama. Kekakuan struktur rangka batang komposit pipa baja-kayu dengan $\alpha_3 = 58^\circ$ lebih besar 10,28 % dari struktur rangka batang komposit pipa baja-kayu dengan $\alpha_2 = 53^\circ$ dan kekakuan struktur rangka batang komposit pipa baja-kayu dengan $\alpha_3 = 58^\circ$ lebih besar 41,99 % dari struktur rangka batang komposit pipa baja-kayu dengan $\alpha_1 = 47^\circ$, sedangkan kekakuan struktur rangka batang komposit pipa baja-kayu dengan $\alpha_2 = 53^\circ$ lebih besar 35,33 % dari struktur rangka batang komposit pipa baja-kayu dengan $\alpha_1 = 47^\circ$.

5.9.2 Daktilitas Simpangan (*Deflection Ductility*) Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja-Kayu Berdasarkan Hubungan Beban-Lendutan

Dari Hubungan Beban-Lendutan dapat diketahui tentang daktilitas simpangan (*deflection ductility*) pada struktur rangka batang komposit pipa baja-kayu dimana struktur rangka batang komposit pipa baja-kayu dengan $\alpha_3 = 58^\circ$ lebih baik 44,25 % dari struktur rangka batang komposit pipa baja-kayu dengan $\alpha_2 = 53^\circ$ dan struktur rangka batang komposit pipa baja-kayu dengan $\alpha_3 = 58^\circ$ lebih baik 45,87 % dari struktur rangka batang komposit pipa baja-kayu dengan $\alpha_1 = 47^\circ$ sedangkan struktur rangka batang komposit pipa baja-kayu dengan $\alpha_2 = 53^\circ$ lebih baik 2,78 % dari struktur rangka batang komposit pipa baja-kayu dengan $\alpha_1 = 47^\circ$, hal ini ditunjukkan dengan nilai daktilitas simpangan struktur rangka batang komposit pipa baja-kayu dengan $\alpha_3 = 58^\circ$ yaitu sebesar 8,38 sedangkan struktur rangka batang komposit pipa baja-kayu dengan $\alpha_2 = 53^\circ$ yaitu sebesar 4,67 dan struktur rangka batang komposit pipa baja-kayu dengan $\alpha_1 = 47^\circ$ yaitu sebesar 4,54.

5.9.3 Kuat lentur struktur rangka batang komposit pipa baja-kayu berdasarkan hubungan momen-kelengkungan

Dari Hubungan Momen-Kelengkungan dapat diketahui bahwa nilai faktor kekakuan struktur rangka batang komposit pipa baja-kayu dengan $\alpha_3 = 58^\circ$ hanya selisih 75,49 % lebih besar dari struktur rangka batang komposit pipa baja-kayu dengan $\alpha_2 = 53^\circ$ dan faktor kekakuan struktur rangka batang komposit pipa baja-kayu dengan $\alpha_3 = 58^\circ$ lebih besar 81,10 % dari struktur rangka batang komposit pipa baja-kayu dengan $\alpha_1 = 47^\circ$, sedangkan faktor kekakuan struktur rangka batang komposit pipa baja-kayu dengan $\alpha_2 = 53^\circ$ lebih besar 22,93 % dari struktur rangka batang komposit pipa baja-kayu dengan $\alpha_1 = 47^\circ$. Hal ini ditunjukkan dengan faktor kekakuan struktur rangka batang komposit pipa baja-kayu dengan $\alpha_3 = 58^\circ$ yaitu sebesar 6265,02 KNm² sedangkan faktor kekakuan struktur rangka batang komposit pipa baja-kayu dengan $\alpha_2 = 53^\circ$ yaitu sebesar 1535,87 KNm² dan faktor kekakuan struktur rangka batang komposit pipa baja-kayu dengan $\alpha_1 = 47^\circ$ yaitu sebesar 1183,84 KNm².

Dari Hubungan Momen-Kelengkungan berdasarkan perhitungan dengan program SAP 2000 didapat nilai faktor kekakuan struktur rangka batang komposit pipa baja-kayu dengan $\alpha_3 = 58^\circ$ hanya selisih 5,15 % lebih besar dari struktur rangka batang komposit pipa baja-kayu dengan $\alpha_2 = 53^\circ$ dan faktor kekakuan struktur rangka batang komposit pipa baja-kayu dengan $\alpha_3 = 58^\circ$ lebih besar 37,36 % dari struktur rangka batang komposit pipa baja-kayu dengan $\alpha_1 = 47^\circ$, sedangkan faktor kekakuan struktur rangka batang komposit pipa baja-kayu dengan $\alpha_2 = 53^\circ$ lebih besar 33,96 % dari struktur rangka batang komposit pipa baja-kayu dengan $\alpha_1 = 47^\circ$. Dengan demikian hasil perhitungan menggunakan program SAP 2000 hampir sama dengan hasil pengujian.

5.9.4 Daktilitas Kelengkungan (*Curvature Ductility*) Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja-Kayu Berdasarkan Hubungan Momen-Kelengkungan

Dari Hubungan Momen-Kelengkungan dapat diketahui tentang daktilitas kelengkungan (*curvature ductility*) pada struktur rangka batang komposit pipa baja-kayu dimana struktur rangka batang komposit pipa baja-kayu dengan $\alpha_3 = 58^\circ$ lebih baik 63,32 % dari struktur rangka batang komposit pipa baja-kayu dengan $\alpha_2 = 53^\circ$ dan struktur rangka batang komposit pipa baja-kayu dengan $\alpha_3 = 58^\circ$ lebih baik 70,82 % dari struktur rangka batang komposit pipa baja-kayu dengan $\alpha_1 = 47^\circ$ sedangkan struktur rangka batang komposit pipa baja-kayu dengan $\alpha_2 = 53^\circ$ lebih baik 4,78 % dari struktur rangka batang komposit pipa baja-kayu dengan $\alpha_1 = 47^\circ$, hal ini ditunjukkan dengan nilai daktilitas simpangan struktur rangka batang komposit pipa baja-kayu dengan $\alpha_3 = 58^\circ$ yaitu sebesar 19,80 sedangkan struktur rangka batang komposit pipa baja-kayu dengan $\alpha_2 = 53^\circ$ yaitu sebesar 6,07 dan struktur rangka batang komposit pipa baja-kayu dengan $\alpha_1 = 47^\circ$ yaitu sebesar 5,78.

5.9.5 Kerusakan Tekuk pada Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja dengan Kayu

Kerusakan struktur yang terjadi pada ketiga benda uji struktur rangka batang komposit pipa baja dengan kayu adalah kerusakan tekuk inelastis pada batang diagonal. Dimana modulus elastisitas dari batang tersebut pada saat mulai menekuk kurang dari modulus elastisitas awal.

a. Benda Uji 1 (struktur rangka batang komposit pipa baja-kayu $\alpha_1 = 47^\circ$)

Kerusakan tekuk pada struktur rangka batang komposit pipa baja-kayu dengan $\alpha_1 = 47^\circ$ terjadi pada batang nomor 8, 15, 31 dan 38 (SAP 2000). Berdasarkan analisis dari SAP 2000 dengan pemberian beban maksimal pada struktur, maka batang tersebut mengalami beban aksial sebesar 20,16 KN. Dengan persamaan tekuk *Euler* dapat diketahui jenis tekuk yang terjadi pada batang tersebut, yaitu dengan mencari modulus elastisitas dari batang-batang tersebut pada saat batang sudah tidak mampu lagi menerima beban.

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L^2}$$

dimana : E = Modulus elastisitas
I = Momen inersia
L = Panjang tekuk

$$20,61 \times 10^2 = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot 1,34}{68,70^2}$$

$$E = 0,73 \times 10^6 \frac{kg}{cm^2} \leq 2,1 \times 10^6 \frac{kg}{cm^2} \Rightarrow \text{tekuk inelastis}$$

Jadi nilai modulus elastisitas dari batang-batang tersebut pada saat batang sudah tidak mampu lagi menerima beban yaitu sebesar $= 0,73 \times 10^6 \frac{kg}{cm^2}$. Sehingga kurang dari modulus elastisitas awal, maka dapat dikatakan keruntuhan tekuk yang terjadi adalah tekuk inelastis.

b. Benda Uji 2 (struktur rangka batang komposit pipa baja-kayu $\alpha_2 = 53$)

Kerusakan tekuk pada struktur rangka batang komposit pipa baja-kayu dengan $\alpha_2 = 53$ terjadi pada batang nomor 10, 19, 29 dan 38 (SAP 2000). Berdasarkan analisis dari SAP 2000 dengan pemberian beban maksimal pada struktur, maka batang tersebut mengalami beban aksial sebesar 18,80 KN. Dengan persamaan tekuk *Euler* dapat diketahui jenis tekuk yang terjadi pada batang tersebut, yaitu dengan mencari modulus elastisitas dari batang-batang tersebut pada saat batang sudah tidak mampu lagi menerima beban.

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L^2}$$

dimana : E = Modulus elastisitas
I = Momen inersia
L = Panjang tekuk

$$18,80 \times 10^2 = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot 1,34}{68,70^2}$$

$$E = 0,56 \times 10^6 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \leq 2,1 \times 10^6 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \Rightarrow \text{tekuk inelastis}$$

Jadi nilai modulus elastisitas dari batang-batang tersebut pada saat batang sudah tidak mampu lagi menerima beban yaitu sebesar $= 0,56 \times 10^6 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$. Sehingga kurang dari modulus elastisitas awal, maka dapat dikatakan keruntuhan tekuk yang terjadi adalah tekuk inelastis.

c. Benda Uji 3 (struktur rangka batang komposit pipa baja-kayu $\alpha_3 = 58^\circ$)

Kerusakan tekuk pada struktur rangka batang komposit pipa baja-kayu dengan $\alpha_3 = 58^\circ$ terjadi pada batang nomor 12, 23, 43 dan 54 (SAP 2000). Berdasarkan analisis dari SAP 2000 dengan pemberian beban maksimal pada struktur, maka batang tersebut mengalami beban aksial sebesar 19,73 KN. Dengan persamaan tekuk *Euler* dapat diketahui jenis tekuk yang terjadi pada batang tersebut, yaitu dengan mencari modulus elastisitas dari batang-batang tersebut pada saat batang sudah tidak mampu lagi menerima beban.

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L^2}$$

dimana : E = Modulus elastisitas
 I = Momen inersia
 L = Panjang tekuk

$$19,73 \times 10^3 = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot 1,34}{68,70^2}$$

$$E = 0,52 \times 10^6 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \leq 2,1 \times 10^6 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \Rightarrow \text{tekuk inelastis}$$

Jadi nilai modulus elastisitas dari batang-batang tersebut pada saat batang sudah tidak mampu lagi menerima beban yaitu sebesar $= 0,52 \times 10^6 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$. Sehingga kurang dari modulus elastisitas awal, maka dapat dikatakan keruntuhan tekuk yang terjadi adalah tekuk inelastis.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan pada bab sebelumnya dapat ditarik kesimpulan mengenai kuat lentur struktur rangka batang komposit pipa baja-kayu dengan sudut $\alpha_1 = 47^\circ$, $\alpha_2 = 53^\circ$ dan $\alpha_3 = 58^\circ$ yaitu sebagai berikut :

1. Dari hasil penelitian struktur rangka batang komposit pipa baja dengan kayu menggunakan variasi sudut dapat disimpulkan bahwa semakin besar sudut (α) batang diagonal, maka semakin besar kapasitas lentur struktur rangka batang komposit pipa baja dengan kayu tersebut dalam menahan momen.
2. Berdasarkan hubungan beban-lendutan dan momen-kelengkungan struktur rangka batang komposit pipa baja dengan kayu semakin besar sudut (α) batang diagonal maka kekakuan dan faktor kekakuannya semakin besar. Serta didapatkan nilai daktilitas simpangan dan daktilitas kelengkungan yang semakin besar pula.
3. Kerusakan yang terjadi pada struktur rangka batang komposit pipa baja-kayu merupakan kerusakan tekuk pada batang tekan diagonal. Kerusakan tersebut merupakan tekuk inelastis karena terjadi pada saat batang mulai menekuk nilai modulus elastisitasnya kurang dari modulus elastisitas awal.

6.2 Saran

Untuk melakukan penelitian lebih lanjut tentang pengujian kuat lentur struktur rangka batang komposit pipa baja-kayu yang perlu dipertimbangkan adalah :

1. Untuk penelitian berikutnya perlu diteliti kuat lentur struktur rangka batang komposit pipa baja dengan kayu menggunakan variasi L/h dengan jenis kayu yang berbeda.

2. Untuk Penelitian berikutnya ada baiknya pada batang diagonal dari struktur rangka batang ini digunakan pipa baja yang lebih tebal sehingga terhindar dari tekuk lokal.
3. Karena pembuatan benda uji dilakukan oleh tukang, maka pada saat pembuatan sebaiknya diawasi untuk menghindari kesalahan pembuatan benda uji.

DAFTAR PUSTAKA

- _____ (1961), **PERATURAN KONSTRUKSI KAYU INDONESIA, NI-5 PKKI 1961**, Departemen Pekerjaan Umum.
- Charles G. Salmon, John E. Johnson, 1986, **STRUKTUR BAJA DESAIN DAN PERILAKU**, PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Faherty, KF., Williamson, GT., 1989, **WOOD ENGINEERING AND CONSTRUCTION HANDBOOK**, McGraw-Hill Publishing Company.
- Morisco, 1991, **BATANG STRUKTUR KOMPOSIT KAYU DAN METAL**, PAU, Ilmu Teknik Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Suwarno Wiryomartono, 1976, **KONSTRUKSI KAYU**, Bahan-Bahan Kuliah Fakultas Teknik UGM, Yogyakarta.
- Susastrawan, Ir.H.MS., 1991, **MEKANIKA REKAYASA IV**, Bahan-Bahan Kuliah Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan UII, Yogyakarta.
- Gere dan Timoshenko, 1987, **MEKANIKA BAHAN, TERJEMAHAN, JILID 1, EDISI 2**, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Popov, E.P., 1984, **MEKANIKA TEKNIK**, Terjemahan, Penerbit Erlangga.
- Widodo, 1997, **METODE NUMERIK**, Bahan-Bahan Kuliah Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan UII, Yogyakarta.
- R. Park and T. Paulay, 1974., **REINFORCED CONCRETE STRUCTURES**, Departement of Civil Engineering, University of Centurebury Cricthueh, New Zealand.

Oentong, 1999, **KONSTRUKSI BAJA**, LPPM Universitas Kristen Veteran
Surabaya dan Andi, Yogyakarta.

Perhitungan Beban Kritis Masing-Masing Batang

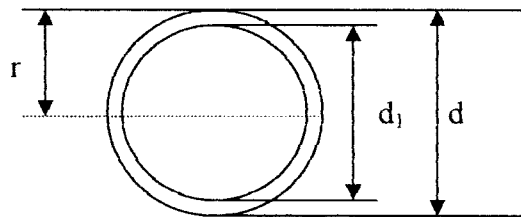
1. Data Perencanaan

Ketentuan-ketentuan dalam perencanaan struktur rangka batang komposit pipa baja-kayu adalah sebagai berikut :

- Profil baja yang digunakan baja profil pipa dengan diameter $1\frac{1}{4}$ inchi dengan tebal 1,2 mm.
- Sudut (α) masing-masing benda uji untuk batang diagonal (pipa baja) yaitu $\alpha = 47^\circ$, $\alpha = 53^\circ$ dan $\alpha = 58^\circ$.
- Struktur rangka batang komposit pipa baja-kayu untuk batang tepi menggunakan kayu bengkirai berukuran $2 \times 3/10$ (batang ganda).
- Struktur rangka batang komposit pipa baja-kayu ditumpu oleh dukungan sendi-rol.
- Struktur rang batang komposit pipa baja-kayu hanya dibebani beban terpusat statis pada arah z.

2. Batang Diagonal (pipa baja)

- Perhitungan jari-jari inersia penampang untuk pipa baja $\phi 1\frac{1}{4}$ inchi.



Luas penampang,
$$A = \frac{1}{4} \pi (d^2 - d_1^2)$$

Inersia profil,
$$I = \frac{\pi (d^4 - d_1^4)}{64}$$

Jari-jari inersia,
$$r = \frac{\sqrt{d^2 + d_1^2}}{4}$$

Syarat kelangsingan yang digunakan :
$$\lambda = \frac{Kl}{r} \leq 240$$

Beban Kritis :

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L^2}$$

dengan : E = Modulus elastisitas bahan baja ($E = 2,1 \times 10^6$).
 I = Momen inersia bahan baja.
 L = Panjang Tekuk

Hasil perhitungan beban kritis tersebut digunakan sebagai acuan seberapa besar batang tersebut mampu menahan pembeban aksial yang ditimbulkan akibat gaya desak sentris pada saat pengujian.

Tabel 1.1 Perhitungan Beban Kritis Batang Diagonal (Pipa Baja) $\phi = 1\frac{1}{4}$ inchi

No.	Benda Uji	Diameter Profil Pipa (cm)	Luas Penampang A (cm ²)	Inersia Pipa I (cm ⁴)	Jari-Jari Inersia r (cm)	Panjang Pipa (cm)	Kerangsingan (λ)	Beban Kritis Per (KN)	Keterangan
1	I $\alpha = 47^\circ$	3,175	1,15	1,34	1,08	68,70	63,67	58,79	Aman
2	II $\alpha = 53^\circ$	3,175	1,15	1,34	1,08	62,80	58,20	70,35	Aman
3	III $\alpha = 58^\circ$	3,175	1,15	1,34	1,08	59,18	54,85	79,21	Aman
						50,00	46,30	110,98	Aman

3. Batang Tepi (kayu)

Untuk batang tepi menggunakan kayu bengkirai dengan tampang ganda (2 x 3/10), dengan spesifikasi sebagai berikut :

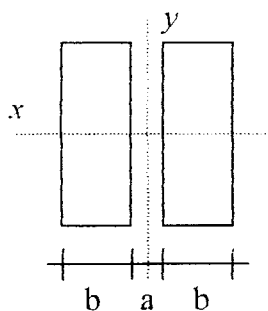
- Kayu Mutu A dengan Kelas Kuat I.
- Modulus Elastisitas Kayu (E) = 125.000 kg/cm²
- Tegangan Ijin Kayu : $\bar{\sigma}_{ll}$: 170 kg/cm²
 $\bar{\sigma}_{lk//} = \bar{\sigma}_{lr//}$: 150 kg/cm²
 $\bar{\sigma}_{lk\perp}$: 40 kg/cm²
 $\bar{\tau}_{ll}$: 20 kg/cm²

Pada kayu gaya yang didukung oleh batang dikalikan dengan faktor tekuk (ω), yaitu sebuah faktor yang besarnya tergantung dari kelangsingan batang (λ). Sehingga untuk menghitung tegangan desak yang terjadi digunakan rumus :

$$\sigma_{ds//} = \frac{P \cdot \omega}{F_{br}} \leq \bar{\sigma}_{ds//}$$

Syarat kelangsingan yang digunakan : $\lambda = \frac{l_{tk}}{i_{min}}$

Untuk batang ganda yang terdiri dari dua batang tunggal yang diberi jarak antara. Pemberian jarak antara ini dengan maksud untuk memperbesar momen inersia yang berarti juga memperbesar daya dukung. Dari batang ganda yang terdiri dari dua bagian, didapat $I_x = 2 \cdot \frac{1}{12} \cdot bh^3$, $I_y = \frac{1}{12} b^3h$ dan karena $F = 2 \cdot bh$, maka didapat $i_x = 0,289 h$.



Pada sumbu bebas bahan (sumbu y) :

$$I_r = \frac{1}{4}(It + 3 Ig)$$

$$It = 2 Iy + 2 F \cdot e^2 \rightarrow e = (a+b) / 2$$

$$Ig = \frac{1}{12} \cdot h (2 \cdot b)^3$$

$$i_x = 0,289 \cdot h$$

$$i_y = \sqrt{\frac{I_r}{2F}} \quad , \quad F = 2 \cdot b \cdot h$$

- i_{min} didapat dengan membandingkan nilai yang terkecil antara i_x dan i_y . selanjutnya dihitung λ , kemudian didapat ω sehingga didapat tegangan desak sesuai dengan.
- Pada struktur rangka batang komposit pipa baja-kayu ujung-ujung batang bersendi, maka $l_{tk} = l$.

Hasil perhitungan beban kritis tersebut digunakan sebagai acuan seberapa besar batang tersebut mampu menahan pembeban aksial yang ditimbulkan akibat gaya desak sentris pada saat pengujian.

Tabel 1.2 Data Batang Tepi (Kayu Bengkirai Tampang Ganda Ukuran 2 x 3/10)

a (cm)	b (cm)	h (cm)	ix (cm ⁴)	iy (cm ⁴)	ig (cm ⁴)	F (cm ²)	e (cm)	It (cm ⁴)	Ir (cm ⁴)	ix (cm)	iy (cm)
0,5	3	10	500	22,5	180	65	1,75	412,5	238,125	2,89	1,408

Tabel 1.3 Perhitungan Beban Kritis Batang Tepi (Kayu Bengkirai Tampang Ganda Ukuran 2 x 3/10)

No.	Benda Uji	i min (cm)	l tk (cm)	Kelangsingan λ	Faktor Tekuk ω	σ ijin (kg/cm ²)	Pcr (KN)
1	I $\alpha = 47^\circ$	1,408	95	67,47	1,83	150	53,27
			47,5	33,7	1,29	150	75,58
2	II $\alpha = 53^\circ$	1,408	76	53,97	1,56	150	62,5
			38	26,98	1,22	150	79,91
3	III $\alpha = 58^\circ$	1,408	63,33	44,97	1,43	150	68,18
			31,67	22,49	1,18	150	82,62

LAMPIRAN II

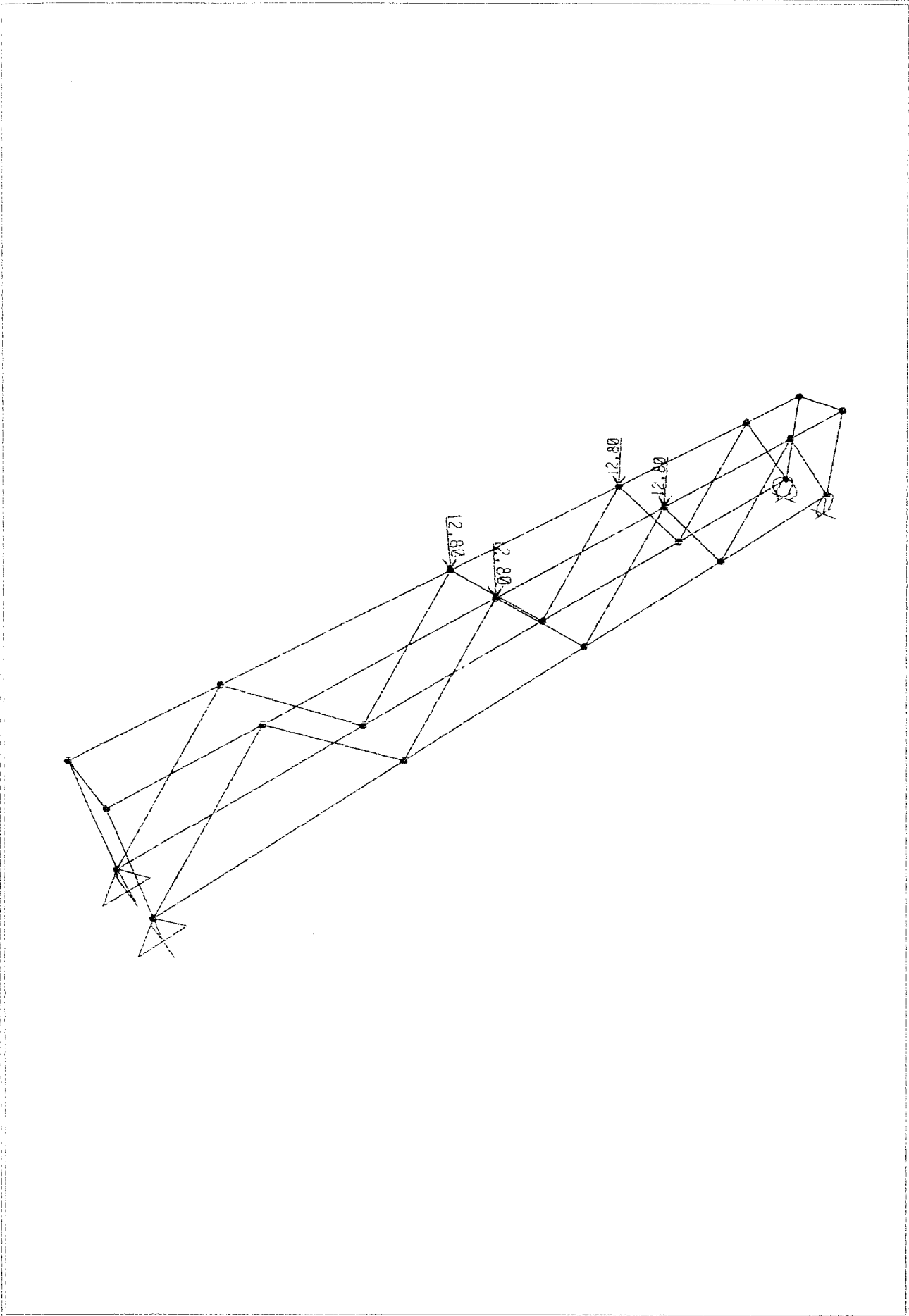
STRUKTUR RANGKA BATANG KOMPOSIT

PIPA BAJA-KAYU DENGAN PROGRAM

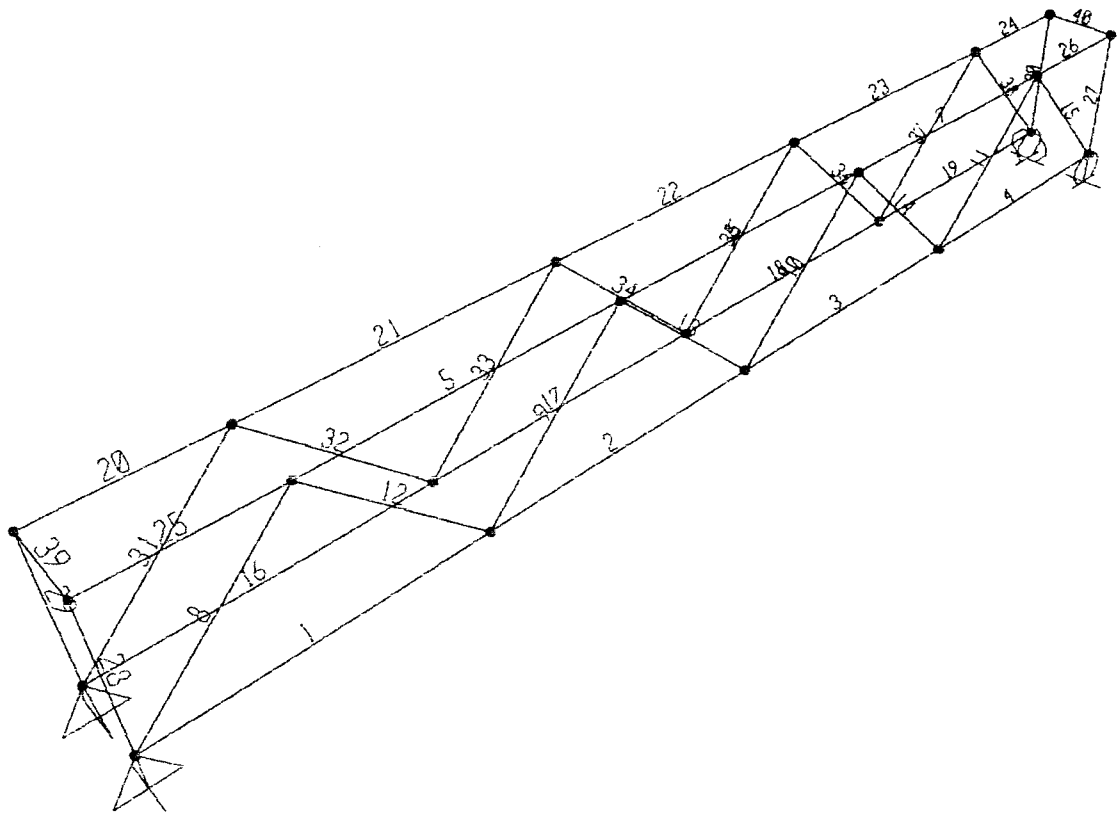
SAP 2000

BENDA UJI 1 $\alpha_1 = 47^\circ$

**STRUKTUR RANGKA BATANG KOMPOSIT
PIPA BAJA-KAYU**



SAP2000 v7.40 - File:UJI 1_1 - Joint Loads (LOAD1) - KN-cm Units



Tabel 2.1 Gaya Batang Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja-Kayu dengan $\alpha_1 = 47^\circ$ pada Pembebanan Maksimum

P = 51,20 KN

FRAME	LOAD (KN)	STATION	P	VZ	V3	T	M2	M3
1	51,20	0	12,24984	-0,2072188	1,22615E-03	1,125434E-02	7,993893E-02	-4,657566
1	51,20	23,75	12,24984	-0,1942513	1,22615E-03	1,125434E-02	5,081787E-02	0,1098904
1	51,20	47,5	12,24984	-0,1812838	1,22615E-03	1,125434E-02	2,169681E-02	4,569369
1	51,20	71,25	12,24984	-0,1683163	1,22615E-03	1,125434E-02	-7,424251E-03	8,720869
1	51,20	95	12,24984	-0,1553488	1,22615E-03	1,125434E-02	-3,654531E-02	12,56439
2	51,20	0	36,22676	-0,1226217	4,292106E-06	-6,453947E-03	-0,0281576	10,70892
2	51,20	47,5	36,22676	-9,668672E-02	4,292106E-06	-6,453947E-03	-2,836148E-02	15,9175
2	51,20	71,25	36,22676	-8,371922E-02	4,292106E-06	-6,453947E-03	-2,846341E-02	18,05982
2	51,20	95	36,22676	-7,075172E-02	4,292106E-06	-6,453947E-03	-2,856535E-02	19,89416
3	51,20	0	36,22229	7,079826E-02	-2,342968E-04	-0,0045951	-2,347255E-02	19,8947
3	51,20	23,75	36,22229	8,376577E-02	-2,342968E-04	-0,0045951	-0,017908	18,05925
3	51,20	47,5	36,22229	9,673326E-02	-2,342968E-04	-0,0045951	-1,234345E-02	15,91582
3	51,20	71,25	36,22229	0,1097008	-2,342968E-04	-0,0045951	-6,778901E-03	13,46442
3	51,20	95	36,22229	0,1226683	-2,342968E-04	-0,0045951	-1,214352E-03	10,70504
4	51,20	0	12,2366	0,1553467	-4,996212E-04	-2,052925E-04	-4,723888E-03	12,56116
4	51,20	23,75	12,2366	0,1683142	-4,996212E-04	-2,052925E-04	7,142114E-03	8,717687
4	51,20	47,5	12,2366	0,1812817	-4,996212E-04	-2,052925E-04	1,900812E-02	4,566235
4	51,20	71,25	12,2366	0,1942492	-4,996212E-04	-2,052925E-04	3,087412E-02	0,1068054
4	51,20	95	12,2366	0,2072167	-4,996212E-04	-2,052925E-04	4,274012E-02	-4,660603
5	51,20	0	-24,24212	-0,2267208	-8,200814E-04	1,400979E-02	-9,698107E-02	0,7582597
5	51,20	23,75	-24,24212	-0,2137533	-8,200814E-04	1,400979E-02	-7,750414E-02	5,98889
5	51,20	47,5	-24,24212	-0,2007858	-8,200814E-04	1,400979E-02	-0,0580272	10,91154
5	51,20	71,25	-24,24212	-0,1878183	-8,200814E-04	1,400979E-02	-3,855027E-02	15,52622
5	51,20	95	-24,24212	-0,1748508	-8,200814E-04	1,400979E-02	-1,907333E-02	19,83291

FRAME	LOAD (KN)	STATION	P	V2	V3	T	M2	M3
6	51,20	0	-36,19711	-2,592983E-02	-2,508804E-04	-8,044424E-03	-2,847658E-02	18,23067
6	51,20	23,75	-36,19711	-1,296233E-02	-2,508804E-04	-8,044424E-03	-2,251817E-02	18,69252
6	51,20	47,5	-36,19711	5,173712E-06	-2,508804E-04	-8,044424E-03	-1,655976E-02	18,84639
6	51,20	71,25	-36,19711	1,297267E-02	-2,508804E-04	-8,044424E-03	-1,060135E-02	18,69227
6	51,20	95	-36,19711	2,594017E-02	-2,508804E-04	-8,044424E-03	-4,642943E-03	18,23018
7	51,20	0	-24,23328	0,174963	-1,527671E-04	-1,891096E-02	-7,880822E-03	19,83355
7	51,20	23,75	-24,23328	0,1879305	-1,527671E-04	-1,891096E-02	-4,252604E-03	15,52418
7	51,20	47,5	-24,23328	0,200898	-1,527671E-04	-1,891096E-02	-6,24385E-04	10,90685
7	51,20	71,25	-24,23328	0,2138655	-1,527671E-04	-1,891096E-02	3,003834E-03	5,981528
7	51,20	95	-24,23328	0,226833	-1,527671E-04	-1,891096E-02	6,632052E-03	0,7482325
8	51,20	0	-17,52398	3,198249E-02	2,934976E-04	-1,021142E-02	1,538141E-02	1,196375
8	51,20	34,48278	-17,51989	3,586528E-02	2,934976E-04	-1,021142E-02	5,260796E-03	2,658476E-02
8	51,20	68,96557	-17,5158	3,974808E-02	2,934976E-04	-1,021142E-02	-4,859819E-03	-1,277095
9	51,20	0	-17,39013	1,063582E-02	3,868613E-04	7,996827E-04	5,876655E-03	1,008474
9	51,20	34,48278	-17,38605	1,451861E-02	3,868613E-04	7,996827E-04	-7,463401E-03	0,5747771
9	51,20	68,96557	-17,38196	1,840141E-02	3,868613E-04	7,996827E-04	-2,080346E-02	7,190023E-03
10	51,20	0	-6,731351E-02	-0,0285021	5,624916E-05	-9,744799E-04	-3,837463E-03	-8,794853E-02
10	51,20	34,48278	-6,322635E-02	-0,0246193	5,624916E-05	-9,744799E-04	-5,77709E-03	0,8279384
10	51,20	68,96557	-0,0591392	-2,073651E-02	5,624916E-05	-9,744799E-04	-7,716718E-03	1,609936
11	51,20	0	17,37735	-3,796749E-02	2,234602E-04	-4,288895E-03	1,478226E-03	-0,8472976
11	51,20	34,48278	17,38143	-3,408469E-02	2,234602E-04	-4,288895E-03	-6,227304E-03	0,3949823
11	51,20	68,96557	17,38552	-0,0302019	2,234602E-04	-4,288895E-03	-1,393283E-02	1,503373
12	51,20	0	17,37096	-3,796659E-02	-8,349965E-04	-2,87537E-04	-1,751573E-02	-0,8469929
12	51,20	34,48278	17,37504	-0,0340838	-8,349965E-04	-2,87537E-04	1,127728E-02	0,3952563
12	51,20	68,96557	17,37913	-0,030201	-8,349965E-04	-2,87537E-04	4,007028E-02	1,503616

FRAME	LOAD (KN)	STATION	P	V2	V3	T	M2	M3
13	51,20	0	-7,378838E-02	-2,848698E-02	-1,823397E-04	1,190078E-03	-3,329865E-03	-8,741432E-02
13	51,20	34,48278	-6,970123E-02	-2,460418E-02	-1,823397E-04	1,190078E-03	2,957718E-03	0,8279513
13	51,20	68,96557	-6,561408E-02	-2,072139E-02	-1,823397E-04	1,190078E-03	0,0092453	1,609427
14	51,20	0	-17,39647	1,064985E-02	-4,186414E-05	2,175148E-03	1,392297E-03	1,008826
14	51,20	34,48278	-17,39238	1,453265E-02	-4,186414E-05	2,175148E-03	2,835889E-03	0,574645
14	51,20	68,96557	-17,38829	1,841544E-02	-4,186414E-05	2,175148E-03	4,279481E-03	6,574103E-03
15	51,20	0	-17,53138	3,199076E-02	-1,543465E-04	7,084338E-03	-2,61252E-03	1,196663
15	51,20	34,48278	-17,52729	3,587355E-02	-1,543465E-04	7,084338E-03	2,709778E-03	2,658782E-02
15	51,20	68,96557	-17,5232	3,975635E-02	-1,543465E-04	7,084338E-03	8,032076E-03	-1,277377
16	51,20	0	12,53762	-0,2115151	6,663629E-04	-4,949032E-03	-2,620566E-02	-4,777308
16	51,20	23,75	12,53762	-0,1985476	6,663629E-04	-4,949032E-03	-4,203178E-02	9,218669E-02
16	51,20	47,5	12,53762	-0,1855801	6,663629E-04	-4,949032E-03	-5,785789E-02	4,653703
16	51,20	71,25	12,53762	-0,1726126	6,663629E-04	-4,949032E-03	-7,368401E-02	8,907242
16	51,20	95	12,53762	-0,1596451	6,663629E-04	-4,949032E-03	-8,951014E-02	12,8528
17	51,20	0	37,15099	-0,1229769	-1,588336E-04	-0,0243119	-7,782537E-02	10,93989
17	51,20	23,75	37,15699	-0,1100094	-1,588336E-04	-0,0243119	-7,405308E-02	13,7066
17	51,20	47,5	37,15699	-9,704193E-02	-1,588336E-04	-0,0243119	-7,028078E-02	16,16534
17	51,20	71,25	37,15699	-8,407443E-02	-1,588336E-04	-0,0243119	-6,650848E-02	18,31609
17	51,20	95	37,15699	-7,110693E-02	-1,588336E-04	-0,0243119	-6,273618E-02	20,15887
18	51,20	0	37,8159	5,479449E-02	-2,563959E-04	-2,400788E-02	-5,492438E-02	20,0178
18	51,20	23,75	37,8159	6,776199E-02	-2,563959E-04	-2,400788E-02	-4,883498E-02	18,56244
18	51,20	47,5	37,8159	8,072949E-02	-2,563959E-04	-2,400788E-02	-4,274558E-02	16,7991
18	51,20	71,25	37,8159	9,369699E-02	-2,563959E-04	-2,400788E-02	-3,665617E-02	14,72779
18	51,20	95	37,8159	0,1066645	-2,563959E-04	-2,400788E-02	-3,056677E-02	12,3485

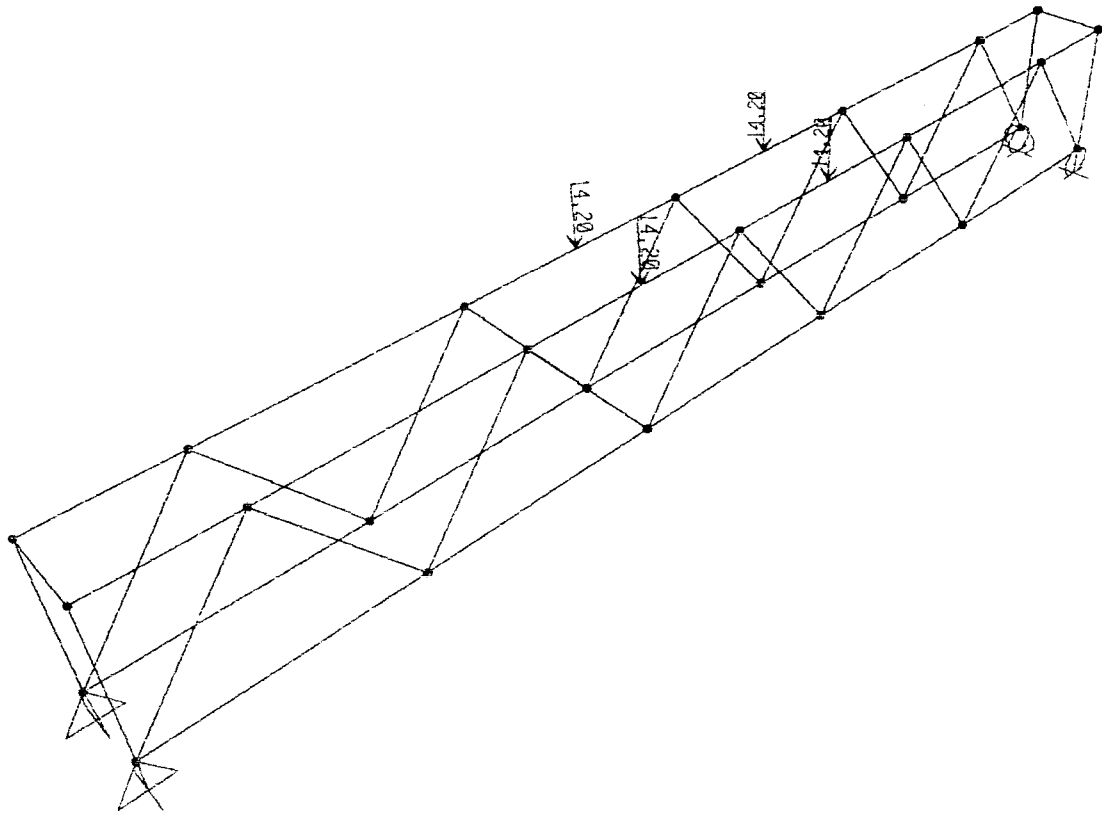
FRAME	LOAD (KN)	STATION	P	V2	V3	T	M2	M3
19	51,20	0	14,37755	0,180046	-2,641528E-04	-1,670567E-02	-2,779351E-02	14,48314
19	51,20	23,75	14,37755	0,1930135	-2,641528E-04	-1,670567E-02	-2,151988E-02	10,05306
19	51,20	47,5	14,37755	0,205981	-2,641528E-04	-1,670567E-02	-1,524625E-02	5,315002
19	51,20	71,25	14,37755	0,2189485	-2,641528E-04	-1,670567E-02	-8,972618E-03	0,2689652
19	51,20	95	14,37755	0,231916	-2,641528E-04	-1,670567E-02	-2,698989E-03	-5,08505
20	51,20	0	-0,1231388	-0,1643565	-1,883702E-03	-1,181112E-03	-0,2192246	-3,570917
20	51,20	11,875	-0,1231388	-0,1578727	-1,883702E-03	-1,181112E-03	-0,1968556	-1,657681
20	51,20	23,75	-0,1231388	-0,151389	-1,883702E-03	-1,181112E-03	-0,1744867	0,1785597
20	51,20	35,625	-0,1231388	-0,1449052	-1,883702E-03	-1,181112E-03	-0,1521177	1,937806
20	51,20	47,5	-0,1231388	-0,1384215	-1,883702E-03	-1,181112E-03	-0,1297488	3,620058
21	51,20	0	-24,84863	-0,2325158	-7,438701E-04	-2,572373E-02	-0,1280096	0,7630424
21	51,20	23,75	-24,84863	-0,2195483	-7,438701E-04	-2,572373E-02	-0,1103427	6,131304
21	51,20	47,5	-24,84863	-0,2065808	-7,438701E-04	-2,572373E-02	-9,267579E-02	11,19159
21	51,20	71,25	-24,84863	-0,1936133	-7,438701E-04	-2,572373E-02	-7,500888E-02	15,94389
21	51,20	95	-24,84863	-0,1806458	-7,438701E-04	-2,572373E-02	-5,734196E-02	20,38822
22	51,20	0	-37,4637	-1,686196E-02	-3,934887E-04	-0,03542	-7,199106E-02	18,7525
22	51,20	23,75	-37,4637	-3,894461E-03	-3,934887E-04	-0,03542	-0,0626457	18,99898
22	51,20	47,5	-37,4637	9,073039E-03	-3,934887E-04	-0,03542	-5,330035E-02	18,93748
22	51,20	71,25	-37,4637	2,204054E-02	-3,934887E-04	-0,03542	-4,395499E-02	18,56801
22	51,20	95	-37,4637	3,500804E-02	-3,934887E-04	-0,03542	-3,460963E-02	17,89056
23	51,20	0	-26,08763	0,1199699	-4,171126E-04	-0,0396189	-4,476872E-02	19,27491
23	51,20	23,75	-26,08763	0,1329374	-4,171126E-04	-0,0396189	-0,0348623	16,27163
23	51,20	47,5	-26,08763	0,1459049	-4,171126E-04	-0,0396189	-2,495588E-02	12,96038
23	51,20	71,25	-26,08763	0,1588724	-4,171126E-04	-0,0396189	-1,504945E-02	9,341149
23	51,20	95	-26,08763	0,1718399	-4,171126E-04	-0,0396189	-5,14303E-03	5,413939

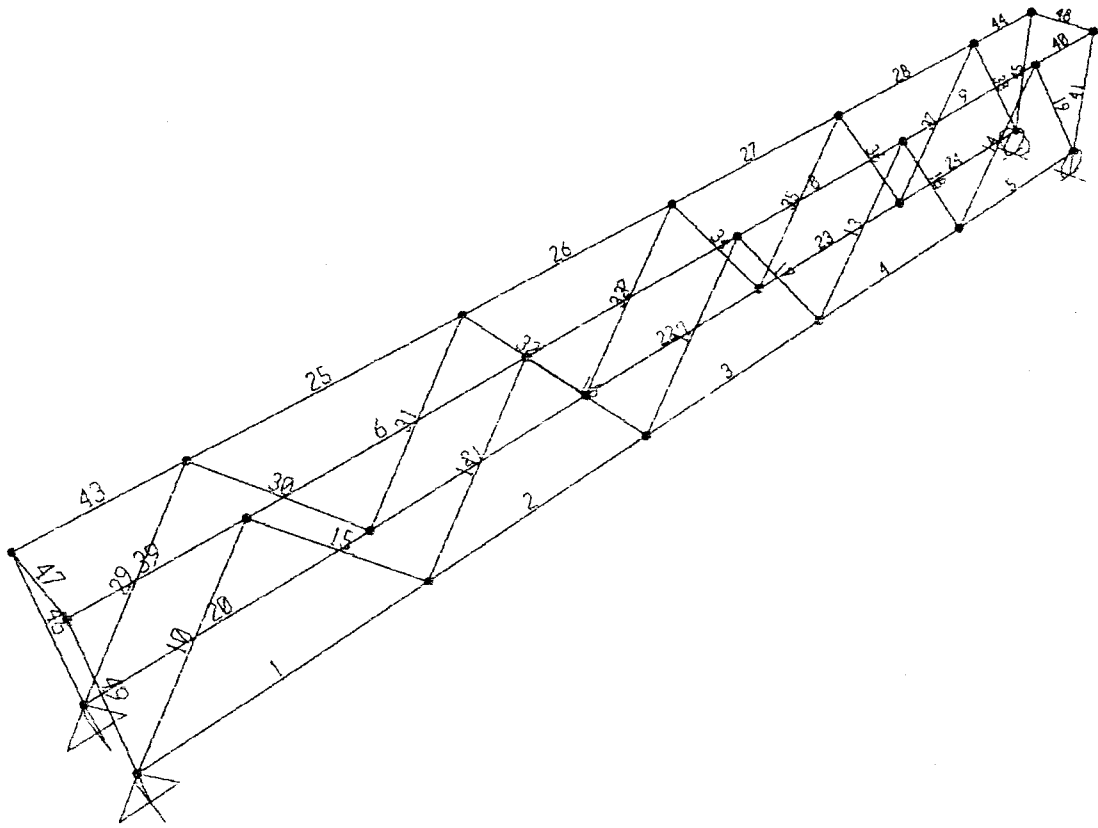
FRAME	LOAD (KN)	STATION	P	V2	V3	T	M2	M3
24	51,20	0	-0,1548189	-2,468563	-3,642731E-04	-0,0528625	-1,307839E-02	8,768533
24	51,20	11,875	-0,1548189	-1,100207	-3,642731E-04	-0,0528625	-8,752642E-03	29,95811
24	51,20	23,75	-0,1548189	0,2681491	-3,642731E-04	-0,0528625	-4,426899E-03	34,89845
24	51,20	35,625	-0,1548189	1,636505	-3,642731E-04	-0,0528625	-1,011565E-04	23,58957
24	51,20	47,5	-0,1548189	3,004862	-3,642731E-04	-0,0528625	4,224586E-03	-3,968551
25	51,20	0	-0,1575436	-0,1601465	-1,948575E-03	5,341916E-02	-0,2214013	-3,45203
25	51,20	11,875	-0,1575436	-0,1536627	-1,948575E-03	5,341916E-02	-0,198262	-1,588788
25	51,20	23,75	-0,1575436	-0,147179	-1,948575E-03	5,341916E-02	-0,1751227	0,1974593
25	51,20	35,625	-0,1575436	-0,1406952	-1,948575E-03	5,341916E-02	-0,1519833	1,906712
25	51,20	47,5	-0,1575436	-0,1342115	-1,948575E-03	5,341916E-02	-0,128844	3,53897
26	51,20	0	-0,1391976	0,1335948	2,250396E-04	-4,266882E-02	5,412135E-04	3,528982
26	51,20	11,875	-0,1391976	0,1400785	2,250396E-04	-4,266882E-02	-2,131132E-03	1,904047
26	51,20	23,75	-0,1391976	0,1465623	2,250396E-04	-4,266882E-02	-4,803478E-03	0,202117
26	51,20	35,625	-0,1391976	0,153046	2,250396E-04	-4,266882E-02	-7,475823E-03	-1,576807
26	51,20	47,5	-0,1391976	0,1595298	2,250396E-04	-4,266882E-02	-1,014817E-02	-3,432726
27	51,20	0	-0,1734004	0,1386814	-4,019069E-04	5,715954E-03	8,182295E-03	3,463939
27	51,20	25	-0,1693133	0,1386814	-4,019069E-04	5,715954E-03	1,822997E-02	-3,094948E-03
27	51,20	50	-0,1652261	0,1386814	-4,019069E-04	5,715954E-03	2,827764E-02	-3,470129
28	51,20	0	-0,1598834	0,1385605	3,225478E-03	-3,636196E-02	6,480965E-02	3,466834
28	51,20	25	-0,1639706	0,1385605	3,225478E-03	-3,636196E-02	-1,582729E-02	2,821525E-03
28	51,20	50	-0,1680577	0,1385605	3,225478E-03	-3,636196E-02	-9,646424E-02	-3,461191
29	51,20	0	-0,1746866	-0,1421218	0,0006068	-1,657192E-02	1,146675E-02	-3,549979
29	51,20	25	-0,1705994	-0,1421218	0,0006068	-1,657192E-02	-3,703253E-03	3,056818E-03
29	51,20	50	-0,1665123	-0,1421218	0,0006068	-1,657192E-02	-1,887325E-02	3,556113

FRAME	LOAD (KN)	STATION	P	V2	V3	T	M2	M3
30	51,20	0	-3,001058	-0,1553351	2,626734E-04	1,78144E-03	3,103445E-04	-3,931149
30	51,20	25	-3,005145	-0,1553351	2,626734E-04	1,78144E-03	-6,256492E-03	-4,777102E-02
30	51,20	50	-3,009232	-0,1553351	2,626734E-04	1,78144E-03	-1,282333E-02	3,835606
30	51,20	0	-17,98927	0,032909	5,903928E-04	4,321909E-03	1,853666E-02	1,227329
31	51,20	34,48278	-17,98519	0,0367918	5,903928E-04	4,321909E-03	-1,821731E-03	2,559012E-02
31	51,20	68,96557	-17,9811	4,067459E-02	5,903928E-04	4,321909E-03	-2,218012E-02	-1,310038
31	51,20	0	17,84233	3,121825E-02	-5,494394E-04	-6,729624E-03	-2,217075E-02	1,546978
32	51,20	34,48278	17,83824	3,510104E-02	-5,494394E-04	-6,729624E-03	-3,224554E-03	0,4035404
32	51,20	68,96557	17,83416	3,898384E-02	-5,494394E-04	-6,729624E-03	-2,224554E-03	-0,8737862
32	51,20	0	-17,85821	1,106305E-02	2,757572E-04	-6,729624E-03	1,572165E-02	1,039129
33	51,20	34,48278	-17,85412	1,494585E-02	2,757572E-04	6,451501E-03	-1,536297E-03	0,5906988
33	51,20	68,96557	-17,85003	1,882864E-02	2,757572E-04	6,451501E-03	-1,104517E-02	8,37948E-03
33	51,20	0	0,4233577	0,0215674	2,757572E-04	6,451501E-03	-2,055405E-02	1,6441
34	51,20	34,48278	0,4192705	0,0254502	-7,462416E-05	-3,558776E-03	-2,32989E-03	0,8334516
34	51,20	68,96557	0,4151834	2,933299E-02	-7,462416E-05	-3,558776E-03	2,433591E-04	-0,111087
34	51,20	0	-0,537081	-2,515083E-02	2,293809E-05	2,823628E-03	-9,299232E-03	2,998628E-02
35	51,20	34,48278	-0,5329939	-2,126804E-02	2,293809E-05	2,823628E-03	-0,0100902	1,496749
35	51,20	68,96557	-0,5289067	-1,738524E-02	2,293809E-05	2,823628E-03	-1,088117E-02	0,1123995
35	51,20	0	-17,00919	-1,749173E-02	4,656192E-05	-7,542502E-04	1,690595E-03	0,6486183
36	51,20	34,48278	-17,01328	-1,360894E-02	4,656192E-05	-7,542502E-04	8,501048E-05	1,050948
36	51,20	68,96557	-17,01737	-9,726144E-03	4,656192E-05	-7,542502E-04	-1,520574E-03	-1,083697
36	51,20	0	16,95234	-4,782532E-02	5,431884E-05	-1,461546E-03	-7,879515E-03	0,4985083
37	51,20	34,48278	16,95643	-4,394253E-02	5,431884E-05	-1,461546E-03	-9,75258E-03	1,946824
37	51,20	68,96557	16,96052	-4,005973E-02	5,431884E-05	-1,461546E-03	-1,162565E-02	
37	51,20							

BENDA UJI 2 $\alpha_2 = 53^\circ$

**STRUKTUR RANGKA BATANG KOMPOSIT
PIPA BAJA-KAYU**





Tabel 2.2 Gaya Batang Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja-Kayu dengan $\alpha_2 = 53^\circ$ pada Pembebanan Maksimum

P = 56,80 KN

FRAME	LOAD	STATION	P	V2	V3	T	M2	M3
1	56,80	0	10,51406	-0,2306625	1,18121E-05	-4,468668E-04	4,389199E-04	-5,073216
1	56,80	19	10,51406	-0,2202885	1,18121E-05	-4,468668E-04	2,1449E-04	-0,7891809
1	56,80	38	10,51406	-0,2099145	1,18121E-05	-4,468668E-04	-9,939913E-06	3,297748
1	56,80	57	10,51406	-0,1995405	1,18121E-05	-4,468668E-04	-2,343698E-04	7,187571
1	56,80	76	10,51406	-0,1891665	1,18121E-05	-4,468668E-04	-4,587997E-04	10,88029
2	56,80	0	33,53556	-0,2571857	2,48449E-07	-4,397012E-04	-3,261004E-05	4,751082
2	56,80	19	33,53556	-0,2468117	2,48449E-07	-4,397012E-04	-3,733057E-05	9,539058
2	56,80	38	33,53556	-0,2364377	2,48449E-07	-4,397012E-04	-4,20511E-05	14,12993
2	56,80	57	33,53556	-0,2260637	2,48449E-07	-4,397012E-04	-4,677163E-05	18,52369
2	56,80	76	33,53556	-0,2156897	2,48449E-07	-4,397012E-04	-5,149216E-05	22,72035
3	56,80	0	46,10273	-2,074796E-02	5,727798E-07	-2,071851E-04	5,645914E-05	18,37043
3	56,80	19	46,10273	-1,037396E-02	5,727798E-07	-2,071851E-04	4,557633E-05	18,66608
3	56,80	38	46,10273	4,411032E-08	5,727798E-07	-2,071851E-04	3,469351E-05	18,76464
3	56,80	57	46,10273	1,037404E-02	5,727798E-07	-2,071851E-04	2,381069E-05	18,66608
3	56,80	76	46,10273	2,074804E-02	5,727798E-07	-2,071851E-04	1,292788E-05	18,37042
4	56,80	0	33,53555	0,2156898	-2,055079E-07	1,456864E-04	2,478899E-05	22,72035
4	56,80	19	33,53555	0,2260638	-2,055079E-07	1,456864E-04	2,869364E-05	18,52369
4	56,80	38	33,53555	0,2364378	-2,055079E-07	1,456864E-04	3,259829E-05	14,12992
4	56,80	57	33,53555	0,2468118	-2,055079E-07	1,456864E-04	3,650294E-05	9,53905
4	56,80	76	33,53555	0,2571858	-2,055079E-07	1,456864E-04	4,040759E-05	4,751072
5	56,80	0	10,51403	0,1891665	-2,511975E-06	9,480667E-04	-1,107558E-04	10,88028
5	56,80	19	10,51403	0,1995405	-2,511975E-06	9,480667E-04	-6,302831E-05	7,187564
5	56,80	38	10,51403	0,2099145	-2,511975E-06	9,480667E-04	-1,530079E-05	3,297742
5	56,80	57	10,51403	0,2202885	-2,511975E-06	9,480667E-04	3,242673E-05	-0,789186
5	56,80	76	10,51403	0,2306625	-2,511975E-06	9,480667E-04	8,015424E-05	-5,07322

FRAME	LOAD	STATION	P	V2	V3	T	M2	M3
6	56,80	0	-21,94381	0,7930886	6,893377E-08	-1,637783E-04	2,663695E-04	19,02142
6	56,80	19	-21,94381	0,8034625	6,893377E-08	-1,637783E-04	2,650597E-04	3,85418
6	56,80	38	-21,94381	0,8138365	6,893377E-08	-1,637783E-04	2,6375E-04	-11,51016
6	56,80	57	-21,94381	0,8242105	6,893377E-08	-1,637783E-04	2,624402E-04	-27,07161
6	56,80	76	-21,94381	0,8345845	6,893377E-08	-1,637783E-04	2,611305E-04	-42,83016
7	56,80	0	-39,87851	-6,046426	-1,088394E-07	-3,98088E-04	9,238593E-05	-59,22987
7	56,80	19	-39,87851	-6,036052	-1,088394E-07	-3,98088E-04	9,445388E-05	55,55366
7	56,80	38	-39,87851	-6,025678	-1,088394E-07	-3,98088E-04	9,652183E-05	170,1401
7	56,80	57	-39,87851	8,184696	-1,088394E-07	-3,98088E-04	9,858978E-05	14,72942
7	56,80	76	-39,87851	8,19507	-1,088394E-07	-3,98088E-04	1,006577E-04	-140,8784
8	56,80	0	-39,87851	-8,19507	-2,175013E-06	-6,190251E-04	-4,427424E-05	-140,8784
8	56,80	19	-39,87851	-8,184696	-2,175013E-06	-6,190251E-04	-2,948988E-06	14,72942
8	56,80	38	-39,87851	-8,174322	-2,175013E-06	-6,190251E-04	3,837626E-05	170,1401
8	56,80	57	-39,87851	6,036052	-2,175013E-06	-6,190251E-04	7,970152E-05	55,55366
8	56,80	76	-39,87851	6,046426	-2,175013E-06	-6,190251E-04	1,210268E-04	-59,22988
9	56,80	0	-21,94379	-0,8345842	-5,103607E-06	-1,10372E-03	-1,357599E-04	-42,83016
9	56,80	19	-21,94379	-0,8242102	-5,103607E-06	-1,10372E-03	-3,879138E-05	-27,07162
9	56,80	38	-21,94379	-0,8138362	-5,103607E-06	-1,10372E-03	5,817716E-05	-11,51017
9	56,80	57	-21,94379	-0,8034622	-5,103607E-06	-1,10372E-03	1,551457E-04	3,854163
9	56,80	76	-21,94379	-0,7930883	-5,103607E-06	-1,10372E-03	2,521142E-04	19,02139
10	56,80	0	-17,0755	2,449457E-02	2,574159E-05	-2,191666E-05	4,99773E-04	1,149277
10	56,80	31,40064	-17,07045	2,832855E-02	2,574159E-05	-2,191666E-05	-3,085292E-04	0,3199369
10	56,80	62,80127	-17,06541	3,216253E-02	2,574159E-05	-2,191666E-05	-1,116831E-03	-0,6297924

FRAME	LOAD	STATION	P	V2	V3	T	M2	M3
11	56,80	0	-18,89203	0,2015769	3,013949E-07	-3,334112E-05	-1,936152E-04	5,236667
11	56,80	31,40064	-18,88699	0,2054109	3,013949E-07	-3,334112E-05	-2,030792E-04	-1,153171
11	56,80	62,80127	-18,88194	0,2092449	3,013949E-07	-3,334112E-05	-2,125432E-04	-7,663398
12	56,80	0	-10,30085	-1,089436E-02	1,548373E-07	-5,166351E-05	-1,66273E-04	0,6649976
12	56,80	31,40064	-10,2958	-7,060373E-03	1,548373E-07	-5,166351E-05	-1,71135E-04	0,9468926
12	56,80	62,80127	-10,29076	-3,226389E-03	1,548373E-07	-5,166351E-05	-1,75997E-04	1,108398
13	56,80	0	10,21752	-0,2016204	2,999299E-06	-1,030511E-04	-1,63173E-04	-3,684925
13	56,80	31,40064	10,22256	-0,1977864	2,999299E-06	-1,030511E-04	-2,573529E-04	2,58589
13	56,80	62,80127	10,22761	-0,1939524	2,999299E-06	-1,030511E-04	-3,515328E-04	8,736315
14	56,80	0	18,84819	-3,146175E-02	8,234359E-06	-2,613846E-04	-2,579407E-04	-0,8925404
14	56,80	31,40064	18,85324	-2,762776E-02	8,234359E-06	-2,613846E-04	-5,165048E-04	3,518374E-02
14	56,80	62,80127	18,85828	-2,379378E-02	8,234359E-06	-2,613846E-04	-7,75069E-04	0,8425183
15	56,80	0	18,84818	-3,146175E-02	-1,126226E-05	1,660329E-04	-3,361392E-04	-0,8925397
15	56,80	31,40064	18,85322	-2,762776E-02	-1,126226E-05	1,660329E-04	1,75028E-05	3,518447E-02
15	56,80	62,80127	18,85827	-2,379378E-02	-1,126226E-05	1,660329E-04	3,711448E-04	0,842519
16	56,80	0	10,21751	-0,2016204	4,791682E-07	8,0269E-05	2,550447E-05	-3,684924
16	56,80	31,40064	10,22255	-0,1977864	4,791682E-07	8,0269E-05	1,045828E-05	2,58589
16	56,80	62,80127	10,2276	-0,1939524	4,791682E-07	8,0269E-05	-4,587902E-06	8,736313
17	56,80	0	-10,30086	-1,089432E-02	2,221011E-06	9,333644E-05	1,307881E-04	0,6649987
17	56,80	31,40064	-10,29582	-7,060338E-03	2,221011E-06	9,333644E-05	6,104696E-05	0,9468926
17	56,80	62,80127	-10,29077	-3,226354E-03	2,221011E-06	9,333644E-05	-8,69421E-06	1,108397
18	56,80	0	-18,89204	0,2015769	5,927893E-06	1,866186E-04	4,093869E-04	5,236668
18	56,80	31,40064	-18,887	0,2054109	5,927893E-06	1,866186E-04	2,232473E-04	-1,153171
18	56,80	62,80127	-18,88196	0,2092449	5,927893E-06	1,866186E-04	3,710769E-05	-7,6634

FRAME	LOAD	STATION	P	V2	V3	T	M2	M3
19	56,80	0	-17,07551	2,449459E-02	1,414851E-05	4,270912E-04	1,112411E-03	1,149278
19	56,80	31,40064	-17,07047	2,832858E-02	1,414851E-05	4,270912E-04	6,681386E-04	0,319937
19	56,80	62,80127	-17,06542	3,216256E-02	1,414851E-05	4,270912E-04	2,238665E-04	-0,6297931
20	56,80	0	10,51399	-0,2306624	-1,357413E-05	1,709526E-03	-3,631166E-04	-5,073225
20	56,80	19	10,51399	-0,2202884	-1,357413E-05	1,709526E-03	-1,05208E-04	-0,7891914
20	56,80	38	10,51399	-0,2099144	-1,357413E-05	1,709526E-03	1,527005E-04	3,297736
20	56,80	57	10,51399	-0,1995404	-1,357413E-05	1,709526E-03	4,10609E-04	7,187557
20	56,80	76	10,51399	-0,1891664	-1,357413E-05	1,709526E-03	6,685175E-04	10,88027
21	56,80	0	33,53551	-0,2571858	-4,364948E-06	1,523305E-03	-8,556348E-05	4,751064
21	56,80	19	33,53551	-0,2468119	-4,364948E-06	1,523305E-03	-2,629467E-06	9,539042
21	56,80	38	33,53551	-0,2364379	-4,364948E-06	1,523305E-03	8,030454E-05	14,12991
21	56,80	57	33,53551	-0,2260638	-4,364948E-06	1,523305E-03	1,632386E-04	18,52368
21	56,80	76	33,53551	-0,2156899	-4,364948E-06	1,523305E-03	2,461726E-04	22,72034
22	56,80	0	46,10269	-2,074804E-02	-5,182321E-06	1,293018E-03	-1,786536E-04	18,37042
22	56,80	19	46,10269	-1,037404E-02	-5,182321E-06	1,293018E-03	-8,018949E-05	18,66608
22	56,80	38	46,10269	-4,411032E-08	-5,182321E-06	1,293018E-03	1,827461E-05	18,76463
22	56,80	57	46,10269	1,037396E-02	-5,182321E-06	1,293018E-03	1,167387E-04	18,66608
22	56,80	76	46,10269	2,074796E-02	-5,182321E-06	1,293018E-03	2,152028E-04	18,37042
23	56,80	0	33,53553	0,2156897	-4,946919E-06	1,093149E-03	-1,424548E-04	22,72034
23	56,80	19	33,53553	0,2260637	-4,946919E-06	1,093149E-03	-4,846328E-05	18,52368
23	56,80	38	33,53553	0,2364377	-4,946919E-06	1,093149E-03	4,552819E-05	14,12992
23	56,80	57	33,53553	0,2468117	-4,946919E-06	1,093149E-03	1,395197E-04	9,53905
23	56,80	76	33,53553	0,2571857	-4,946919E-06	1,093149E-03	2,335111E-04	4,751074

FRAME	LOAD	STATION	P	V2	V3	T	M2	M3
24	56,80	0	10,51402	0,1891665	-3,550257E-06	7,394008E-04	-4,000562E-05	10,88028
24	56,80	19	10,51402	0,1995405	-3,550257E-06	7,394008E-04	2,744926E-05	7,187564
24	56,80	38	10,51402	0,2099145	-3,550257E-06	7,394008E-04	9,490414E-05	3,297742
24	56,80	57	10,51402	0,2202885	-3,550257E-06	7,394008E-04	1,62359E-04	-0,7891864
24	56,80	76	10,51402	0,2306625	-3,550257E-06	7,394008E-04	2,298139E-04	-5,073221
25	56,80	0	-21,94378	0,7930886	1,381303E-06	9,590521E-04	-2,178508E-04	19,0214
25	56,80	19	-21,94378	0,8034626	1,381303E-06	9,590521E-04	-2,440956E-04	3,854168
25	56,80	38	-21,94378	0,8138365	1,381303E-06	9,590521E-04	-2,703404E-04	-11,51017
25	56,80	57	-21,94378	0,8242105	1,381303E-06	9,590521E-04	-2,965851E-04	-27,07162
25	56,80	76	-21,94378	0,8345845	1,381303E-06	9,590521E-04	-3,228299E-04	-42,83017
26	56,80	0	-39,8785	-6,046426	3,075425E-06	1,207119E-03	6,994242E-05	-59,22989
26	56,80	19	-39,8785	-6,036052	3,075425E-06	1,207119E-03	1,150935E-05	55,55365
26	56,80	38	-39,8785	-6,025678	3,075425E-06	1,207119E-03	-4,692372E-05	170,1401
26	56,80	57	-39,8785	8,184696	3,075425E-06	1,207119E-03	-1,053568E-04	14,72941
26	56,80	76	-39,8785	8,19507	3,075425E-06	1,207119E-03	-1,637899E-04	-140,8784
27	56,80	0	-39,87851	-8,19507	4,893275E-06	1,352702E-03	2,124736E-04	-140,8784
27	56,80	19	-39,87851	-8,184696	4,893275E-06	1,352702E-03	1,195014E-04	14,72941
27	56,80	38	-39,87851	-8,174322	4,893275E-06	1,352702E-03	2,652918E-05	170,1401
27	56,80	57	-39,87851	6,036052	4,893275E-06	1,352702E-03	-6,644305E-05	55,55365
27	56,80	76	-39,87851	6,046426	4,893275E-06	1,352702E-03	-1,594153E-04	-59,22989
28	56,80	0	-21,9438	-0,8345848	6,313948E-06	1,586451E-03	2,789063E-04	-42,83017
28	56,80	19	-21,9438	-0,8242108	6,313948E-06	1,586451E-03	1,589413E-04	-27,07162
28	56,80	38	-21,9438	-0,8138368	6,313948E-06	1,586451E-03	3,897631E-05	-11,51016
28	56,80	57	-21,9438	-0,8034628	6,313948E-06	1,586451E-03	-8,098869E-05	3,854185
28	56,80	76	-21,9438	-0,7930889	6,313948E-06	1,586451E-03	-2,009537E-04	19,02143

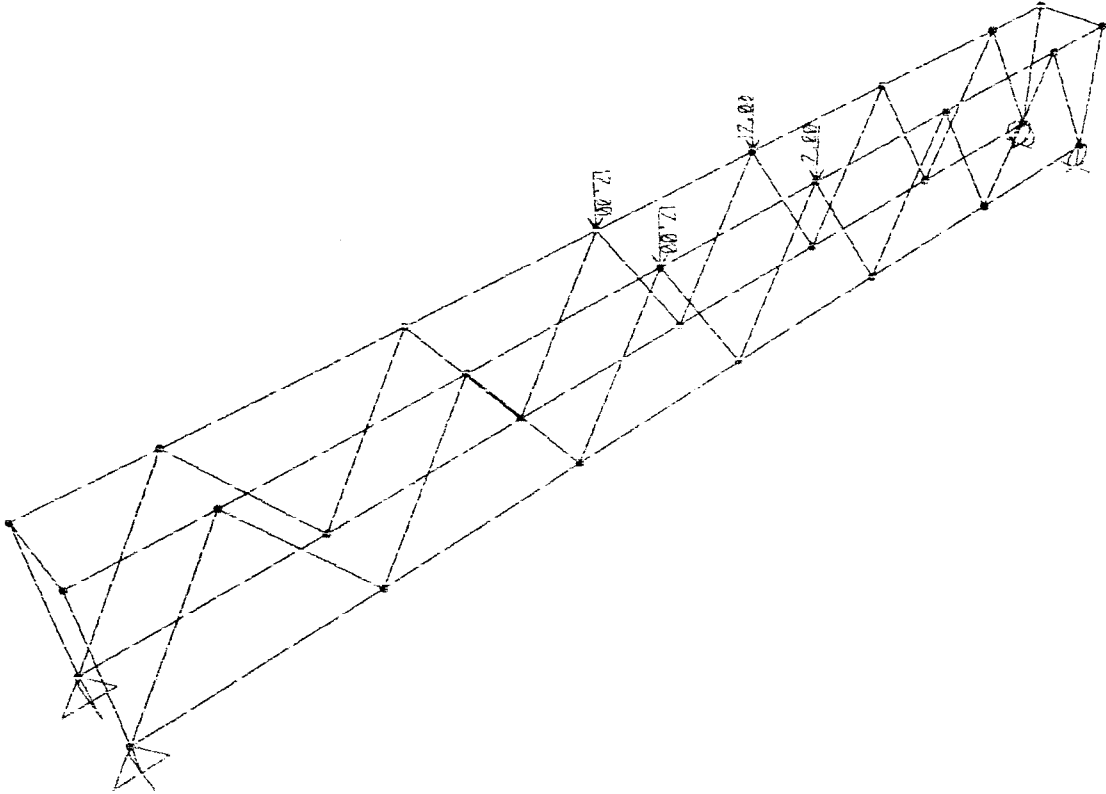
FRAME	LOAD	STATION	P	V2	V3	T	M2	M3
29	56,80	0	-17,07551	2,449468E-02	-2,114097E-05	4,061297E-05	-3,465548E-06	1,149279
29	56,80	31,40064	-17,07047	2,832866E-02	-2,114097E-05	4,061297E-05	6,603744E-04	0,3199362
29	56,80	62,80127	-17,06542	3,216264E-02	-2,114097E-05	4,061297E-05	1,324214E-03	-0,6297965
30	56,80	0	18,85828	0,0237938	1,121461E-05	-2,419969E-04	2,449201E-04	0,8425193
30	56,80	31,40064	18,85324	2,762779E-02	1,121461E-05	-2,419969E-04	-1,072259E-04	3,518396E-02
30	56,80	62,80127	18,84819	3,146177E-02	1,121461E-05	-2,419969E-04	-4,593718E-04	-0,8925409
31	56,80	0	-18,89204	0,2015769	2,005427E-06	1,970233E-05	4,943787E-04	5,236668
31	56,80	31,40064	-18,887	0,2054109	2,005427E-06	1,970233E-05	4,31407E-04	-1,153171
31	56,80	62,80127	-18,88196	0,2092449	2,005427E-06	1,970233E-05	3,684353E-04	-7,6634
32	56,80	0	10,22761	0,1939524	3,113057E-07	-1,131036E-04	-1,577893E-04	8,736313
32	56,80	31,40064	10,22256	0,1977864	3,113057E-07	-1,131036E-04	-1,675645E-04	2,585889
32	56,80	62,80127	10,21752	0,2016204	3,113057E-07	-1,131036E-04	-1,773397E-04	-3,684925
33	56,80	0	-10,30086	-0,0108943	1,128679E-06	2,260396E-06	3,789093E-04	0,6649991
33	56,80	31,40064	-10,29582	-7,060313E-03	1,128679E-06	2,260396E-06	3,43468E-04	0,9468922
33	56,80	62,80127	-10,29077	-3,226329E-03	1,128679E-06	2,260396E-06	3,080268E-04	1,108396
34	56,80	0	-10,29076	3,226364E-03	-6,891711E-07	-9,148158E-05	-1,964145E-04	1,108397
34	56,80	31,40064	-10,2958	7,060348E-03	-6,891711E-07	-9,148158E-05	-1,747741E-04	0,9468922
34	56,80	62,80127	-10,30085	1,089433E-02	-6,891711E-07	-9,148158E-05	-1,531337E-04	0,6649981
35	56,80	0	10,21751	-0,2016203	-9,245726E-07	8,220264E-06	3,284001E-04	-3,684923
35	56,80	31,40064	10,22255	-0,1977864	-9,245726E-07	8,220264E-06	3,574323E-04	2,585889
35	56,80	62,80127	10,2276	-0,1939524	-9,245726E-07	8,220264E-06	3,864645E-04	8,736312
35	56,80	0	10,21751	-0,2016203	-9,245726E-07	8,220264E-06	3,284001E-04	-3,684923
36	56,80	0	-18,88194	-0,2092449	-2,345245E-06	-1,202593E-04	-1,905145E-04	-7,663398
36	56,80	31,40064	-18,88699	-0,2054109	-2,345245E-06	-1,202593E-04	-1,168723E-04	-1,153171
36	56,80	62,80127	-18,89203	-0,2015769	-2,345245E-06	-1,202593E-04	-4,323013E-05	5,236667

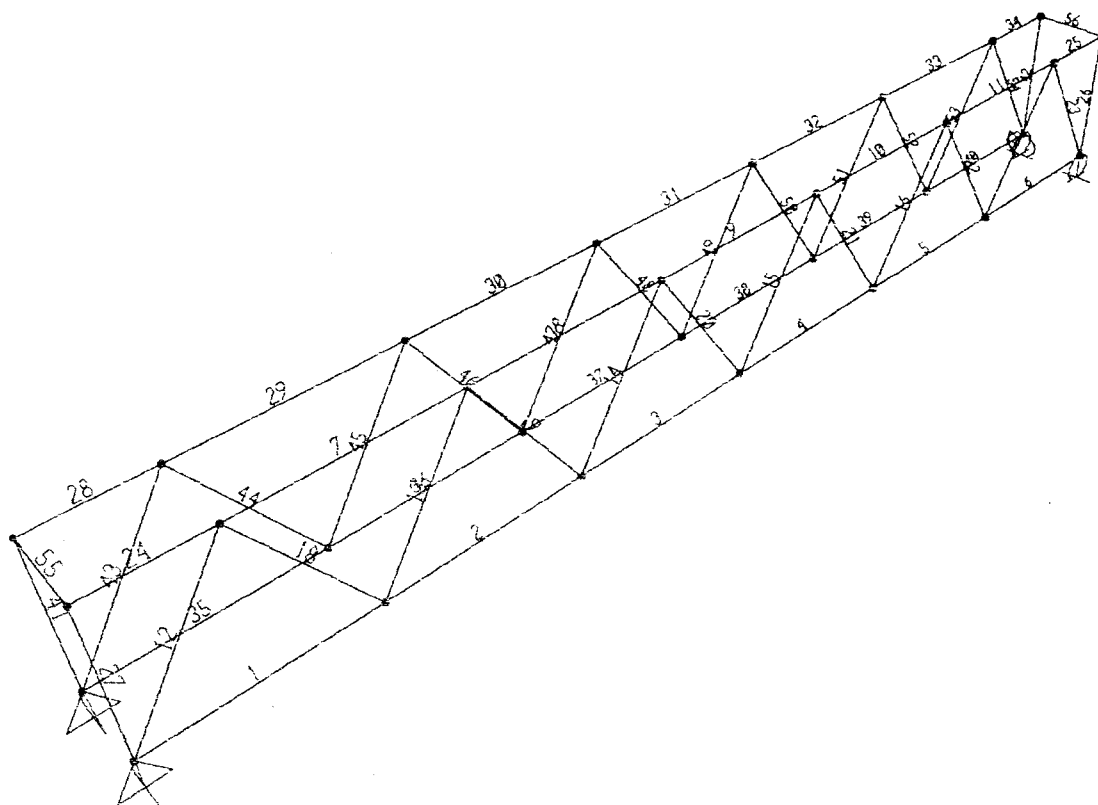
FRAME	LOAD	STATION	P	V2	V3	T	M2	M3
37	56,80	0	18,84818	-3,146177E-02	-3,741908E-06	7,013456E-05	3,428478E-04	-0,8925402
37	56,80	31,40064	18,85322	-2,762779E-02	-3,741908E-06	7,013456E-05	4,603461E-04	3,518468E-02
37	56,80	62,80127	18,85827	-0,0237938	-3,741908E-06	7,013456E-05	5,778444E-04	0,84252
38	56,80	0	-17,06541	-3,216261E-02	-5,009102E-06	-2,152035E-04	-8,621503E-05	-0,6297958
38	56,80	31,40064	-17,07045	-2,832863E-02	-5,009102E-06	-2,152035E-04	7,107395E-05	0,3199361
38	56,80	62,80127	-17,0755	-2,449465E-02	-5,009102E-06	-2,152035E-04	2,283629E-04	1,149278
39	56,80	0	-0,1624396	-0,66013	-3,693491E-05	1,134617E-03	-5,712147E-04	-4,197001
39	56,80	9,5	-0,1624396	-0,654943	-3,693491E-05	1,134617E-03	-2,20333E-04	2,049596
39	56,80	19	-0,1624396	-0,649756	-3,693491E-05	1,134617E-03	1,305486E-04	8,246916
39	56,80	28,5	-0,1624396	-0,644569	-3,693491E-05	1,134617E-03	4,814302E-04	14,39496
39	56,80	38	-0,1624396	-0,6393819	-3,693491E-05	1,134617E-03	8,323119E-04	20,49373
40	56,80	0	-0,1624037	0,6393814	-1,101775E-05	-2,31562E-03	-2,133384E-04	20,4937
40	56,80	9,5	-0,1624037	0,6445684	-1,101775E-05	-2,31562E-03	-1,086698E-04	14,39494
40	56,80	19	-0,1624037	0,6497554	-1,101775E-05	-2,31562E-03	-4,001126E-06	8,246904
40	56,80	28,5	-0,1624037	0,6549424	-1,101775E-05	-2,31562E-03	1,006675E-04	2,04959
40	56,80	38	-0,1624037	0,6601294	-1,101775E-05	-2,31562E-03	2,053362E-04	-4,197001
41	56,80	0	-0,6611175	-0,1624189	-1,199597E-05	3,702111E-05	-1,775122E-03	-4,197001
41	56,80	25	-0,6661623	-0,1624189	-1,199597E-05	3,702111E-05	-1,475223E-03	-0,1365295
41	56,80	50	-0,671207	-0,1624189	-1,199597E-05	3,702111E-05	-1,175323E-03	3,923942
43	56,80	0	-0,1623982	-0,66013	3,373689E-05	-4,61236E-04	2,507537E-04	-4,197007
43	56,80	9,5	-0,1623982	-0,6549429	3,373689E-05	-4,61236E-04	-6,974673E-05	2,049589
43	56,80	19	-0,1623982	-0,649756	3,373689E-05	-4,61236E-04	-3,902472E-04	8,246909
43	56,80	28,5	-0,1623982	-0,6445689	3,373689E-05	-4,61236E-04	-7,107476E-04	14,39495
43	56,80	38	-0,1623982	-0,6393819	3,373689E-05	-4,61236E-04	-1,031248E-03	20,49372

FRAME	LOAD	STATION	P	V2	V3	T	M2	M3
44	56,80	0	-0,1624341	0,6393825	7,581141E-06	2,150521E-03	3,16356E-04	20,49374
44	56,80	9,5	-0,1624341	0,6445695	7,581141E-06	2,150521E-03	2,443352E-04	14,39497
44	56,80	19	-0,1624341	0,6497565	7,581141E-06	2,150521E-03	1,723143E-04	8,246921
44	56,80	28,5	-0,1624341	0,6549435	7,581141E-06	2,150521E-03	1,002935E-04	2,049596
44	56,80	38	-0,1624341	0,6601305	7,581141E-06	2,150521E-03	2,827262E-05	-4,197006
45	56,80	0	-0,6610352	-0,162419	8,559358E-06	-1,966556E-04	8,553388E-04	-4,197006
45	56,80	25	-0,6660799	-0,162419	8,559358E-06	-1,966556E-04	6,413548E-04	-0,1365317
45	56,80	50	-0,6711246	-0,162419	8,559358E-06	-1,966556E-04	4,273709E-04	3,923942
46	56,80	0	-0,6610634	0,1624191	1,00342E-04	-3,97548E-04	3,28576E-03	4,197007
46	56,80	25	-0,6661082	0,1624191	1,00342E-04	-3,97548E-04	7,772096E-04	0,1365308
46	56,80	50	-0,6711529	0,1624191	1,00342E-04	-3,97548E-04	-1,731341E-03	-3,923945
47	56,80	0	-1,340789E-04	-9,335113E-04	2,085104E-05	-3,605122E-07	1,467943E-04	-3,746996E-03
47	56,80	6,5	-1,340789E-04	-4,603113E-04	2,085104E-05	-3,605122E-07	1,126252E-05	7,829277E-04
47	56,80	13	-1,340789E-04	1,288868E-05	2,085104E-05	-3,605122E-07	-1,242693E-04	2,237051E-03
47	56,80	19,5	-1,340789E-04	4,860887E-04	2,085104E-05	-3,605122E-07	-2,59801E-04	6,153748E-04
47	56,80	26	-1,340789E-04	9,592887E-04	2,085104E-05	-3,605122E-07	-3,953328E-04	-4,082101E-03
48	56,80	0	-9,782171E-07	-9,046738E-04	1,512474E-05	-1,495626E-07	2,249282E-04	-3,00586E-03
48	56,80	6,5	-9,782171E-07	-4,314738E-04	1,512474E-05	-1,495626E-07	1,266174E-04	1,33662E-03
48	56,80	13	-9,782171E-07	4,172624E-05	1,512474E-05	-1,495626E-07	2,830656E-05	2,603299E-03
48	56,80	19,5	-9,782171E-07	5,149262E-04	1,512474E-05	-1,495626E-07	-7,000426E-05	7,941785E-04
48	56,80	26	-9,782171E-07	9,881263E-04	1,512474E-05	-1,495626E-07	-1,683151E-04	-4,090742E-03
49	56,80	0	-0,6610892	0,1624188	-9,714399E-05	1,758818E-04	-2,947484E-03	4,197
49	56,80	25	-0,6661339	0,1624188	-9,714399E-05	1,758818E-04	-5,188846E-04	0,1365303
49	56,80	50	-0,6711787	0,1624188	-9,714399E-05	1,758818E-04	1,909715E-03	-3,923939

BENDA UJI 3 $\alpha_3 = 58^\circ$

**STRUKTUR RANGKA BATANG KOMPOSIT
PIPA BAJA-KAYU**





Tabel 2.3 Gaya Batang Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja-Kayu dengan $\alpha_3 = 58^\circ$ pada Pembebanan Maksimum

P = 68 KN

FRAME	LOAD	STATION	P	V2	V3	T	M2	M3
1	68,00	0	10,78984	-0,269907	1,718602E-05	-4,623458E-04	5,543455E-04	-6,376023
1	68,00	15,8325	10,78984	-0,2612624	1,718602E-05	-4,623458E-04	2,822477E-04	-2,171154
1	68,00	31,665	10,78984	-0,2526179	1,718602E-05	-4,623458E-04	1,014998E-05	1,896851
1	68,00	47,4975	10,78984	-0,2439733	1,718602E-05	-4,623458E-04	-2,619477E-04	5,827991
1	68,00	63,33	10,78984	-0,2353288	1,718602E-05	-4,623458E-04	-5,340455E-04	9,622267
2	68,00	0	32,25461	-0,295793	2,774071E-08	-5,67104E-04	-9,192555E-05	4,011827
2	68,00	15,8325	32,25461	-0,2871484	2,774071E-08	-5,67104E-04	-9,236475E-05	8,626537
2	68,00	31,665	32,25461	-0,2785039	2,774071E-08	-5,67104E-04	-9,280396E-05	13,10438
2	68,00	47,4975	32,25461	-0,2698593	2,774071E-08	-5,67104E-04	-9,324316E-05	17,44536
2	68,00	63,33	32,25461	-0,2612148	2,774071E-08	-5,67104E-04	-9,368237E-05	21,64948
3	68,00	0	53,19377	-0,2373759	3,953874E-07	-3,48331E-04	4,545173E-05	17,69411
3	68,00	15,8325	53,19377	-0,2287313	3,953874E-07	-3,48331E-04	3,919176E-05	21,38393
3	68,00	31,665	53,19377	-0,2200868	3,953874E-07	-3,48331E-04	3,293179E-05	24,93689
3	68,00	47,4975	53,19377	-0,2114422	3,953874E-07	-3,48331E-04	2,667182E-05	28,35298
3	68,00	63,33	53,19377	-0,2027977	3,953874E-07	-3,48331E-04	2,041185E-05	31,6322
4	68,00	0	53,19377	0,2027978	6,929254E-07	-9,694325E-05	7,482614E-05	31,63221
4	68,00	15,8325	53,19377	0,2114424	6,929254E-07	-9,694325E-05	6,38554E-05	28,35298
4	68,00	31,665	53,19377	0,2200869	6,929254E-07	-9,694325E-05	5,288466E-05	24,93688
4	68,00	47,4975	53,19377	0,2287314	6,929254E-07	-9,694325E-05	4,191391E-05	21,38393
4	68,00	63,33	53,19377	0,237376	6,929254E-07	-9,694325E-05	3,094317E-05	17,6941
5	68,00	0	32,25459	0,2612149	-7,515982E-08	3,167687E-04	2,724723E-05	21,64948
5	68,00	15,8325	32,25459	0,2698595	-7,515982E-08	3,167687E-04	2,84372E-05	17,44536
5	68,00	31,665	32,25459	0,278504	-7,515982E-08	3,167687E-04	2,962716E-05	13,10438
5	68,00	47,4975	32,25459	0,2871486	-7,515982E-08	3,167687E-04	3,081713E-05	8,626529
5	68,00	63,33	32,25459	0,2957931	-7,515982E-08	3,167687E-04	3,20071E-05	4,011816

FRAME	LOAD	STATION	P	V2	V3	T	M2	M3
6	68,00	0	10,78981	0,2353287	-2,29134E-06	1,157955E-03	-1,053449E-04	9,622257
6	68,00	15,8325	10,78981	0,2439732	-2,29134E-06	1,157955E-03	-6,906727E-05	5,827983
6	68,00	31,665	10,78981	0,2526178	-2,29134E-06	1,157955E-03	-3,278963E-05	1,896845
6	68,00	47,4975	10,78981	0,2612623	-2,29134E-06	1,157955E-03	3,488004E-06	-2,171159
6	68,00	63,33	10,78981	0,2699069	-2,29134E-06	1,157955E-03	3,976564E-05	-6,376027
7	68,00	0	-21,54118	-0,1544777	-1,054611E-06	-6,076129E-05	3,312628E-04	1,860103
7	68,00	15,8325	-21,54118	-0,1458331	-1,054611E-06	-6,076129E-05	3,4796E-04	4,237439
7	68,00	31,665	-21,54118	-0,1371886	-1,054611E-06	-6,076129E-05	3,646571E-04	6,477909
7	68,00	47,4975	-21,54118	-0,128544	-1,054611E-06	-6,076129E-05	3,813542E-04	8,581514
7	68,00	63,33	-21,54118	-0,1198995	-1,054611E-06	-6,076129E-05	3,980513E-04	10,54825
8	68,00	0	-42,73791	-0,4466617	1,173269E-06	-3,650305E-04	2,145626E-04	5,052961
8	68,00	15,8325	-42,73791	-0,4380171	1,173269E-06	-3,650305E-04	1,959868E-04	12,0563
8	68,00	31,665	-42,73791	-0,4293726	1,173269E-06	-3,650305E-04	1,77411E-04	18,92277
8	68,00	47,4975	-42,73791	-0,4207281	1,173269E-06	-3,650305E-04	1,588352E-04	25,65238
8	68,00	63,33	-42,73791	-0,4120835	1,173269E-06	-3,650305E-04	1,402594E-04	32,24513
9	68,00	0	-53,11557	-1,728902E-02	-1,034915E-06	-5,250064E-04	3,74096E-05	29,28007
9	68,00	15,8325	-53,11557	-8,644471E-03	-1,034915E-06	-5,250064E-04	5,379489E-05	29,48536
9	68,00	31,665	-53,11557	7,446022E-08	-1,034915E-06	-5,250064E-04	7,018017E-05	29,55379
9	68,00	47,4975	-53,11557	8,644619E-03	-1,034915E-06	-5,250064E-04	8,656546E-05	29,48536
9	68,00	63,33	-53,11557	1,728916E-02	-1,034915E-06	-5,250064E-04	1,029507E-04	29,28006
10	68,00	0	-42,7379	0,4120835	-2,737209E-06	-7,981939E-04	-3,920557E-05	32,24512
10	68,00	15,8325	-42,7379	0,4207281	-2,737209E-06	-7,981939E-04	4,131292E-06	25,65238
10	68,00	31,665	-42,7379	0,4293726	-2,737209E-06	-7,981939E-04	4,746815E-05	18,92277
10	68,00	47,4975	-42,7379	0,4380172	-2,737209E-06	-7,981939E-04	9,080502E-05	12,0563
10	68,00	63,33	-42,7379	0,4466617	-2,737209E-06	-7,981939E-04	1,341419E-04	5,052958

FRAME	LOAD	STATION	P	V2	V3	T	M2	M3
11	68,00	0	-21,54115	0,1199	-5,454799E-06	-1,349643E-03	-9,266443E-05	10,54825
11	68,00	15,8325	-21,54115	0,1285445	-5,454799E-06	-1,349643E-03	-6,30133E-06	8,581507
11	68,00	31,665	-21,54115	0,137189	-5,454799E-06	-1,349643E-03	8,006177E-05	6,477893
11	68,00	47,4975	-21,54115	0,1458336	-5,454799E-06	-1,349643E-03	1,664249E-04	4,237416
11	68,00	63,33	-21,54115	0,1544781	-5,454799E-06	-1,349643E-03	2,52788E-04	1,860073
12	68,00	0	-19,73423	7,537231E-02	3,00589E-05	3,387146E-06	5,853737E-04	2,262315
12	68,00	29,59169	-19,73015	0,0779607	3,00589E-05	3,387146E-06	-3,0412E-04	-6,375914E-03
12	68,00	59,18338	-19,72606	8,054909E-02	3,00589E-05	3,387146E-06	-1,193614E-03	-2,351662
13	68,00	0	-19,87791	9,244768E-02	1,738969E-06	-1,004031E-05	-1,566418E-04	3,0752
13	68,00	29,59169	-19,87382	9,503607E-02	1,738969E-06	-1,004031E-05	-2,081008E-04	0,3012189
13	68,00	59,18338	-19,86974	9,762447E-02	1,738969E-06	-1,004031E-05	-2,595598E-04	-2,549357
14	68,00	0	-19,46783	0,0472702	-8,565586E-07	-2,792764E-05	-1,759681E-04	2,128997
14	68,00	29,59169	-19,46375	0,0498586	-8,565586E-07	-2,792764E-05	-1,506211E-04	0,6918944
14	68,00	59,18338	-19,45966	5,244699E-02	-8,565586E-07	-2,792764E-05	-1,252741E-04	-0,8218031
15	68,00	0	-0,2131537	-4,245305E-02	1,054087E-06	-4,543951E-05	-1,423913E-04	-0,2160637
15	68,00	29,59169	-0,2090666	-3,986466E-02	1,054087E-06	-4,543951E-05	-1,735835E-04	1,001896
15	68,00	59,18338	-0,2049794	-3,727626E-02	1,054087E-06	-4,543951E-05	-2,047757E-04	2,143261
16	68,00	0	19,4624	-8,322447E-02	3,524467E-06	-9,636998E-05	-1,757237E-04	-1,826376
16	68,00	29,59169	19,46649	-8,063608E-02	3,524467E-06	-9,636998E-05	-2,800187E-04	0,5980791
16	68,00	59,18338	19,47057	-7,804768E-02	3,524467E-06	-9,636998E-05	-3,843136E-04	2,945939
17	68,00	0	19,9493	-9,214352E-02	8,458237E-06	-2,250715E-04	-2,763342E-04	-2,535241
17	68,00	29,59169	19,95339	-8,955513E-02	8,458237E-06	-2,250715E-04	-5,266277E-04	0,1531443
17	68,00	59,18338	19,95747	-8,696674E-02	8,458237E-06	-2,250715E-04	-7,769212E-04	2,764934
18	68,00	0	19,94929	-9,214351E-02	-1,541931E-05	1,801521E-04	-4,010895E-04	-2,53524
18	68,00	29,59169	19,95337	-8,955512E-02	-1,541931E-05	1,801521E-04	5,519407E-05	0,153145
18	68,00	59,18338	19,95746	-8,696672E-02	-1,541931E-05	1,801521E-04	5,114776E-04	2,764935

FRAME	LOAD	STATION	P	V2	V3	T	M2	M3
19	68,00	0	19,46239	-8,322441E-02	-4,88912E-07	8,74546E-05	9,914805E-06	-1,826374
19	68,00	29,59169	19,46647	-8,063602E-02	-4,88912E-07	8,74546E-05	2,438253E-05	0,5980792
19	68,00	59,18338	19,47056	-7,804762E-02	-4,88912E-07	8,74546E-05	3,885027E-05	2,945938
20	68,00	0	-0,2131655	-0,042453	1,351625E-06	7,117079E-05	8,131889E-05	-0,2160621
20	68,00	29,59169	-0,2090783	-3,986461E-02	1,351625E-06	7,117079E-05	4,132201E-05	1,001896
20	68,00	59,18338	-0,2049912	-3,727621E-02	1,351625E-06	7,117079E-05	1,32513E-06	2,14326
21	68,00	0	-19,46785	4,727025E-02	2,756382E-06	1,005646E-04	1,89255E-04	2,128998
21	68,00	29,59169	-19,46376	4,985864E-02	2,756382E-06	1,005646E-04	1,07689E-04	0,6918944
21	68,00	59,18338	-19,45967	5,244704E-02	2,756382E-06	1,005646E-04	2,612303E-05	-0,8218046
22	68,00	0	-19,87792	9,244774E-02	6,242057E-06	1,804235E-04	4,62551E-04	3,075201
22	68,00	29,59169	-19,87383	9,503613E-02	6,242057E-06	1,804235E-04	2,77838E-04	0,3012185
22	68,00	59,18338	-19,86975	9,762453E-02	6,242057E-06	1,804235E-04	9,3125E-05	-2,5493359
23	68,00	0	-19,73425	7,537234E-02	1,19001E-05	3,512145E-04	1,019912E-03	2,262316
23	68,00	29,59169	-19,73016	7,796073E-02	1,19001E-05	3,512145E-04	6,677676E-04	-6,375684E-03
23	68,00	59,18338	-19,72607	8,054913E-02	1,19001E-05	3,512145E-04	3,156236E-04	-2,351663
24	68,00	0	-0,1677015	-0,3638286	-4,653283E-05	1,474329E-03	-6,221749E-04	-4,270202
24	68,00	7,91625	-0,1677015	-0,3595063	-4,653283E-05	1,474329E-03	-2,538094E-04	-1,407152
24	68,00	15,8325	-0,1677015	-0,355184	-4,653283E-05	1,474329E-03	1,145562E-04	1,421682
24	68,00	23,74875	-0,1677015	-0,3508618	-4,653283E-05	1,474329E-03	4,829217E-04	4,216299
24	68,00	31,665	-0,1677015	-0,3465395	-4,653283E-05	1,474329E-03	8,512872E-04	6,9767
25	68,00	0	-0,1676631	0,3465385	-8,896661E-06	-2,580991E-03	-1,005906E-04	6,97667
25	68,00	7,91625	-0,1676631	0,3508608	-8,896661E-06	-2,580991E-03	-3,01624E-05	4,216276
25	68,00	15,8325	-0,1676631	0,3551831	-8,896661E-06	-2,580991E-03	4,026579E-05	1,421667
25	68,00	23,74875	-0,1676631	0,3595054	-8,896661E-06	-2,580991E-03	1,10694E-04	-1,40716
25	68,00	31,665	-0,1676631	0,3638276	-8,896661E-06	-2,580991E-03	1,811222E-04	-4,270202

FRAME	LOAD	STATION	P	V2	V3	T	M2	M3
26	68,00	0	-0,364816	-0,1676783	-9,900942E-06	2,248978E-05	-1,477476E-03	-4,270202
26	68,00	25	-0,3689031	-0,1676783	-9,900942E-06	2,248978E-05	-1,229953E-03	-0,0782458
26	68,00	50	-0,3729903	-0,1676783	-9,900942E-06	2,248978E-05	-9,824293E-04	4,11371
27	68,00	0	-0,3647895	0,1676782	-8,578396E-05	1,612675E-04	-2,601894E-03	4,270201
27	68,00	25	-0,3688767	0,1676782	-8,578396E-05	1,612675E-04	-4,572955E-04	7,824668E-02
27	68,00	50	-0,3729638	0,1676782	-8,578396E-05	1,612675E-04	1,687303E-03	-4,113708
28	68,00	0	-0,1676551	-0,3638288	4,222505E-05	-7,908546E-04	2,116072E-04	-4,270208
28	68,00	7,91625	-0,1676551	-0,3595065	4,222505E-05	-7,908546E-04	-1,226569E-04	-1,407157
28	68,00	15,8325	-0,1676551	-0,3551843	4,222505E-05	-7,908546E-04	-4,56921E-04	1,421679
28	68,00	23,74875	-0,1676551	-0,350862	4,222505E-05	-7,908546E-04	-7,91185E-04	4,216299
28	68,00	31,665	-0,1676551	-0,3465397	4,222505E-05	-7,908546E-04	-1,125449E-03	6,976702
29	68,00	0	-21,54115	-0,1544775	1,01502E-06	8,499702E-04	-3,623896E-04	1,860099
29	68,00	15,8325	-21,54115	-0,1458329	1,01502E-06	8,499702E-04	-3,784599E-04	4,237431
29	68,00	31,665	-21,54115	-0,1371884	1,01502E-06	8,499702E-04	-3,945302E-04	6,477899
29	68,00	47,4975	-21,54115	-0,1285438	1,01502E-06	8,499702E-04	-4,106005E-04	8,581501
29	68,00	63,33	-21,54115	-0,1198993	1,01502E-06	8,499702E-04	-4,266708E-04	10,54824
30	68,00	0	-42,73789	-0,4466619	1,394831E-06	1,158713E-03	-6,733337E-05	5,052943
30	68,00	15,8325	-42,73789	-0,4380173	1,394831E-06	1,158713E-03	-8,941704E-05	12,05628
30	68,00	31,665	-42,73789	-0,4293728	1,394831E-06	1,158713E-03	-1,115007E-04	18,92276
30	68,00	47,4975	-42,73789	-0,4207282	1,394831E-06	1,158713E-03	-1,335844E-04	25,65237
30	68,00	63,33	-42,73789	-0,4120837	1,394831E-06	1,158713E-03	-1,556681E-04	32,24512
31	68,00	0	-53,11557	-1,728916E-02	3,915966E-06	1,284568E-03	1,333962E-04	29,28005
31	68,00	15,8325	-53,11557	-8,644619E-03	3,915966E-06	1,284568E-03	7,139669E-05	29,48535
31	68,00	31,665	-53,11557	-7,446021E-08	3,915966E-06	1,284568E-03	9,397151E-06	29,55379
31	68,00	47,4975	-53,11557	8,644471E-03	3,915966E-06	1,284568E-03	-5,260238E-05	29,48535
31	68,00	63,33	-53,11557	1,728902E-02	3,915966E-06	1,284568E-03	-1,146019E-04	29,28006

FRAME	LOAD	STATION	P	V2	V3	T	M2	M3
32	68,00	0	-42,7379	0,4120837	5,070722E-06	1,434392E-03	2,034046E-04	32,24512
32	68,00	15,8325	-42,7379	0,4207282	5,070722E-06	1,434392E-03	1,231224E-04	25,65237
32	68,00	31,665	-42,7379	0,4293727	5,070722E-06	1,434392E-03	4,284015E-05	18,92276
32	68,00	47,4975	-42,7379	0,4380173	5,070722E-06	1,434392E-03	-3,744206E-05	12,05629
32	68,00	63,33	-42,7379	0,4466618	5,070722E-06	1,434392E-03	-1,177243E-04	5,052947
33	68,00	0	-21,54117	0,1198988	6,051823E-06	1,693873E-03	2,407588E-04	10,54824
33	68,00	15,8325	-21,54117	0,1285434	6,051823E-06	1,693873E-03	1,449433E-04	8,581509
33	68,00	31,665	-21,54117	0,1371879	6,051823E-06	1,693873E-03	4,912783E-05	6,477914
33	68,00	47,4975	-21,54117	0,1458324	6,051823E-06	1,693873E-03	-4,668766E-05	4,237454
33	68,00	63,33	-21,54117	0,154477	6,051823E-06	1,693873E-03	-1,425031E-04	1,860129
34	68,00	0	-0,1676936	0,3465407	5,78149E-06	2,269512E-03	2,65796E-04	6,976732
34	68,00	7,91625	-0,1676936	0,350863	5,78149E-06	2,269512E-03	2,200283E-04	4,216321
34	68,00	15,8325	-0,1676936	0,3551852	5,78149E-06	2,269512E-03	1,742606E-04	1,421694
34	68,00	23,74875	-0,1676936	0,3595075	5,78149E-06	2,269512E-03	1,284929E-04	-1,407149
34	68,00	31,665	-0,1676936	0,3638298	5,78149E-06	2,269512E-03	8,272516E-05	-4,270208
35	68,00	0	10,78977	-0,2699068	-1,676018E-05	1,771918E-03	-2,797682E-04	-6,376032
35	68,00	15,8325	10,78977	-0,2612623	-1,676018E-05	1,771918E-03	-1,441272E-05	-2,171165
35	68,00	31,665	10,78977	-0,2526177	-1,676018E-05	1,771918E-03	2,509428E-04	1,896838
35	68,00	47,4975	10,78977	-0,2439732	-1,676018E-05	1,771918E-03	5,162983E-04	5,827976
35	68,00	63,33	10,78977	-0,2353286	-1,676018E-05	1,771918E-03	7,816538E-04	9,622249
36	68,00	0	32,25455	-0,2957932	-3,084127E-06	1,669709E-03	7,178834E-05	4,011807
36	68,00	15,8325	32,25455	-0,2871486	-3,084127E-06	1,669709E-03	1,206178E-04	8,62652
36	68,00	31,665	32,25455	-0,2785041	-3,084127E-06	1,669709E-03	1,694472E-04	13,10437
36	68,00	47,4975	32,25455	-0,2698595	-3,084127E-06	1,669709E-03	2,182767E-04	17,44535
36	68,00	63,33	32,25455	-0,261215	-3,084127E-06	1,669709E-03	2,671061E-04	21,64947

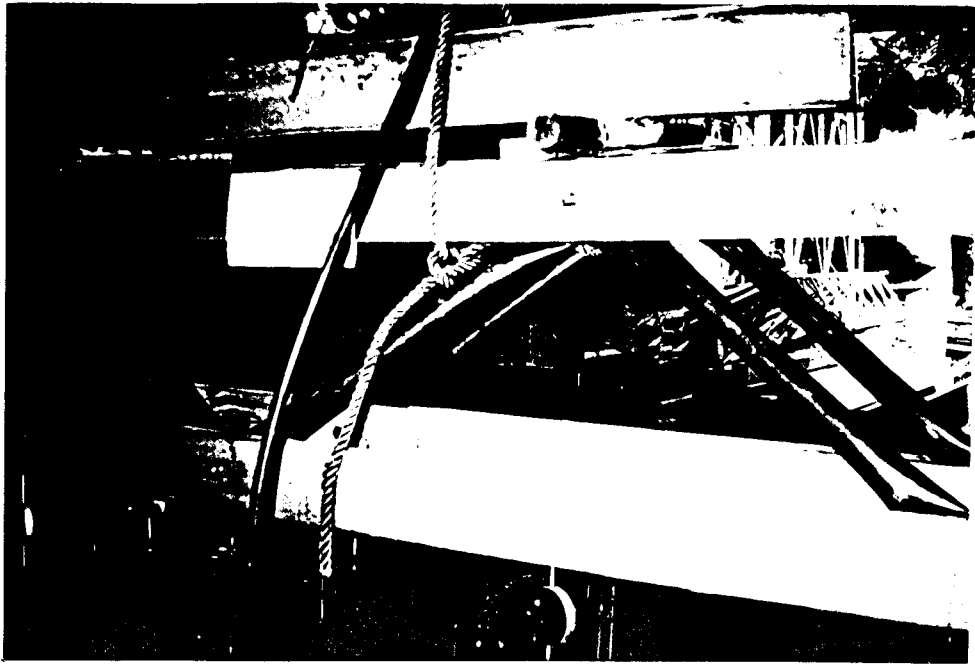
FRAME	LOAD	STATION	P	V2	V3	T	M2	M3
37	68,00	0	53,19373	-0,237376	-4,511012E-06	1,406568E-03	-1,109205E-04	17,6941
37	68,00	15,8325	53,19373	-0,2287314	-4,511012E-06	1,406568E-03	-3,949993E-05	21,38392
37	68,00	31,665	53,19373	-0,2200869	-4,511012E-06	1,406568E-03	3,192067E-05	24,93688
37	68,00	47,4975	53,19373	-0,2114423	-4,511012E-06	1,406568E-03	1,033413E-04	28,35297
37	68,00	63,33	53,19373	-0,2027978	-4,511012E-06	1,406568E-03	1,747619E-04	31,6322
38	68,00	0	53,19373	0,2027977	-5,115424E-06	1,223379E-03	-1,32087E-04	31,6322
38	68,00	15,8325	53,19373	0,2114422	-5,115424E-06	1,223379E-03	-5,109707E-05	28,35297
38	68,00	31,665	53,19373	0,2200868	-5,115424E-06	1,223379E-03	2,989288E-05	24,93688
38	68,00	47,4975	53,19373	0,2287313	-5,115424E-06	1,223379E-03	1,108828E-04	21,38392
38	68,00	63,33	53,19373	0,2373759	-5,115424E-06	1,223379E-03	1,918728E-04	17,6941
39	68,00	0	32,25457	0,2612149	-4,732763E-06	1,018775E-03	-8,353908E-05	21,64947
39	68,00	15,8325	32,25457	0,2698594	-4,732763E-06	1,018775E-03	-8,607612E-06	17,44536
39	68,00	31,665	32,25457	0,278504	-4,732763E-06	1,018775E-03	6,632386E-05	13,10437
39	68,00	47,4975	32,25457	0,2871485	-4,732763E-06	1,018775E-03	1,412553E-04	8,626529
39	68,00	63,33	32,25457	0,295793	-4,732763E-06	1,018775E-03	2,161868E-04	4,011818
40	68,00	0	10,7898	0,2353287	-2,96627E-06	6,665661E-04	7,36765E-06	9,622258
40	68,00	15,8325	10,7898	0,2439733	-2,96627E-06	6,665661E-04	5,433112E-05	5,827983
40	68,00	31,665	10,7898	0,2526178	-2,96627E-06	6,665661E-04	1,012946E-04	1,896844
40	68,00	47,4975	10,7898	0,2612624	-2,96627E-06	6,665661E-04	1,482581E-04	-2,17116
40	68,00	63,33	10,7898	0,2699069	-2,96627E-06	6,665661E-04	1,952215E-04	-6,376029
41	68,00	0	-0,3647607	0,1676785	9,009173E-05	-3,567834E-04	2,907224E-03	4,270209
41	68,00	25	-0,3688478	0,1676785	9,009173E-05	-3,567834E-04	6,549309E-04	7,824741E-02
41	68,00	50	-0,372935	0,1676785	9,009173E-05	-3,567834E-04	-1,597362E-03	-4,113714

FRAME	LOAD	STATION	P	V2	V3	T	M2	M3
42	68,00	0	-0,3647342	-0,1676784	6,785772E-06	-1,537057E-04	6,984627E-04	-4,270208
42	68,00	25	-0,3688214	-0,1676784	6,785772E-06	-1,537057E-04	5,288184E-04	-7,824828E-02
42	68,00	50	-0,3729085	-0,1676784	6,785772E-06	-1,537057E-04	3,591741E-04	4,113711
43	68,00	0	-19,73425	7,537244E-02	-2,646916E-05	-2,832796E-05	-1,886757E-04	2,262318
43	68,00	29,59169	-19,73016	7,796083E-02	-2,646916E-05	-2,832796E-05	5,945913E-04	-6,376615E-03
43	68,00	59,18338	-19,72607	8,054922E-02	-2,646916E-05	-2,832796E-05	1,377858E-03	-2,351667
44	68,00	0	19,95747	8,696678E-02	1,474088E-05	-2,648238E-04	4,145598E-04	2,764936
44	68,00	29,59169	19,95339	8,955518E-02	1,474088E-05	-2,648238E-04	-2,16476E-05	0,1531448
44	68,00	59,18338	19,9493	9,214357E-02	1,474088E-05	-2,648238E-04	-4,57855E-04	-2,535242
45	68,00	0	-19,87792	9,244774E-02	1,064826E-06	-1,791274E-05	4,224673E-04	3,075201
45	68,00	29,59169	-19,87384	9,503613E-02	1,064826E-06	-1,791274E-05	3,909573E-04	0,3012184
45	68,00	59,18338	-19,86975	9,762453E-02	1,064826E-06	-1,791274E-05	3,594473E-04	-2,549359
46	68,00	0	19,47057	7,804765E-02	6,850141E-07	-1,361607E-04	-6,888452E-05	2,945938
46	68,00	29,59169	19,46649	8,063604E-02	6,850141E-07	-1,361607E-04	-8,915525E-05	0,5980787
46	68,00	59,18338	19,4624	8,322444E-02	6,850141E-07	-1,361607E-04	-1,09426E-04	-1,826375
47	68,00	0	-19,46785	4,727027E-02	2,111899E-06	-2,145015E-05	3,482513E-04	2,128999
47	68,00	29,59169	-19,46376	4,985867E-02	2,111899E-06	-2,145015E-05	2,857567E-04	0,6918941
47	68,00	59,18338	-19,45967	5,244706E-02	2,111899E-06	-2,145015E-05	2,23262E-04	-0,8218056
48	68,00	0	-0,2049794	3,727625E-02	-4,092362E-07	-1,005434E-04	-1,243812E-04	2,143261
48	68,00	29,59169	-0,2090666	3,986464E-02	-4,092362E-07	-1,005434E-04	-1,122713E-04	1,001896
48	68,00	59,18338	-0,2131537	4,245304E-02	-4,092362E-07	-1,005434E-04	-1,001613E-04	-0,2160635
49	68,00	0	-0,2131654	-4,245299E-02	1,951755E-07	-2,769491E-05	2,708616E-04	-0,216062
49	68,00	29,59169	-0,2090783	-3,986459E-02	1,951755E-07	-2,769491E-05	2,65086E-04	1,001896
49	68,00	59,18338	-0,2049911	-0,0372762	1,951755E-07	-2,769491E-05	2,593104E-04	2,143259

FRAME	LOAD	STATION	P	V2	V3	T	M2	M3
50	68,00	0	-19,45966	-5,244701E-02	-9,595802E-07	-1,025605E-04	-1,293815E-04	-0,821804
50	68,00	29,59169	-19,46375	-4,985862E-02	-9,595802E-07	-1,025605E-04	-1,009859E-04	0,6918941
50	68,00	59,18338	-19,46783	-4,727022E-02	-9,595802E-07	-1,025605E-04	-7,259026E-05	2,128997
51	68,00	0	19,46239	-8,322438E-02	-1,342241E-06	-1,374123E-05	2,585236E-04	-1,826374
51	68,00	29,59169	19,46647	-8,063598E-02	-1,342241E-06	-1,374123E-05	2,982428E-04	0,5980788
51	68,00	59,18338	19,47056	-7,804759E-02	-1,342241E-06	-1,374123E-05	3,379619E-04	2,945936
52	68,00	0	-19,86974	-9,762447E-02	-2,323342E-06	-1,302885E-04	-1,046325E-04	-2,549357
52	68,00	29,59169	-19,87383	-9,503607E-02	-2,323342E-06	-1,302885E-04	-3,588086E-05	0,3012188
52	68,00	59,18338	-19,87791	-9,244768E-02	-2,323342E-06	-1,302885E-04	3,287075E-05	3,075199
53	68,00	0	19,94929	-9,214357E-02	-4,089835E-06	3,800615E-05	2,774469E-04	-2,535241
53	68,00	29,59169	19,95337	-8,955517E-02	-4,089835E-06	3,800615E-05	3,98472E-04	0,1531455
53	68,00	59,18338	19,95746	-8,696678E-02	-4,089835E-06	3,800615E-05	5,194971E-04	2,764937
54	68,00	0	-19,72606	-8,054919E-02	-3,819502E-06	-1,995385E-04	1,143119E-05	-2,351666
54	68,00	29,59169	-19,73015	-0,0779608	-3,819502E-06	-1,995385E-04	1,244567E-04	-6,376845E-03
54	68,00	59,18338	-19,73423	-0,0753724	-3,819502E-06	-1,995385E-04	2,374822E-04	2,262317
55	68,00	0	-1,323168E-04	-9,31856E-04	2,331091E-05	-3,407004E-07	1,451762E-04	-3,698079E-03
55	68,00	6,5	-1,323168E-04	-4,58656E-04	2,331091E-05	-3,407004E-07	-6,344657E-06	8,21085E-04
55	68,00	13	-1,323168E-04	1,454402E-05	2,331091E-05	-3,407004E-07	-1,578656E-04	2,264449E-03
55	68,00	19,5	-1,323168E-04	4,87744E-04	2,331091E-05	-3,407004E-07	-3,093864E-04	6,320128E-04
55	68,00	26	-1,323168E-04	9,60944E-04	2,331091E-05	-3,407004E-07	-4,609073E-04	-4,076223E-03
56	68,00	0	-1,004282E-06	-9,04458E-04	1,519474E-05	-2,713377E-07	2,364308E-04	-2,967974E-03
56	68,00	6,5	-1,004282E-06	-4,31258E-04	1,519474E-05	-2,713377E-07	1,37665E-04	1,373102E-03
56	68,00	13	-1,004282E-06	4,194202E-05	1,519474E-05	-2,713377E-07	3,889922E-05	2,638379E-03
56	68,00	19,5	-1,004282E-06	5,15142E-04	1,519474E-05	-2,713377E-07	-5,986659E-05	8,278562E-04
56	68,00	26	-1,004282E-06	9,88342E-04	1,519474E-05	-2,713377E-07	-1,586324E-04	-4,058467E-03

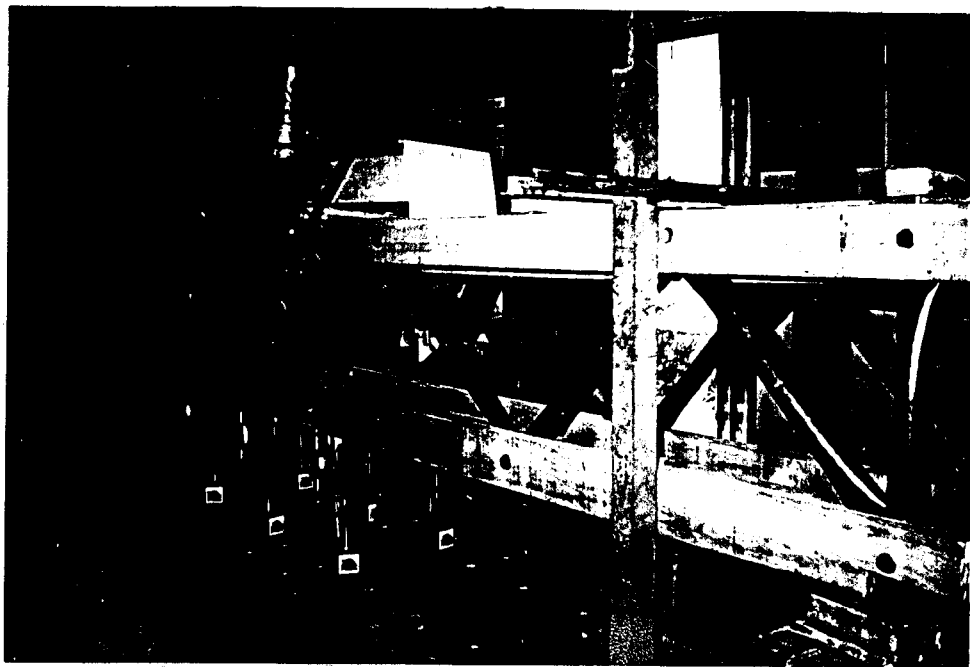
LAMPIRAN III

**GAMBAR PENGUJIAN DI
LABORATORIUM STRUKTUR**



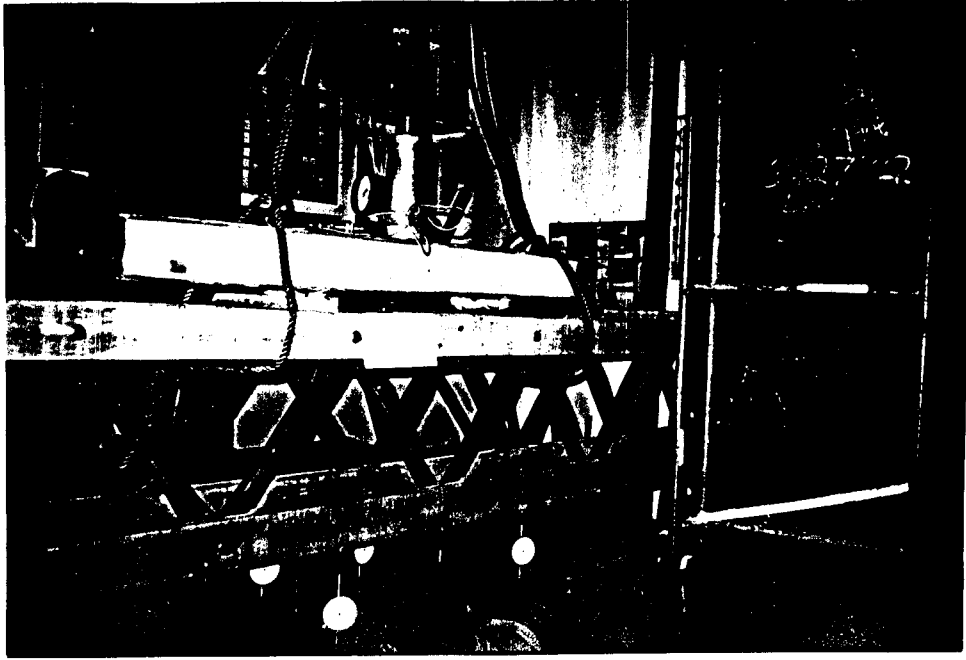
Gambar 3.1 Benda Uji 1 (Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja-Kayu

$\alpha_1 = 47^\circ$)

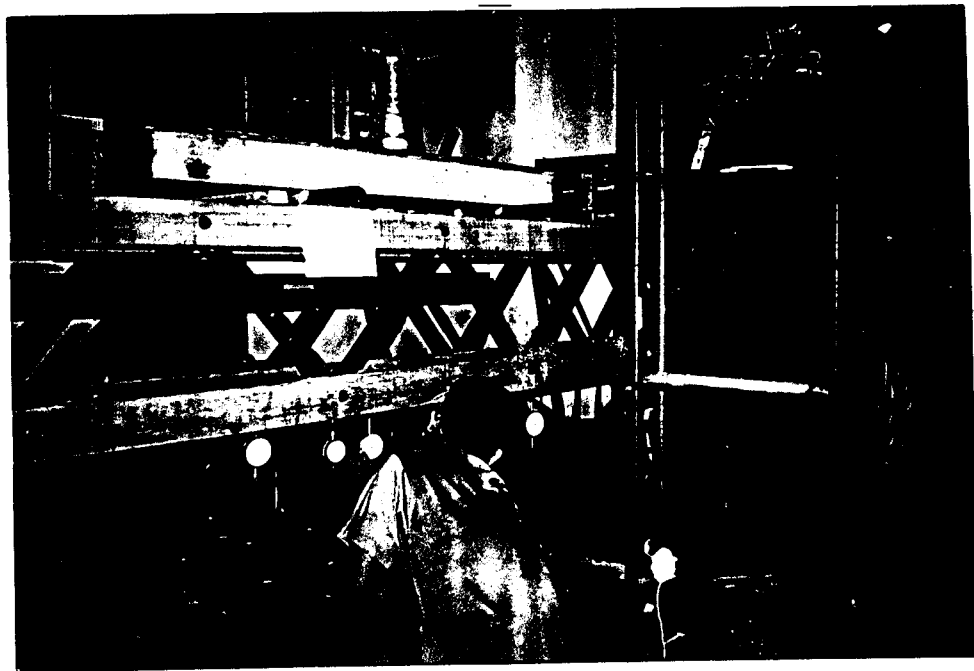


Gambar 3.2 Benda Uji 2 (Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja-Kayu

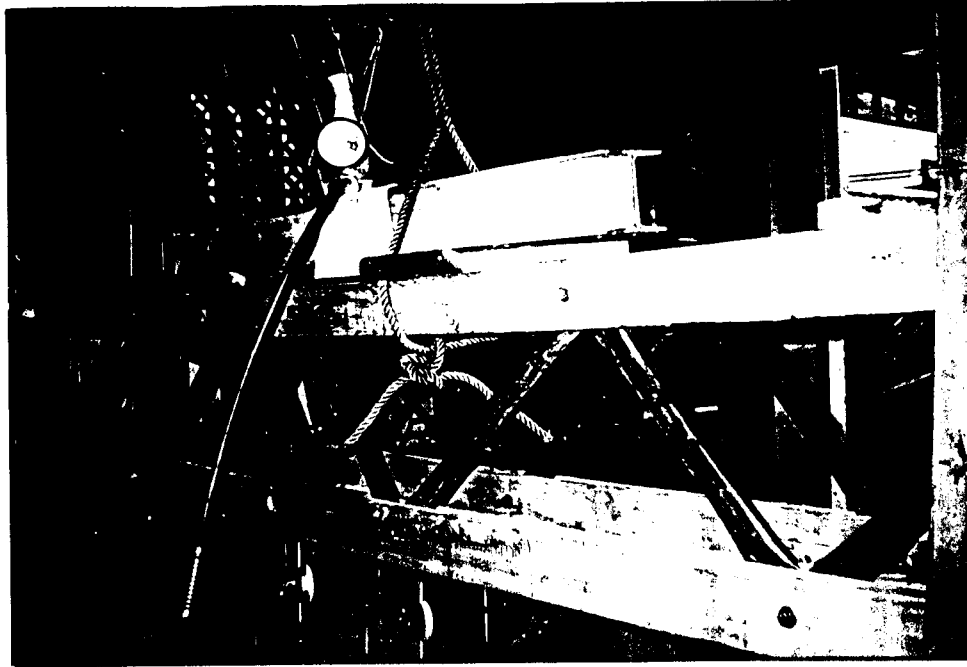
$\alpha_2 = 53^\circ$)



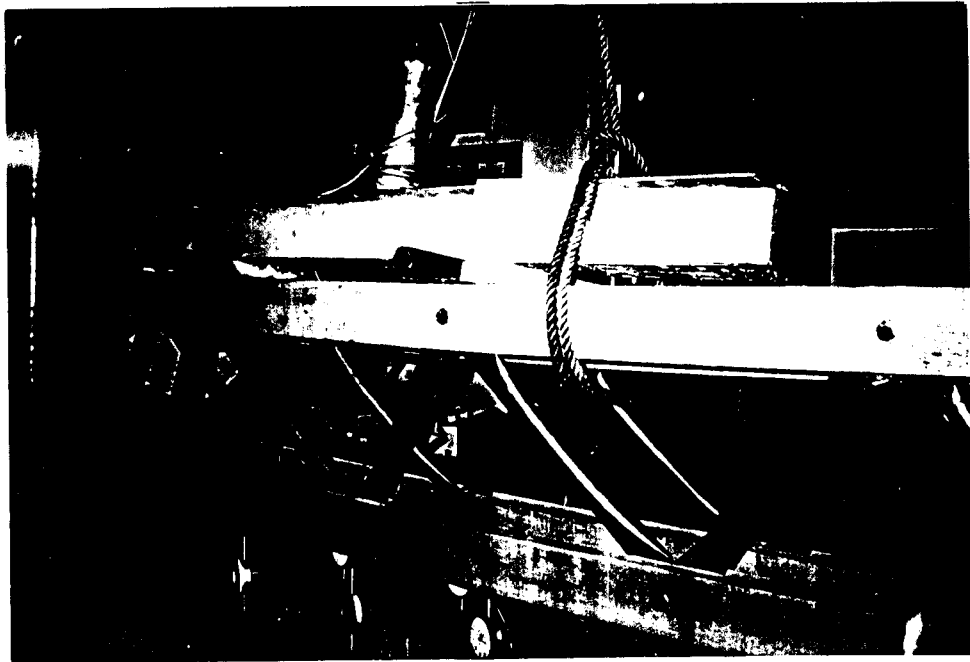
Gambar 3.3 Benda Uji 3 (Struktur Rangka Batang Komposit Pipa Baja-Kayu
 $\alpha_3 = 58^\circ$)



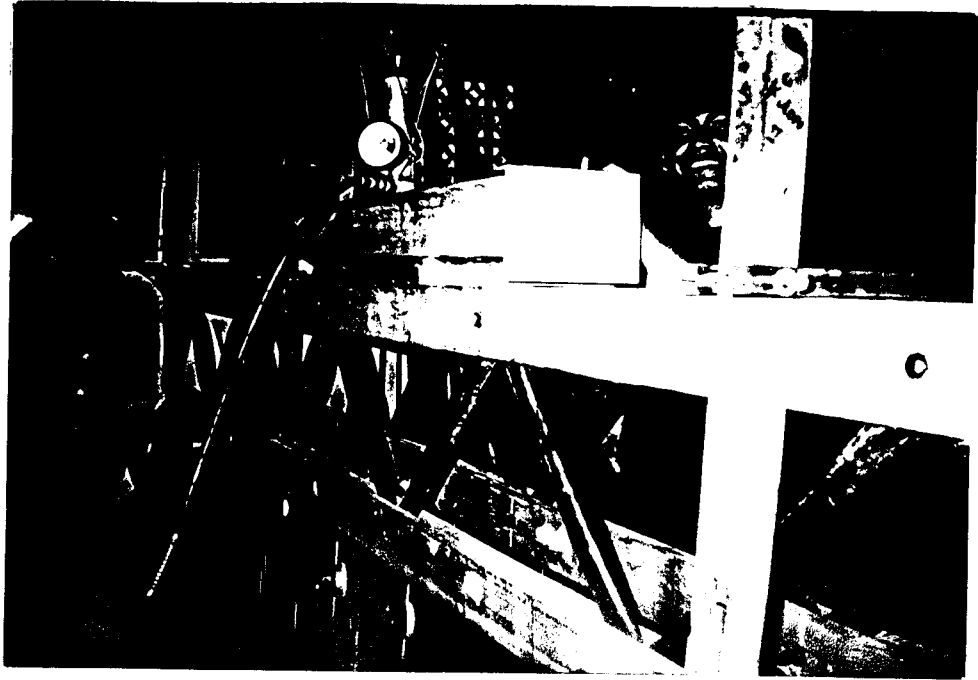
Gambar 3.4 Pemasangan Dial Gauge Benda Uji 1 (Struktur Rangka Batang
Komposit Pipa Baja-Kayu $\alpha_1 = 47^\circ$)



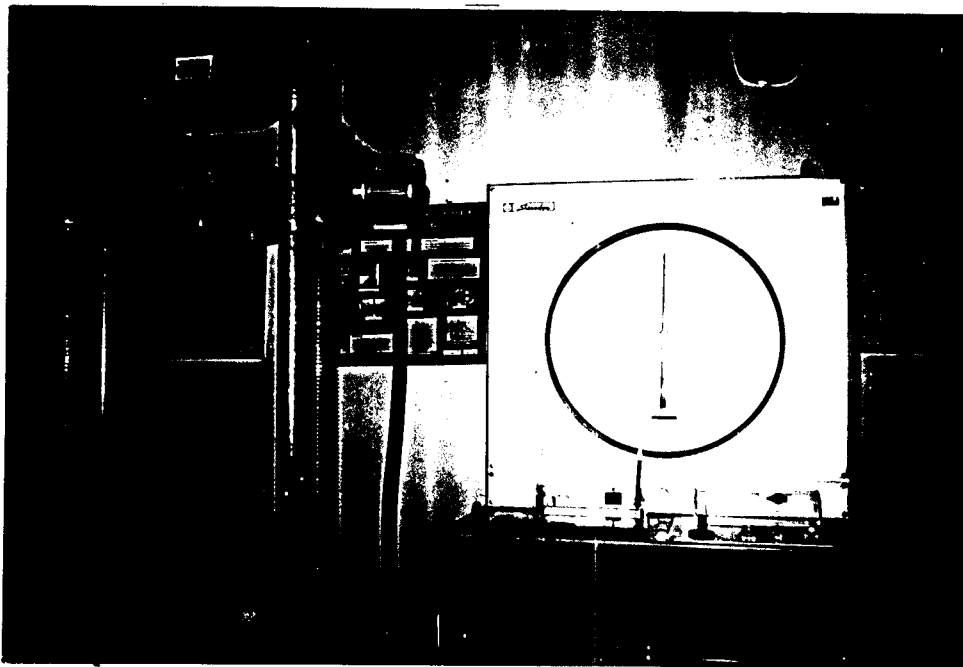
Gambar 3.5 Pemasangan Dial Gauge Benda Uji 2 (Struktur Rangka Batang
Komposit Pipa Baja-Kayu $\alpha_2 = 53^\circ$)



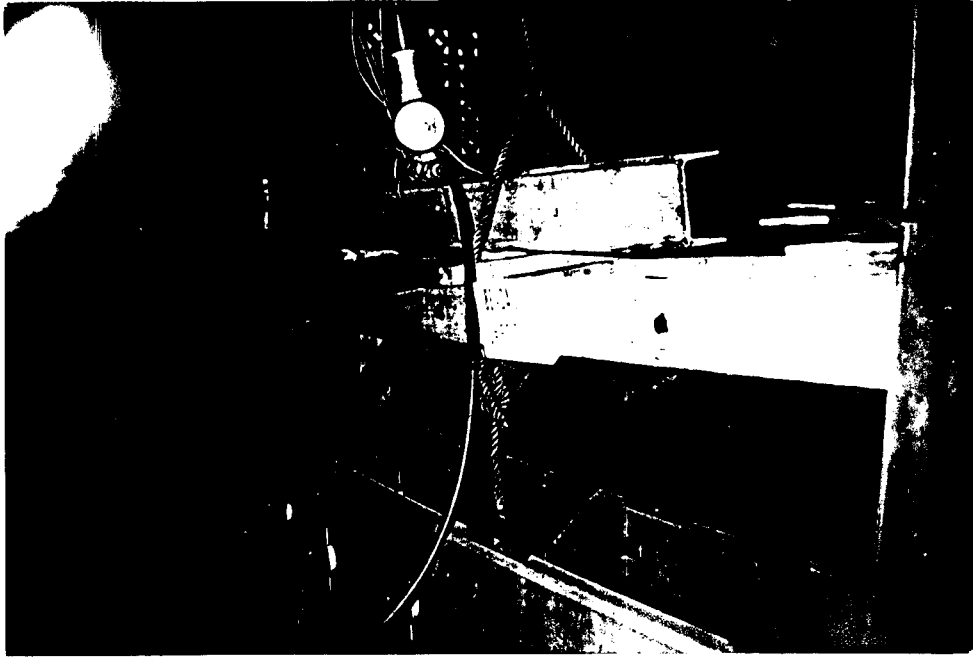
Gambar 3.6 Pemasangan Dial Gauge Benda Uji 3 (Struktur Rangka Batang
Komposit Pipa Baja-Kayu $\alpha_3 = 58^\circ$)



Gambar 3.7 Pemasangan Balok Pembagi Beban dan *Hidraulic Jack*



Gambar 3.8 Pengujian Kuat Tarik Baja



Gambar 3.9 Kerusakan Tekuk Pada Batang Diagonal

KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

NO.	N A M A	NO. MHS.	BID.STUDI
1	Akhmad Deni P.	97511086	Teknik Sipil
2	Harry Kurniawan	97511049	Teknik Sipil

JUDUL TUGAS AKHIR :

.....
 ..Perilaku Struktur Rangka batang komposit baja dengan kayu

PERIODE III : MARET - AGUSTUS

TAHUN : 2002 / 2003

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. Susastrawan, MS.
 DOSEN PEMBIMBING II : ...Ir. Fatkhurrahman N., MT.



Yogyakarta, ...24 Maret 2003

Ca.n Dekan,

(.....Ir. H. Munadhir, MS.....)

Catatan.

Seminar :
 Sidang :
 Pendadaran :

de hoil puelits ?

$$\textcircled{e} = \frac{EI}{L^3} =$$

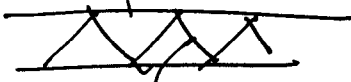
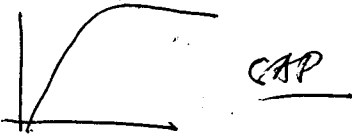
Dilampirkan ke DPT

Ace,

27/01-2004

Jusari
2004
5/02

CATATAN KONSULTASI TUGAS AKHIR

NO	TANGGAL	CATATAN KONSULTASI	TANDA TANGAN
		Tulis B heik	M 21/03-2003
		Dilampirkan ke DPT	
		Reker (buku solid)	M 07/04-2003
		M 27/06 2003	
		Caraka teori	M 12/04-2002
		Ace	
		Variasi sudut berpagas	
		thk ? (L/r) Perhaya	
			M 17/04-2003
		? (L/r) Perbagi	
		Dilampirkan ke DPT	M 21/04-2003
		Ace proposal	
		M 22-01-2004	
		Sipin Semmar	M 28/4 2003
		Diper P-D	
			
		graph dibetulkan !!	M 10/6/2003
		Perbaikan parca Teori undatan	M
		pendekatan tumpukan = 14/EI	23/06-2003
		akhir: Dilampirkan ke DPT	
		Ace ke DPT	
		15/3	
		15/03-2004	
		lamb → tebal ?	
		→ = lamb Cap sum of elms	

Ace
Jusari
15/3