

**TUGAS AKHIR**  
**PERILAKU GABLE FRAME DARI PROFIL**  
**BENTUKAN DINGIN**

**Diajukan kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi sebagian  
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Teknik sipil**



**Disusun Oleh :**

**ALI SADIKIN            96 310 275**

**AFAN ALFANI           97 511 230**

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

**LEMBAR PENGESAHAN**  
**PERILAKU GABLE FRAME DARI PROFIL**  
**BENTUKAN DINGIN**

**Disusun Oleh :**

**Nama : Ali Sadikin**

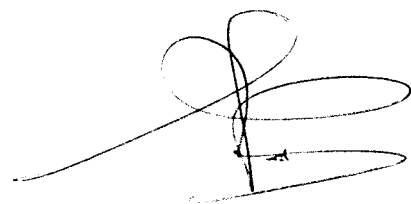
**No. Mhs : 96 310 275**

**Nama : Afan Alfani**

**No. Mhs : 97 511 230**

**Telah diperiksa dan disetujui oleh :**

**Ir. H. Sarwidi, MSCE, PhD.**  
**Dosen Pembimbing I**



**Tanggal : 26/12/2023**

**Ir. Fatkhurrahman N., MT.**  
**Dosen Pembimbing II**



**Tanggal : 26/12 2023**

## MOTTO

*Sesungguhnya sesudah kesulitan ada kemudahan. Maka apabila kamu telah selesai (urusan dunia) bersungguh-sungguhlah dalam beribadah. Dan hanya kepada Tuhanmulah berharap.*

*(Q.S Al-Insyirah : 6-8)*

*Dan katakanlah : "Bekerjalah kamu maka Allah dan Rasul-Nya serta orang-orang mu'min akan melihat pekerjaanmu itu dan kamu akan dikembalikan kepada Allah yang mengetahui akan yang ghaib dan yang nyata, lalu diberitakan-Nya kepada kamu apa yang telah kamu kerjakan".*

*(Q.S At-Taubah : 105)*

## HALAMAN PERSEMBAHAN

*KAMI PERSEMBAHKAN TUGAS AKHIR INI KEPADA :*

*ABAH DAN MAMA YANG TERKASIH*

*SELURUH KELUARGA KAMI*

*ALMAMATER TERCINTA UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA*

*BANGSA DAN NEGARA*

*ISLAM KHUSUSNYA YANG MENERANGI HIDUP KAMI*

*SEMOGA TUGAS AKHIR INI BERMANFAAT BAGI KITA SEMUA*

*AMIN...*

## KATA PENGANTAR

*Assalamu'alaikum Wr.Wb*

Dengan nama Allah Yang Maha Pemurah lagi Maha Penyayang. Segala puji bagi Allah Tuhan semesta alam yang telah melimpahkan rahmat dan hidayahnya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berupa penelitian. Shalawat dan salam semoga terlimpah kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW beserta para keluarga, sahabat dan pengikut-pengikutnya hingga akhir zaman.

Tugas Akhir ini berjudul **“PERILAKU GABLE FRAME DARI PROFIL BENTUKAN DINGIN”**, kami ajukan sebagai syarat guna memperoleh jenjang kesarjanaan strata satu (S-1) pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Penyelesaian Tugas Akhir ini tidak terlepas dari dukungan dan bantuan dari berbagai pihak yang telah memberikan motivasi dalam menghadapi hambatan yang terjadi selama pelaksanaan penelitian dan penyusunan laporan, untuk itu penulis dengan ketulusan hati mengucapkan terima kasih kepada :

1. Abah dan mama tercinta yang telah memberikan doa restu dan pendanaan sehingga Tugas Akhir ini dapat terlaksana sampai selesai,

2. Bapak Ir. H. Sarwidi, MSCE, Ph.D, selaku dosen pembimbing I yang telah meluangkan waktunya untuk membimbing penulis dan memberikan konsep-konsep dasar tentang penulisan,
3. Bapak Ir. Fatkhurrahman Nursodik, MT, selaku dosen pembimbing II yang telah membimbing penulis dari awal hingga selesai penulisan,
4. Bapak Ir. H. Ilman Noor, MSCE, selaku dosen penguji,
5. Bapak Prof. Ir. H. Widodo, MSCE, Ph.D, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia,
6. Bapak Ir. H. Munadhir, MS, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia,
7. Bapak Ir. Ilman Noor, MSCE, selaku Kepala Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik,
8. Mas Aris karyawan Laboratorium Mekanika Rekayasa yang telah banyak memberikan bantuan baik tenaga maupun dorongan moril,
9. Teman-teman di Jurusan Teknik Sipil yang telah memberikan masukan dan dorongan semangat,
10. Staf dan karyawan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia,
11. Semua pihak yang telah membantu selama pelaksanaan penelitian dan penyusunan laporan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari Tugas Akhir ini masih banyak kekurangannya, untuk itu penulis mengharapkan saran dan kritik demi sempurnanya laporan ini. Penulis

berharap laporan Tugas Akhir ini bermanfaat bagi mahasiswa teknik sipil khususnya dan pembaca pada umumnya.

Akhir kata semoga rahmat dan hidayah dari Allah SWT selalu terlimpah kepada kita semua, sehingga kita senantiasa berada pada jalan yang diridhoi-Nya dan selalu bersyukur atas segala nikmat yang telah diberikan. Amiin...

*Wabillahittaufiq wal hidayah*

*Wassalamu'alikum Wr.Wb.*

Jogjakarta, Agustus 2003

Penyusun

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN MOTTO</b> .....	iii
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	iv
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	v
<b>DAFTAR ISI</b> .....	viii
<b>DAFTAR SIMBOL</b> .....	xii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiv
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xvi
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xix
<b>ABSTRAKSI</b> .....	xx
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	2
1.4 Manfaat Penelitian .....	3
1.5 Batasan Masalah .....	3
1.6 Metode Penelitian .....	4



<b>BAB II</b>	<b>TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	5
<b>BAB III</b>	<b>LANDASAN TEORI</b> .....	8
	3.1 <i>Gable Frame</i> dari Profil Berdinding Tipis .....	8
	3.2 Kombinasi Gaya Tekan Aksial dan Momen Lentur .....	9
	3.3 Tegangan Kritis Plat .....	19
	3.4 Hubungan Beban-Lendutan ( $P-\Delta$ ) .....	22
	3.5 Hubungan Momen-Kelengkungan ( $M-\phi$ ) .....	23
	3.6 Hipotesis .....	26
<b>BAB IV</b>	<b>METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	27
	4.1 Metode Penelitian .....	27
	4.2 Bahan dan Alat .....	27
	4.2.1 Bahan Penelitian .....	27
	4.2.2 Peralatan Penelitian .....	28
	4.3 Pembuatan Sampel .....	33
	4.4 Pengujian Sampel .....	36
	4.5 Analisis Hasil Pengujian .....	38
<b>BAB V</b>	<b>HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN</b> .....	39
	5.1 Hasil Pengujian .....	39
	5.1.1 Hasil Uji Pendahuluan .....	39
	5.1.2 Hasil Pengujian Sampel <i>Gable Frame</i> .....	40
	5.2 Pembahasan .....	43

5.2.1 Uji Pendahuluan.....	43
5.2.2 Pengujian <i>Gable Frame</i> .....	45
5.2.2.1 Kapasitas <i>Gable Frame</i> ditinjau dari Hubungan Beban-Lendutan ( $P-\Delta$ ) .....	45
5.2.2.1.1 Kapasitas <i>Gable Frame</i> dari Variasi Sudut Kemiringan Rafter .....	46
5.2.2.1.2 Kapasitas <i>Gable Frame</i> dari Variasi Susunan penampang Komponen .....	48
5.2.2.2 Perbandingan Kapasitas <i>Gable Frame</i> Hasil Penelitian untuk Semua Variasi yang ditinjau dari Hubungan Beban-Lendutan .....	51
5.2.2.3 Kapasitas <i>Gable Frame</i> ditinjau dari Hubungan Momen-Kelengkungan.....	53
5.2.2.4 Perbandingan Kapasitas <i>Gable Frame</i> Hasil Penelitian untuk Semua Variasi yang ditinjau dari Hubungan Momen-Kelengkungan.....	55
5.2.2.5 Perbandingan Kekuatan <i>Gable Frame</i> dari Hasil Pengujian dengan Hasil Teoritis .....	59
5.2.2.5.1 Ditinjau dari Variasi Sudut Kemiringan Rafter.....	59
5.2.2.5.2 Ditinjau dari Variasi Susunan Penampang Komponen .....	63

5.2.2.6 Perbandingan Hasil Pengujian <i>Gable Frame</i> dari Profil Bentukan Dingin dengan Hasil Pengujian <i>Gable Frame</i> dari Kayu .....	65
<b>BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>70</b>
6.1 Kesimpulan .....	70
6.2 Saran.....	72
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR SIMBOL

$A_g$	: luas total penampang profil
$b$	: lebar penampang profil
$t$	: tebal penampang profil
$S$	: modulus penampang
$Z$	: modulus plastis
$E$	: modulus elastisitas
$\epsilon$	: regangan
$I$	: momen inersia
$r$	: jari-jari inersia
$L$	: panjang batang
$k$	: koefisien tekuk plat
$\alpha$	: sudut pertemuan antara kolom dengan rafter
$P$	: beban aksial
$M$	: momen
$y$	: lenturan pada suatu titik
$P_y$	: beban leleh
$P_e$	: beban Euler
$P_{cr}$	: beban kritis

$F_y$	: tegangan leleh
$F_{cr}$	: tegangan kritis
$K$	: faktor panjang efektif batang
$Q$	: faktor bentuk plat
$C_w$	: konstanta puntir terpilin
$G$	: modulus geser
$J$	: konstanta puntir
$B_1$	: faktor pembesaran momen
$\mu$	: angka poisson
$\varphi$	: kelengkungan
$\rho$	: jari-jari kelengkungan
$\Delta$	: lendutan / defleksi

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	<i>Gable frame</i> dan penampang komponennya.....	9
Gambar 3.2	Beban yang umum pada balok-kolom.....	10
Gambar 3.3	Momen ujung tanpa beban transversal.....	13
Gambar 3.4	Beban transversal terdistribusi merata .....	14
Gambar 3.5	Kurva interaksi kekuatan batas .....	17
Gambar 3.6	Plat yang ditekan secara merata .....	20
Gambar 3.7	Koefisien tekuk elastis untuk tekanan pada plat segi empat datar.....	21
Gambar 3.8	Hubungan beban-lendutan .....	22
Gambar 3.9	Deformasi segmen balok dalam lenturan.....	23
Gambar 3.10	Hubungan momen-keleengkungan .....	25
Gambar 4.1	Mesin uji kuat geser dan kuat tarik .....	29
Gambar 4.2	Dukungan yang digunakan pada penelitian .....	29
Gambar 4.3	<i>Loading frame</i> .....	30
Gambar 4.4	<i>Hidraulic jack</i> .....	31
Gambar 4.5	<i>Dial gauge</i> .....	32
Gambar 4.6	Sampel kuat tarik baja.....	33
Gambar 4.7	Sampel kuat geser las.....	33

Gambar 4.8	Susunan penampang komponen <i>gable frame</i> .....	34
Gambar 4.9	<i>Gable frame</i> dengan sudut $15^0$ .....	35
Gambar 4.10	<i>Gable frame</i> dengan sudut $25^0$ .....	35
Gambar 4.11	Perletakan <i>dial gauge</i> pada <i>gable frame</i> .....	37
Gambar 5.1	Hubungan Beban-Lendutan ( $P-\Delta$ ).....	46
Gambar 5.2	Hubungan Momen-Kelengkungan ( $M-\Phi$ ).....	54
Gambar 5.3	Perbandingan $P_{cr}$ Hasil Teoritis dengan Hasil Penelitian.....	61
Gambar 5.4	Hubungan $P-\Delta$ <i>gable frame</i> kayu dan <i>gable frame</i> baja .....	67

## DAFTAR TABEL

Tabel 5.1 Hasil pengujian kuat tarik baja.....	40
Tabel 5.2 Hasil pengujian kekuatan las.....	40
Tabel 5.3 Hasil pengujian sampel 1 .....	41
Tabel 5.4 Hasil pengujian sampel 2 .....	41
Tabel 5.5 Hasil pengujian sampel 3 .....	42
Tabel 5.6 Hasil pengujian sampel 4 .....	43
Tabel 5.7 Mutu bahan benda uji.....	44
Tabel 5.8 Kekuatan sambungan las.....	44
Tabel 5.9 Kekakuan dengan variasi sudut kemiringan <i>rafter</i> dari hubungan $P-\Delta$ .....	47
Tabel 5.10 Daktilitas simpangan dengan variasi sudut kemiringan <i>rafter</i> dari hubungan $P-\Delta$ .....	48
Tabel 5.11 Kekakuan dengan variasi susunan penampang komponen dari hubungan $P-\Delta$ .....	50
Tabel 5.12 Daktilitas simpangan dengan variasi susunan penampang komponen dari hubungan $P-\Delta$ .....	51



Tabel 5.13 Kekakuan dari hubungan $P-\Delta$ untuk semua sampel.....	53
Tabel 5.14 Daktilitas simpangan untuk semua sampel dari hubungan $P-\Delta$ .....	53
Tabel 5.15 Kekakuan dari variasi susunan penampang komponen.....	56
Tabel 5.16 Kekakuan dari variasi sudut kemiringan <i>rafter</i> .....	57
Tabel 5.17 Kekakuan dari berbagai variasi.....	57
Tabel 5.18 Daktilitas kelengkungan dengan variasi susunan penampang komponen.....	58
Tabel 5.19 Daktilitas kelengkungan dari variasi sudut kemiringan <i>rafter</i> .....	58
Tabel 5.20 Daktilitas kelengkungan dengan berbagai variasi.....	59
Tabel 5.21 Perbandingan beban kritis hasil teoritis dari variasi sudut kemiringan <i>rafter</i> dengan susunan penampang $I_{badan} > I_{sayap}$ .....	60
Tabel 5.22 Perbandingan beban kritis hasil teoritis dari variasi sudut kemiringan <i>rafter</i> dengan susunan penampang $I_{badan} > I_{sayap}$ .....	60
Tabel 5.23 Perbandingan beban kritis hasil <i>teoritis</i> dengan hasil penelitian dengan susunan penampang $I_{badan} > I_{sayap}$ .....	62
Tabel 5.24 Perbandingan beban kritis hasil teoritis dengan hasil penelitian dengan susunan penampang $I_{badan} > I_{sayap}$ .....	62
Tabel 5.25 Perbandingan beban kritis hasil penelitian variasi susunan penampang.....	63

Tabel 5.26 Perbandingan kekuatan hasil teoritis dengan hasil penelitian dari variasi susunan penampang komponen.....	64
Tabel 5.27 Kekakuan <i>gable frame</i> kayu dan <i>gable frame</i> baja.....	65
Tabel 5.28 Perbandingan kekakuan <i>gable frame</i> kayu dengan <i>gable frame</i> baja.....	68
Tabel 5.29 Perbandingan daktilitas <i>gable frame</i> kayu dengan <i>gable frame</i> baja.....	69

## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 : Surat-surat tugas akhir
- Lampiran 2 : Data pemeriksaan uji tarik baja
- Lampiran 3 : Perhitungan modifikasi tegangan tekan ijin
- Lampiran 4 : Perhitungan gaya batang dengan Sap
- Lampiran 5 : Analisis *gable frame* teoritis
- Lampiran 6 : Foto-foto pengujian

## **ABSTRAKSI**

*Komponen gable frame dari profil bentukan dingin dibentuk dari dua profil Light Lip Channel yang disatukan front to front sehingga membentuk penampang kotak. Profil Light Lip Channel terbentuk dari plat tipis yang rawan terhadap tekuk lokal karena memiliki rasio lebar terhadap tebal besar. Kapasitas Gable frame dari profil bentukan dingin dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya sudut kemiringan rafter (sudut  $\alpha$ ) dan susunan penampang komponen yang berhubungan dengan penggunaan sumbu lentur komponen.*

*Penelitian tentang gable frame dari profil bentukan dingin dilaksanakan untuk mengetahui kekuatan gable frame, daktilitas dan kekakuan pada gable frame dengan variasi sudut kemiringan rafter (sudut  $\alpha$ ) dan variasi susunan penampang komponen, membandingkan lendutan dan kekakuan dari hasil penelitian dengan hasil teoritis, membandingkan kapasitas gable frame kayu dengan gable frame baja dari profil bentukan dingin dan mengetahui pola kegagalan yang terjadi pada gable frame dari profil bentukan dingin. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan masukan kepada semua pihak yang membutuhkan informasi tentang gable frame.*

*Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah : studi pustaka dari berbagai buku dan literature, perumusan masalah, tujuan, pembatasan terhadap permasalahan dan hipotesis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa struktur gable frame dari profil bentukan dingin yang menggunakan sudut kemiringan rafter (sudut  $\alpha$ ) yang besar dan susunan penampang komponennya konstan memiliki kapasitas yang lebih besar daripada struktur gable frame dengan sudut  $\alpha$  yang kecil. Ditinjau dari variasi susunan penampang komponen, struktur gable frame yang komponennya disusun dengan  $I_{badan} \cdot I_{sayap}$  mampu memikul beban maksimum lebih besar, kekakuan dan daktilitasnya juga lebih besar daripada struktur gable frame yang penampang komponennya disusun dengan  $I_{badan} \cdot I_{sayap}$ . Kekakuan hasil teoritis lebih besar daripada kekakuan hasil penelitian dan kekakuan gable frame kayu lebih besar daripada kekakuan gable frame baja dari profil bentukan dingin, tetapi daktilitas gable frame baja dari profil bentukan lebih besar daripada daktilitas gable frame kayu. Pola kegagalan yang terjadi pada gable frame dalam penelitian ini adalah tekuk lokal, sehingga kekuatan komponen gable frame berkurang.*

# BAB I

## PENDAHULUAN

Uraian yang akan dikemukakan dalam bab ini meliputi : latar belakang, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian dan metode penelitian.

### 1.1 Latar Belakang

*Gable frame* merupakan suatu struktur rangka kaku yang terdiri dari *rafter* (balok miring) dan kolom. Semua komponen struktur pada *gable frame* memikul kombinasi gaya tekan aksial dengan momen lentur sehingga komponen pada *gable frame* dapat dipandang sebagai balok-kolom. Perilaku *gable frame* dari profil bentukan dingin dipengaruhi banyak faktor, antara lain : geometri struktur yang terdiri dari tinggi kolom, sudut kemiringan *rafter* (sudut  $\alpha$ ), panjang bentang dan geometri komponen.

Sudut  $\alpha$  yang merupakan sudut kemiringan *rafter* pada *gable frame* berpengaruh terhadap kekuatan dan kekakuan struktur *gable frame*. Kekuatan struktur *gable frame* juga dipengaruhi oleh susunan penampang komponen. Perbedaan susunan penampang komponen berpengaruh terhadap sumbu lentur komponen, sehingga menyebabkan kekuatan struktur *gable frame* berbeda. Komponen *gable frame* dari profil bentukan dingin dibentuk dari plat baja tipis dalam keadaan dingin

dengan tebal tidak lebih dari 1 in. Profil ini rawan terhadap tekuk lokal karena elemen plat pembentuk penampang mempunyai rasio lebar terhadap tebal ( $b/t$ ) relatif besar. Kekuatan batang tekan dari profil bentukan dingin yang didasarkan pada angka kelangsingan keseluruhan hanya dapat tercapai jika elemen plat pada profil tersebut tidak terjadi tekuk lokal. Tekuk lokal elemen plat dapat menyebabkan elemen yang tertekuk tidak dapat lagi memikul beban yang harus diterimanya. Jadi, struktur *gable frame* dari profil bentukan dingin rawan terhadap tekuk lokal yang dapat mengakibatkan tegangan menjadi tidak merata dan mengurangi kekuatan pada seluruh komponen struktur tersebut.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka permasalahan-permasalahan yang terjadi disebabkan karena :

1. adanya variasi sudut kemiringan rafter (sudut  $\alpha$ ),
2. adanya variasi susunan penampang komponen dan
3. penampang komponen rawan terhadap tekuk lokal (*local buckling*)

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah :

- 1) mengetahui kekuatan struktur *gable frame* dari profil tersusun penampang kotak yang disatukan secara *front to front* dengan membandingkan variasi sudut kemiringan *rafter* (sudut  $\alpha$ ) dan variasi susunan penampang komponen,

- 2) membandingkan kekakuan dan daktilitas struktur *gable frame* dengan variasi sudut kemiringan *rafter* (sudut  $\alpha$ ) dan variasi susunan penampang komponen,
- 3) membandingkan lendutan dan kekakuan dari hasil pengujian *gable frame* dengan hasil teoritis,
- 4) membandingkan kapasitas dari hasil *gable frame* kayu dengan hasil *gable frame* dari bentukan dingin dengan sudut kemiringan *rafter* dan susunan komponen yang sama dan
- 5) mengetahui pola kegagalan yang terjadi pada struktur *gable frame* dari profil bentukan dingin berupa profil tersusun penampang kotak yang disatukan secara *front to front*.

#### **1.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah untuk memberikan masukan atau informasi kepada semua pihak yang membutuhkan, khususnya pihak yang berhubungan dengan teknik sipil demi kemajuan pendidikan dan pembangunan di Indonesia.

#### **1.5 Batasan Masalah**

Permasalahan yang akan timbul pada penelitian ini cukup luas, maka batasan penelitian diperlukan agar penelitian ini dapat terarah sesuai dengan maksud dan tujuan penelitian, batasan-batasan penelitian ini adalah :

1. profil yang digunakan adalah profil *Light Lip Channels* yang disatukan secara *front to front* berbentuk penampang kotak

2. jenis tumpuan dianggap dukungan sendi-rol
3. alat sambung yang digunakan adalah alat sambung las
4. *gable frame* dibebani dengan beban aksial vertikal secara bertahap
5. menggunakan variasi sudut kemiringan *rafter* (sudut  $\alpha$ ) pada *gable frame* sebesar  $25^0$  dan  $15^0$  dan variasi susunan penampang komponen.

### 1.6 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini meliputi :

1. studi pustaka dari berbagai buku dan literatur,
2. perumusan masalah, tujuan, pembatasan terhadap permasalahan dan hipotesis,
3. menentukan dimensi penampang batang yang akan digunakan pada penelitian,
4. membuat benda uji pendahuluan,
5. membuat struktur *gable frame* sebagai sampel,
6. melakukan pengujian pendahuluan di laboratorium Bahan Konstruksi Teknik,
7. melakukan pengujian sampel *gable frame* di laboratorium Mekanika Rekayasa,
8. analisis hasil pengujian dan
9. kesimpulan



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

Prosedur untuk menghitung dan mendisain *gable frame* hampir sama dengan rangka kaku bentuk persegi. *Gable frame* adalah bentuk khusus dari rangka kaku. Perhitungan pada *gable frame* lebih kompleks daripada rangka kaku bentuk persegi (Crawley dan Dillon, 1987).

Prinsip mendisain komponen dari bentukan dingin pada dasarnya hampir sama dengan mendisain komponen dari profil giling. Ciri yang paling penting dari komponen elemen plat adalah mempunyai rasio lebar terhadap tebal lebih besar dan biasanya menggunakan kekuatan purna-tebuk plat. Konsep lebar efektif dan luas efektif dipakai dalam mendisain komponen ini (Tall, 1974).

Profil giling dan profil tersusun terdiri dari elemen-elemen plat, kekuatan penampang kolom yang didasarkan pada angka kelangsingan keseluruhan hanya dapat tercapai jika elemen plat tersebut tidak tertekuk setempat. Tekuk setempat elemen plat dapat mengakibatkan kehancuran penampang keseluruhan yang terlalu dini, atau paling sedikit menyebabkan tegangan menjadi tak merata dan mengurangi kekuatan keseluruhan (Salmon dan Johnson, 1991).

Jika plat terlalu tipis diukur oleh perbandingan  $h/t$  (analog  $KL/r$  untuk kolom), maka plat badan tersebut akan tertekuk. Di tempat dimana perbandingan  $h/t$  cukup

kecil, maka tekukan badan tidak akan terjadi dibawah gaya lintang sebelum terjadi luluh gaya lintang (Bowles,1985).

Untuk angka kelangsingan yang sama, penampang kolom profil H yang hanya diijinkan melentur dalam arah kuat dapat memikul beban yang lebih besar daripada kolom yang diijinkan melentur dalam arah lemah (Salmon dan Johnson, 1991).

Konsep dasar kekakuan dapat diilustrasikan dari perilaku pegas yang diberi beban aksial. Beban aksial yang bekerja pada pegas menyebabkan perubahan panjang pegas dan kekakuan didapat dari perbandingan antara beban yang bekerja dengan dengan lendutan yang terjadi (Ketter dkk, 1979).

Hubungan antara momen dengan kelengkungan diberikan oleh persamaan elastis yaitu kekakuan lentur berbanding lurus dengan momen dan berbanding terbalik dengan kelengkungan (Park dan Paulay, 1975).

Daktilitas simpangan berbanding lurus dengan lendutan maksimum dan berbanding terbalik dengan lendutan pada saat beban leleh pertama tercapai. Daktilitas kelengkungan didapat dari perbandingan antara kelengkungan maksimum kelengkungan pada saat momen leleh pertama tercapai (Park dan Paulay, 1975).

Suatu batang yang menderita beban tekan aksial dan momen lentur bersamaan dinamakan balok-kolom. Akibat momen lentur batang tersebut berperilaku sebagai balok, dilain pihak dengan adanya desak aksial menjadikan batang tersebut berperilaku sebagai kolom (Padosbajayo,1991).

Balok dukungan sederhana yang diberi beban memiliki suatu titik yang momennya maksimum. Semakin besar beban yang diberikan, semakin besar pula momennya. Jika beban besar, material akan terdeformasi semakin cepat dan defleksinya juga semakin besar (Beedle, 1958).

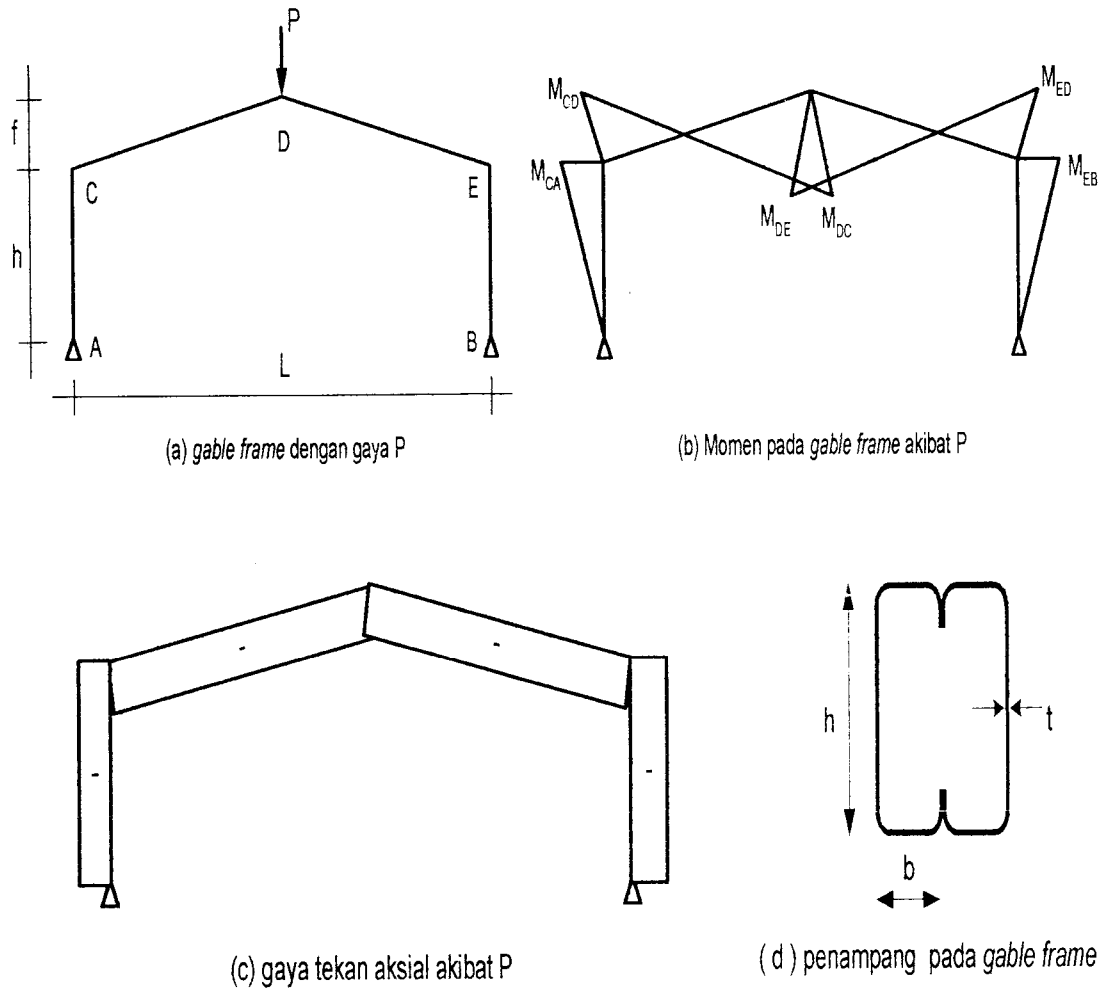
## **BAB III**

### **LANDASAN TEORI**

Bab ini akan mengemukakan tentang : *gable frame* dari profil berdingding tipis, kombinasi gaya tekan aksial dan momen lentur, tegangan kritis plat, hubungan beban-lendutan, hubungan momen-kelengkungan dan hipotesis.

#### **3.1 Gable Frame dari Profil Berdingding Tipis**

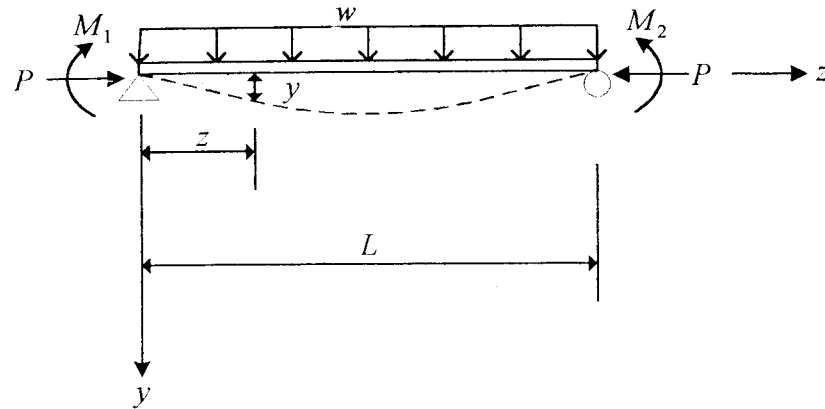
Semua penampang komponen pada struktur *gable frame*, baik penampang profil giling ataupun penampang profil tersusun, terdiri dari elemen-elemen plat. Profil berdingding tipis dibentuk dari plat baja tipis yang mempunyai rasio lebar terhadap tebal ( $b/t$ ) besar, seperti Gambar 3.1d. Semua komponen pada struktur *gable frame* memikul kombinasi momen lentur dan gaya tekan aksial. Suatu batang yang menderita beban tekan aksial dan momen lentur bersamaan dinamakan balok-kolom. Akibat momen lentur batang berperilaku sebagai balok, seperti Gambar 3.1b, dilain pihak dengan adanya gaya tekan aksial menjadikan batang tersebut berperilaku sebagai kolom, seperti Gambar 3.1c.



**Gambar 3.1** *Gable frame* dan penampang komponennya

### 3.2 Kombinasi Gaya Tekan Aksial dan Momen Lentur

Salmon dan Johnson, (1995) mengemukakan persamaan differensial untuk batang yang menerima kombinasi tekan aksial dan momen lentur.



**Gambar 3.2** Beban yang umum pada balok-kolom

Tinjau kasus umum pada Gambar 3.1, momen  $M_z$  dipenampang sejarak  $z$  dari tumpuan adalah

$$M_z = M_i + Py = -EI \frac{d^2 y}{dz^2} \dots\dots\dots (3.1)$$

ruas kiri dan ruas kanan persamaan 3.1 dibagi dengan  $EI$ , didapat

$$\frac{d^2 y}{dz^2} + \frac{P}{EI} y = -\frac{M_i}{EI} \dots\dots\dots (3.2)$$

Turunan ke dua persamaan 3.2 keperubah  $z$  adalah

$$\frac{d^4 y}{dz^4} + \frac{P}{EI} \frac{d^2 y}{dz^2} = -\frac{1}{EI} \frac{d^2 M_i}{dz^2} \dots\dots\dots (3.3)$$

Dari persamaan 3.1 didapat

$$\frac{d^2 y}{dz^2} = -\frac{M_z}{EI} \dots\dots\dots (3.4)$$

Turunan ke dua persamaan 3.4

$$\frac{d^4 y}{dz^4} = -\frac{1}{EI} \frac{d^2 M_z}{dz^2} \dots\dots\dots (3.5)$$

Substitusi persamaan 3.4 dan persamaan 3.5 ke persamaan 3.3

$$-\frac{1}{EI} \frac{d^2 M_z}{dz^2} + \frac{P}{EI} \left( \frac{-M_z}{EI} \right) = -\frac{1}{EI} \frac{d^2 M_i}{dz^2} \dots\dots\dots (3.6)$$

Dengan memisalkan  $k^2 = P/EI$ , persamaan 3.6 dapat disederhanakan menjadi

$$\frac{d^2 M_z}{dz^2} + k^2 M_z = \frac{d^2 M_i}{dz^2} \dots\dots\dots (3.7)$$

Solusi persamaan 3.7 dengan asumsi  $M_z = A \sin kz + B \cos kz$  menghasilkan

$$M_z = A \sin kz + B \cos kz + f_1(z) \dots\dots\dots (3.8)$$

Dengan  $f_1(z)$  = harga  $M_z$  yang memenuhi persamaan 3.7. bila  $M_z$  merupakan fungsi kontinu, harga  $M_z$  maksimum dapat dicari dengan differensial

$$\frac{dM_z}{dz} = 0 = Ak \cos kz - Bk \sin kz + \frac{df_1(z)}{dz} \dots\dots\dots (3.9)$$

Pada kasus pembebanan yang umum dapat dibuktikan bahwa

$$\frac{df_1(z)}{dz} = 0$$

sehingga persamaan umum bagi  $M_z$  maksimum dapat ditentukan dari persamaan 3.9

$$Ak \cos kz - Bk \sin kz \dots\dots\dots (3.10a)$$

atau

$$\text{tg } kz = \frac{A}{B} \dots\dots\dots (3.10b)$$

Pada  $M_z$  maksimum

$$\sin kz = \frac{A}{\sqrt{A^2 + B^2}} \dots\dots\dots (3.11a)$$

$$\cos kz = \frac{B}{\sqrt{A^2 + B^2}} \dots \dots \dots (3.11b)$$

Substitusi persamaan 3.11a dan 3.11b ke persamaan 3.8

$$M_{z_{maks}} = \frac{A^2}{\sqrt{A^2 + B^2}} + \frac{B^2}{\sqrt{A^2 + B^2}} + f_1(z) \dots \dots \dots (3.12a)$$

atau

$$M_{z_{maks}} = \sqrt{A^2 + B^2} + f_1(z) \dots \dots \dots (3.12b)$$

### **Kasus 1 Momen-momen ujung tidak sama besar dan tanpa beban transversal**

Berdasarkan Gambar 3.2, momen primer  $M_i$  dapat dirumuskan sebagai

$$M_i = M_1 + \frac{M_2 - M_1}{L} z \dots \dots \dots (3.13)$$

karena

$$\frac{d^2 M_i}{dz^2} = 0$$

Persamaan 3.7 menjadi persamaan homogen sehingga  $f_1(z)$  dalam persamaan 3.8 sama dengan nol. Jadi, momen maksimum pada persamaan 3.12b adalah

$$M_{z_{maks}} = \sqrt{A^2 + B^2} \dots \dots \dots (3.14)$$

Konstanta A dan B ditentukan dengan menerapkan syarat batas (kondisi ujung) pada persamaan 3.8. Persamaan umumnya adalah

$$M_z = A \sin kz + B \cos kz$$



Dan syaratnya adalah

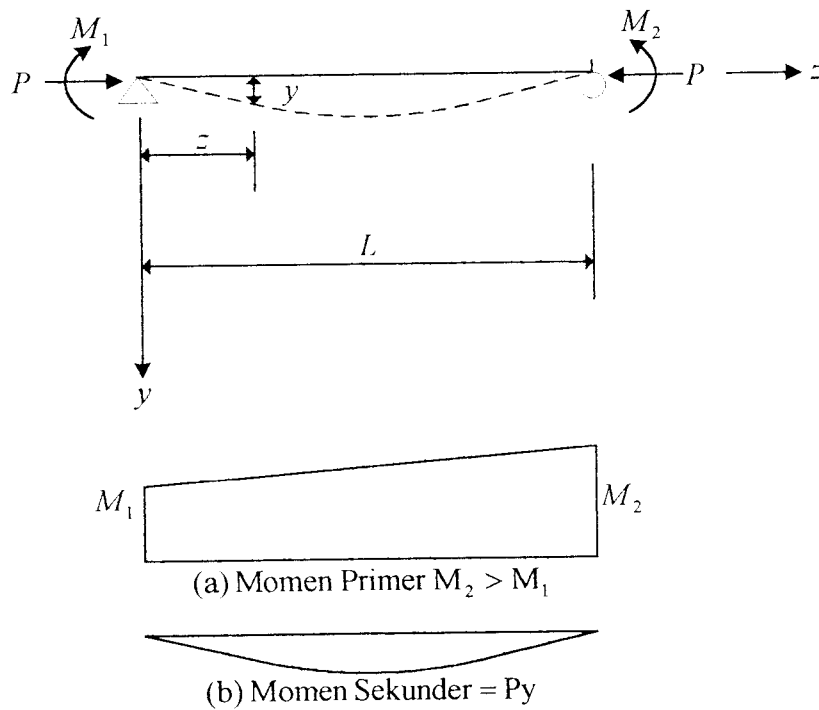
(1) di  $z = 0$ ,  $M_z = M_1$

jadi,  $B = M_1$

(2) di  $z = L$ ,  $M_z = M_2$

$$M_2 = A \sin kL + M_1 \cos kL$$

Jadi,  $A = \frac{M_2 - M_1 \cos kL}{\sin kL}$



**Gambar 3.3** Momen ujung tanpa beban transversal

Sehingga

$$M_z = \left( \frac{M_2 - M_1 \cos kL}{\sin kL} \right) \sin kz + M_1 \cos kz \dots\dots\dots (3.15)$$

dan

$$M_{z_{maks}} = \sqrt{\left(\frac{M_2 - M_1 \cos kL}{\sin kL}\right)^2 + M_1^2} \dots\dots\dots(3.16a)$$

atau

$$M_{z_{maks}} = M_2 \sqrt{\frac{1 - 2(M_1 / M_2) \cos kL + (M_1 / M_2)^2}{\sin^2 kL}} \dots\dots\dots(3.16b)$$

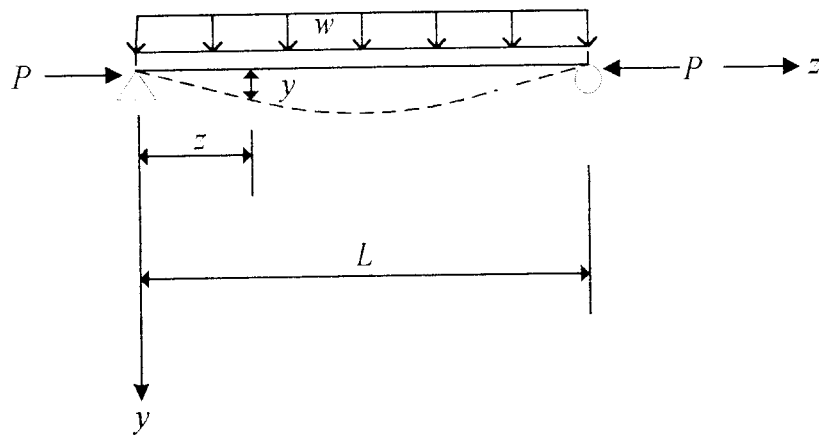
Pernyataan di bawah tanda kurung pada persamaan 3.16b merupakan faktor pembesaran momen, jadi :

$$B_1 = \sqrt{\frac{1 - 2(M_1 / M_2) \cos kL + (M_1 / M_2)^2}{\sin^2 kL}} \dots\dots\dots(3.16c)$$

**Kasus 2 Beban transversal terdistribusi merata**

Mengacu pada Gambar 3.3, momen primer  $M_i$  dapat dirumuskan sebagai

$$M_i = \frac{w}{2} z(L - z) \dots\dots\dots(3.17)$$



**Gambar 3.4** Beban transversal terdistribusi merata

Karena  $\frac{d^2 M_i}{dz^2} = -w$  maka  $f_1(z) \neq 0$ , dengan demikian diperlukan penyelesaian

husus. Andaikan penyelesaian khususnya adalah polynomial  $f_1(z) = C_1 + C_2 z$ ,

kemudian substitusi ke persamaan 3.8 didapat

$$\frac{d^2[f_1(z)]}{dz^2} = 0$$

$$0 + k^2(C_1 + C_2 z) = -w$$

didapat  $C_1 = -\frac{w}{k^2}$  dan  $C_2 = 0$  sehingga persamaan 3.21 menjadi

$$M_z = A \sin kz + B \cos kz - w/k^2 \dots \dots \dots (3.18)$$

Dengan menetapkan syarat batas

$$(1) \text{ di } z = 0 \quad M_z = 0$$

$$0 = B - w/k^2$$

$$\text{jadi, } B = w/k^2$$

$$(2) \text{ di } z = L \quad M_z = 0$$

$$0 = A \sin kL + (w/k^2) \cos kL - (w/k^2)$$

$$\text{jadi, } A = \frac{w}{k^2} \left( \frac{1 - \cos kL}{\sin kL} \right)$$

$$\text{karena } \frac{df_1(z)}{dz} = 0$$

Persamaan 3.12b menghasilkan momen maksimum

$$M_{z_{maks}} = \frac{w}{k^2} \sqrt{\left( \frac{1 - \cos kL}{\sin kL} \right)^2 + 1} - \frac{w}{k^2} \dots \dots \dots (3.19a)$$

atau

$$M_{z_{maks}} = \frac{w}{k^2} \left( \sec \frac{kL}{2} - 1 \right) \dots \dots \dots (3.19b)$$

atau

$$M_{z_{maks}} = \frac{wL^2}{8} \left( \frac{8}{(kL)^2} \right) \left( \sec \frac{kL}{2} - 1 \right) \dots \dots \dots (3.19c)$$

### Kasus 3 Momen-momen ujung sama besar dan tanpa beban transversal

Andaikan  $M_1 = M_2 = M$ , maka persamaan 3.16b dapat dinyatakan

$$M_{z_{maks}} = M \sqrt{\frac{2(1 - \cos kL)}{\sin^2 kL}} \dots \dots \dots (3.20a)$$

Persamaan 3.20a dapat ditulis kembali dalam bentuk

$$M_{z_{maks}} = M \sqrt{\frac{2(1 - \cos kL)}{(1 - \cos^2 kL)}} \dots \dots \dots (3.20b)$$

atau

$$M_{z_{maks}} = M \sec (kL/2)$$

Yang dapat ditulis kembali dalam bentuk

$$M_{z_{maks}} = M \sqrt{\frac{1}{(1 - \cos kL/2)}} \dots \dots \dots (3.20c)$$

Jadi faktor pembesaran akibat gaya tekan aksial adalah

$$B_1 = \sqrt{\frac{1}{(1 - \cos kL/2)}} \dots \dots \dots (3.21)$$

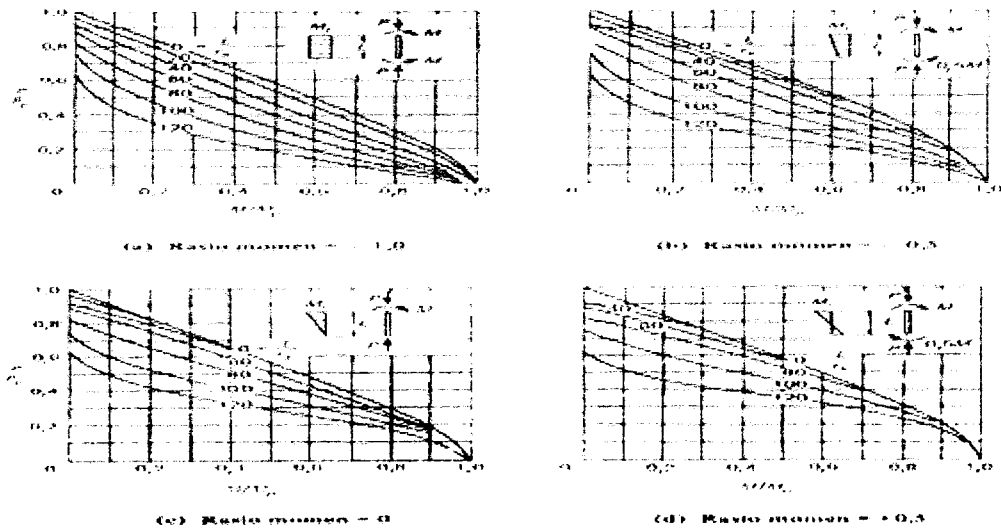
Secara umum faktor pembesaran momen dinyatakan sebagai berikut

$$B_1 = \left( \frac{C_m}{1 - P/P_e} \right) \dots \dots \dots (3.22)$$

nilai  $C_m$  yang digunakan AISC adalah

$$C_m = 0,6 + 0,4 \frac{M_1}{M_2} \dots \dots \dots (3.23)$$

Penyelesaian persamaan differensial untuk batang yang memikul kombinasi tekanan aksial dan momen lentur diatas menunjukkan bahwa pengaruh gaya aksial dan momen tidak dapat dihitung secara terpisah dan kemudian digabungkan dengan superposisi karena hubungannya tidak linier. Rumus Spesifikasi AISC untuk balok-kolom diambil dari persamaan interaksi, persamaan ini mendekati kelakuan yang sebenarnya karena memperhitungkan keadaan stabilitas yang biasanya dijumpai. Kurva interaksi pada Gambar 3.5 akan didekati oleh persamaan interaksi yang sederhana.



**Gambar 3.5** Kurva interaksi kekuatan batas (Salmon dan Johnson, 1995 : 105)

### Kasus 1 Tanpa Ketidak-stabilan

Kurva paling atas pada Gambar 3.4 dimana ketidak-stabilan tidak dapat terjadi yakni  $KL/r = 0$  dapat didekati dengan

$$\frac{P}{P_y} + \frac{M}{1,18M_p} = 1,0 \dots\dots\dots (3.24)$$

dimana  $M/M_p \leq 1,0$ ,  $P_y = A_g F_y$  dan  $M_p =$  momen plastis untuk semua keadaan yang tidak tertekuk secara dini.

### Kasus 2 Ketidak-stabilan pada Bidang Lentur

Kurva interaksi untuk berbagai kombinasi momen dan harga  $L/r_x$  pada Gambar 3.5 dapat didekati dengan

$$\frac{P}{P_{cr}} + \frac{M_E}{M_p(1-P/P_e)} = 1,0 \dots\dots\dots (3.25)$$

dimana  $P_{cr} =$  kekuatan tekuk akibat beban aksial berdasarkan angka kelangsingan

$$P_e = \pi^2 EI/L^2$$

$M_E =$  momen ekuivalen, didapat dari substitusi persamaan 3.20a dengan

$M$  sama dengan  $M_E$  ke persamaan 3.16b menghasilkan

$$M_E = M_2 \sqrt{\frac{(M_1/M_2)^2 - 2(M_1/M_2)\cos kL + 1}{2(1 - \cos kL)}} \dots\dots\dots (3.26)$$

Persamaan interaksi secara umum untuk semua kasus ketidak-stabilan pada bidang lentur dengan mengganti  $M_E$  menjadi  $C_m M_i$  pada persamaan 3.25 dapat ditulis sebagai

$$\frac{P}{P_{cr}} + \frac{C_m M_i}{M_p(1-P/P_e)} = 1,0 \dots\dots\dots (3.27)$$

### Kasus 3 Ketidak-stabilan karena Tekuk Puntir Lateral

Tekuk puntir lateral sebagai balok dapat terjadi pada momen yang lebih kecil dari momen plastis ( $M_p$ ), sehingga  $M_p$  pada persamaan 3.27 perlu diganti dengan  $M_m$  dan didapat

$$\frac{P}{P_{cr}} + \frac{M_i C_m}{M_m (1 - P/P_e)} = 1,0 \dots\dots\dots (3.28)$$

dengan  $P$  = beban tekan aksial yang bekerja

$M_i$  = momen lentur utama yang bekerja

$$P_{cr} = A_g F_{cr}$$

$M_m$  = daya tahan momen maksimum bila beban aksial tidak bekerja

$$P_e = \pi^2 EI/L^2$$

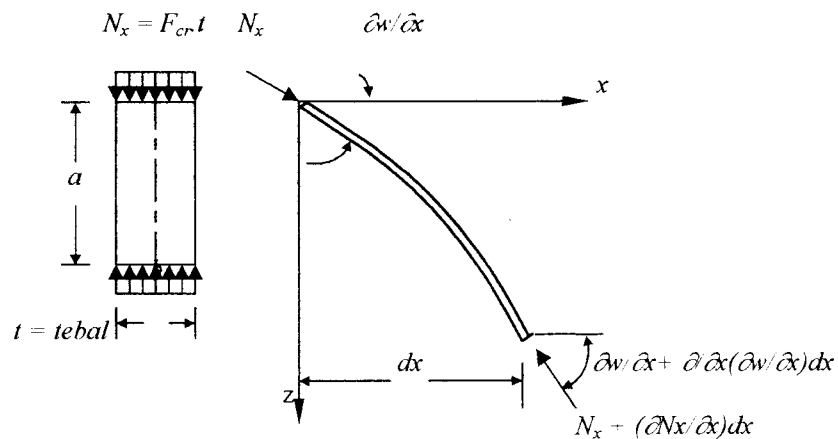
### 3.3 Tegangan kritis plat

Komponen pada struktur gable frame dari profil bentukan dingin terbentuk dari elemen plat yang memiliki rasio  $b/t$  besar yang rawan terhadap tekuk lokal. Tekuk lokal menyebabkan elemen yang tertekuk tidak dapat memikul lagi bagian beban yang harus diterimanya jika komponen struktur harus menerima beban tambahan, dengan kata lain efisiensi penampang lintang berkurang.

Salmon dan Johnson, (1991) mengemukakan persamaan differensial untuk lenturan plat homogen yang digunakan untuk meninjau stabilitas lentur plat, seperti pada persamaan 3.42

$$D \left( \frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} \right) = q \dots\dots\dots (3.29)$$

Dengan  $D$  adalah kekakuan lentur dinding, dimana  $D = E_t^3 / [12 (1 - \mu^2) ]$



**Gambar 3.6** Plat yang ditekan secara merata

Disamping suku  $q$  yang menyatakan komponen beban transversal akibat lenturan plat, komponen transversal dari gaya tekan  $N_x$  ketika plat melendut ke posisi tertekuk perlu ditinjau. Penjumlahan gaya-gaya dalam arah  $z$  pada elemen plat pada Gambar 3.6 dan dengan perhitungan matematik seperti yang diuraikan oleh Salmon dan Johnson,1991 maka didapatkan

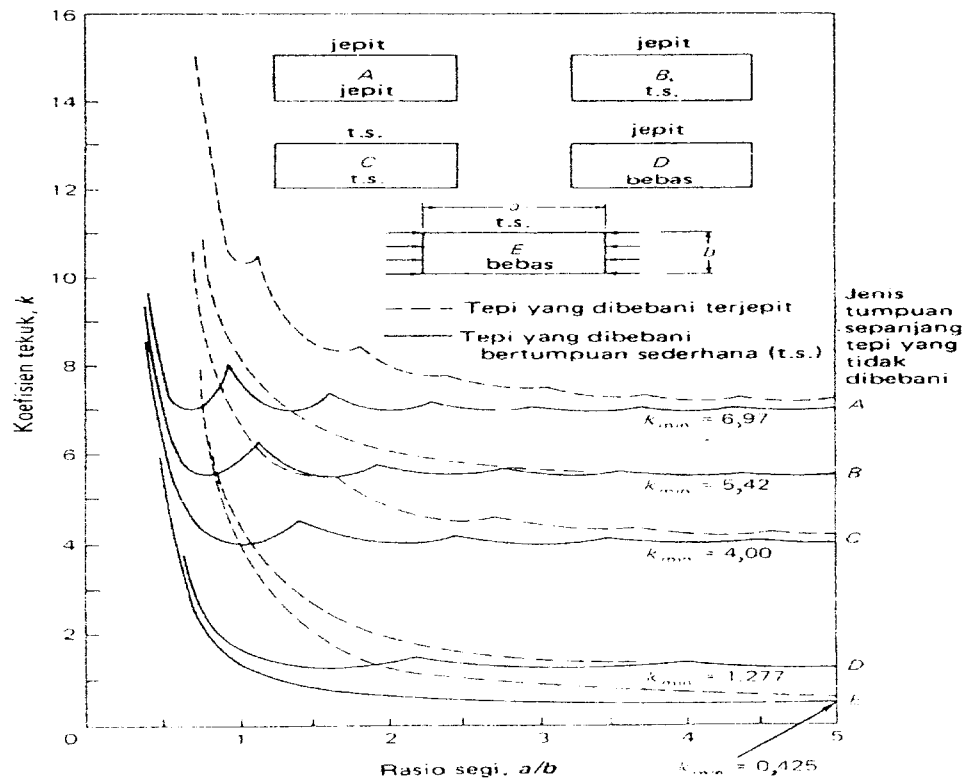
$$F_{cr} = k \frac{\pi^2 E}{12(1 - \mu^2) (b/t)^2} \dots\dots\dots (3.30)$$

Dengan  $k$  adalah konstanta yang tergantung pada jenis tegangan, kondisi tumpuan tepi dan rasio panjang dengan lebar (rasio segi) plat.

Koefisien tekuk  $k$  merupakan fungsi dari jenis tegangan (dalam hal ini tekanan merata pada dua ujung tepi yang berseberangan) dan kondisi tumpuan tepi (dalam hal ini keempat tepi merupakan tumpuan sederhana), disamping rasio segi



(*aspect ratio*)  $a/b$  yang terdapat langsung dalam persamaan. Jadi, nilai  $k$  untuk tiap-tiap penampang berbeda, seperti pada Gambar 3.7.

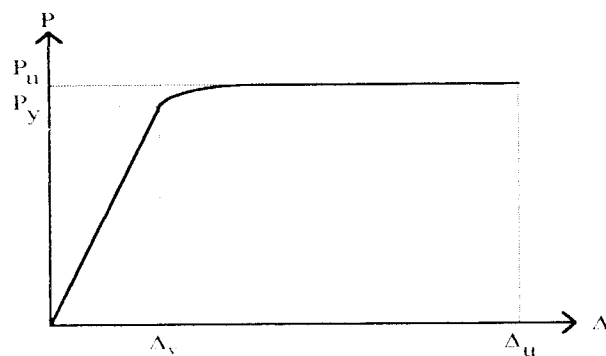


**Gambar 3.7** Koefisien tekuk elastis untuk tekanan pada plat segi empat datar, (Salmon dan Johnson, 1991 : 307)

Elemen tekan plat dibedakan menjadi dua kategori yaitu, elemen yang diperkuat dan elemen yang tidak diperkuat. Elemen yang diperkuat yaitu elemen yang bertumpu sepanjang dua tepi sejajar arah pembebanan dan elemen yang tidak diperkuat adalah elemen yang bertumpu pada satu tepi dan bebas pada tepi yang lain sejajar arah pembebanan. Gambar 3.7 memperlihatkan variasi  $k$  terhadap rasio segi  $a/b$  untuk kondisi tepi ideal yang umum, yaitu jepit, tumpuan sederhana dan bebas.

### 3.4 Hubungan Beban-Lendutan ( $P-\Delta$ )

Lynn S. Beedle, 1958 mengemukakan bahwa balok dukungan sederhana yang diberi beban memiliki satu titik yang momennya maksimum. Semakin besar beban yang diberikan, semakin besar pula momennya. Jika beban besar, material akan terdeformasi semakin cepat dan defleksinya juga semakin besar. Hubungan beban lendutan ditunjukkan pada Gambar 3.8.



**Gambar 3.8** Hubungan beban-Lendutan

Ketter dkk, 1979 mengemukakan bahwa kekakuan didapat dari perbandingan antara beban yang bekerja dengan lendutan yang terjadi, seperti pada persamaan :

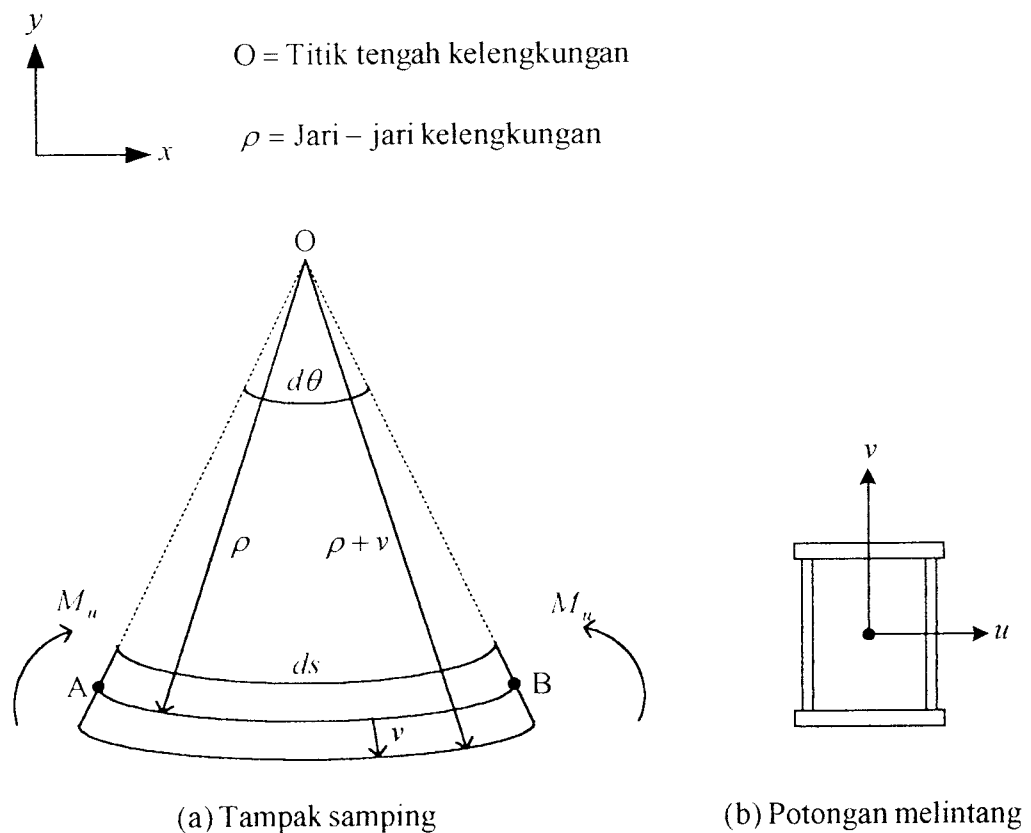
$$k = \frac{P}{\Delta} \dots\dots\dots(3.31)$$

Daktilitas simpangan berbanding lurus dengan lendutan maksimum dan berbanding terbalik dengan lendutan pada saat beban leleh pertama tercapai, seperti pada persamaan :

$$\mu = \frac{\Delta_u}{\Delta_y} \dots\dots\dots(3.32)$$

### 3.5 Hubungan Momen-Kelengkungan ( $M-\phi$ )

Perilaku struktur yang mengalami lentur dapat diketahui dari hubungan momen-kelengkungan yang menggambarkan perilaku balok pada berbagai kondisi. Elemen differensial balok untuk lentur murni ditunjukkan pada Gambar 3.9a. Sumbu  $u$  dan  $v$  pada potongan melintang adalah sumbu utama yang ditunjukkan pada Gambar 3.9b. AB adalah garis netral, pada garis netral ini garis tidak memendek atau memanjang.



**Gambar 3.9** Deformasi segmen balok dalam lenturan

Regangan pada garis netral didapatkan dari persamaan :

$$\varepsilon_x = \frac{\text{panjang akhir} - \text{panjang awal}}{\text{panjang awal}} \dots\dots\dots(3.33)$$

dengan substitusi didapat :

$$\varepsilon_x = \frac{(\rho + v)d\theta - \rho.d\theta}{\rho.d\theta} = \frac{v}{\rho} \dots\dots\dots(3.34)$$

Hubungan dasar antara kurva elastis dengan regangan linier, didapat:

$$\Phi = \frac{1}{\rho} = k = \frac{\varepsilon_x}{v} \dots\dots\dots(3.35)$$

Karena sifat beban tidak diperhitungkan maka hubungan ini digunakan untuk masalah-masalah elastis dan tidak elastis

$$\sigma_x = E.\varepsilon_x \dots\dots\dots(3.36)$$

sehingga :

$$\varepsilon_x = \frac{M_u.v}{EI_u} \dots\dots\dots(3.37)$$

substitusi persamaan 3.36 ke persamaan 3.34 akan diperoleh

$$\Phi = \frac{1}{\rho} = k = \frac{M_u}{EI_u} \dots\dots\dots(3.38)$$

dalam koordinat kartesian kurva kelengkungan didefinisikan :

$$\Phi = \frac{1}{\rho} = k = \frac{\pm d^2v/dx^2}{[1 + (dv/dx)^2]^{3/2}} \dots\dots\dots(3.39)$$

karena kemiringan  $dv/dx$  dari kurva elastis adalah sangat kecil, maka

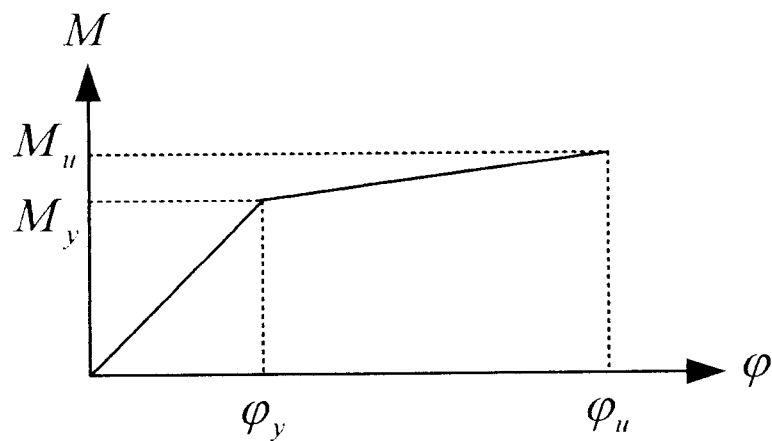
$$(dv/dx)^2 \approx 0 \dots\dots\dots(3.40)$$

persamaan 3.39 disubstitusi ke persamaan 3.37 dan 3.38 menjadi

$$\frac{d^2v}{dx^2} = \frac{M}{EI_u} \dots\dots\dots(3.41)$$

$$EI_u = \frac{M}{(d^2v/dx^2)} \dots\dots\dots(3.42)$$

Daktilitas kelengkungan didapat dari rasio kelengkungan maksimum ( $\phi_u$ ) dengan kelengkungan pada momen mencapai leleh ( $\phi_y$ ) dan hubungan momen dengan kelengkungan ditunjukkan pada Gambar 3.10.



**Gambar 3.10** Hubungan momen-kelengkungan

### 3.6 Hipotesis

Struktur *gable frame* yang menggunakan sudut kemiringan *rafter* (sudut  $\alpha$ ) yang besar dan penampang komponennya disusun dengan  $I_{badan} > I_{sayap}$  memiliki kapasitas lebih besar karena defleksi yang terjadi lebih kecil daripada struktur *gable frame* yang menggunakan sudut  $\alpha$  yang kecil dan komponennya disusun dengan  $I_{badan} < I_{sayap}$ . Defleksi berpengaruh terhadap kekakuan karena berbanding terbalik, semakin besar defleksi yang terjadi semakin kecil kekakuan. Pola kerusakan yang terjadi pada komponen *gable frame* dari profil bentukan dingin adalah tekuk lokal karena komponen tersebut terbentuk dari plat baja tipis yang memiliki rasio  $b/t$  yang besar.

## **BAB IV**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

Uraian yang akan dikemukakan dalam bab ini adalah : metode penelitian, bahan dan alat, pembuatan sampel, pengujian sampel dan analisis hasil pengujian.

#### **4.1 Metode Penelitian**

Metode penelitian adalah urutan atau cara pelaksanaan penelitian dalam rangka mencari jawaban atas permasalahan penelitian yang diajukan dalam penulisan tugas akhir.

#### **4.2 Bahan dan Alat**

Penelitian ini menggunakan bahan dan alat sebagai sarana untuk mencapai maksud dan tujuan penelitian, yang akan dijelaskan di bawah ini.

##### **4.2.1 Bahan Penelitian**

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah : profil baja dan alat sambung las.

##### **a. Profil baja**

Profil baja yang digunakan adalah profil *Light Lip Channels* dengan dimensi 45x40x20x2 yang disatukan secara *front to front* sehingga membentuk penampang kotak.

b. Alat sambung las

Alat sambung yang digunakan dalam penelitian ini, baik untuk menyatukan profil *Light Lip Channels* sehingga membentuk penampang kotak maupun untuk sambungan pada *gable frame* menggunakan alat sambung las dengan *elektroda E70*.

#### 4.2.2 Peralatan Penelitian

Peralatan-peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah : mesin uji kuat geser, mesin uji kuat tarik, dukungan sampel, *loading frame*, *hydraulic jack* dan *dial gauge*.

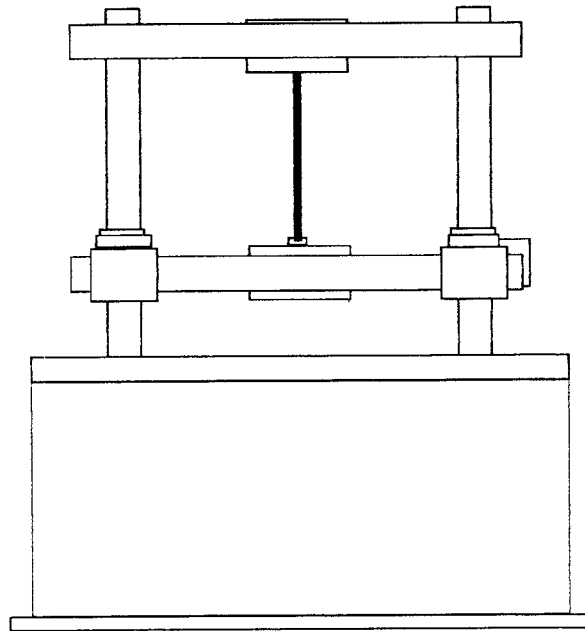
a. Mesin uji kuat geser

Alat ini digunakan untuk mencari kuat geser las yang dipakai pada penelitian, alat yang digunakan adalah UNIVERSAL TESTING MATERIAL merk SHIMADZHU type UMH 30 dengan kapasitas 30 ton, bentuk alatnya seperti pada Gambar 4.1.

b. Mesin uji kuat tarik

Alat yang digunakan adalah *UNIVERSAL TESTING MATERIAL (UTM)* merk *SHIMADZHU type UMH 30* dengan kapasitas 30 ton. Alat ini digunakan untuk mencari kuat tarik plat yang dipakai untuk bahan sampel, bentuk alatnya seperti pada Gambar 4.1.

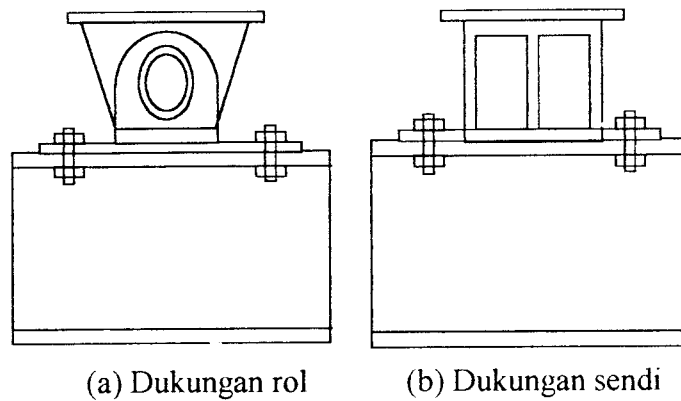




**Gambar 4.1** Mesin uji kuat geser dan kuat tarik

c. Dukungan

Dukungan yang digunakan pada penelitian adalah dukungan sendi-rol yang dipasang pada kolom-kolom sampel, bentuk dukungan dapat dilihat pada Gambar 4.2



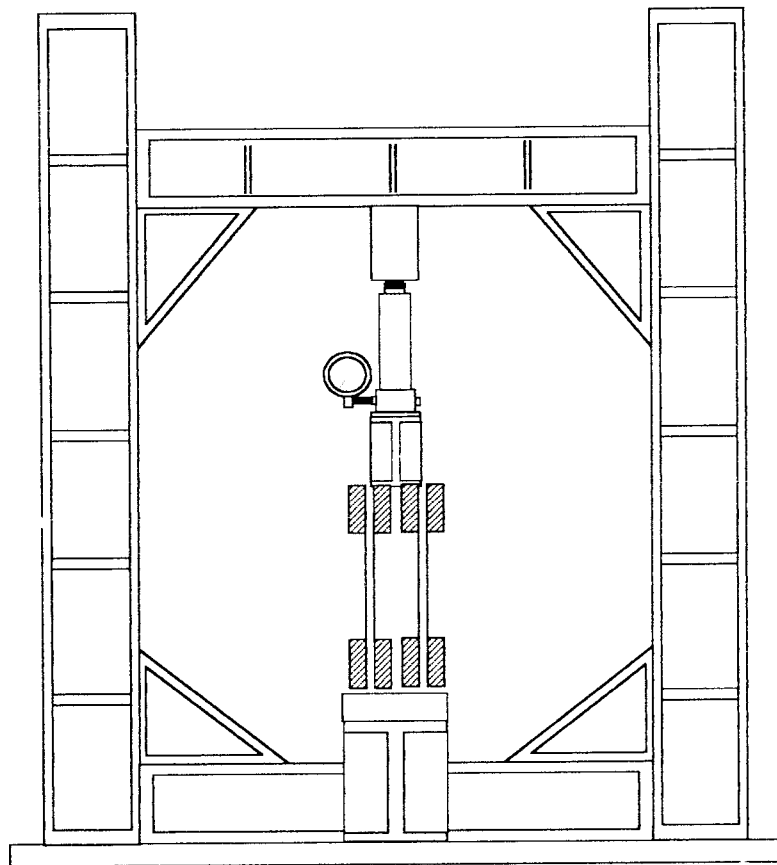
(a) Dukungan rol

(b) Dukungan sendi

**Gambar 4.2** Dukungan yang digunakan pada penelitian

d. *Loading Frame*

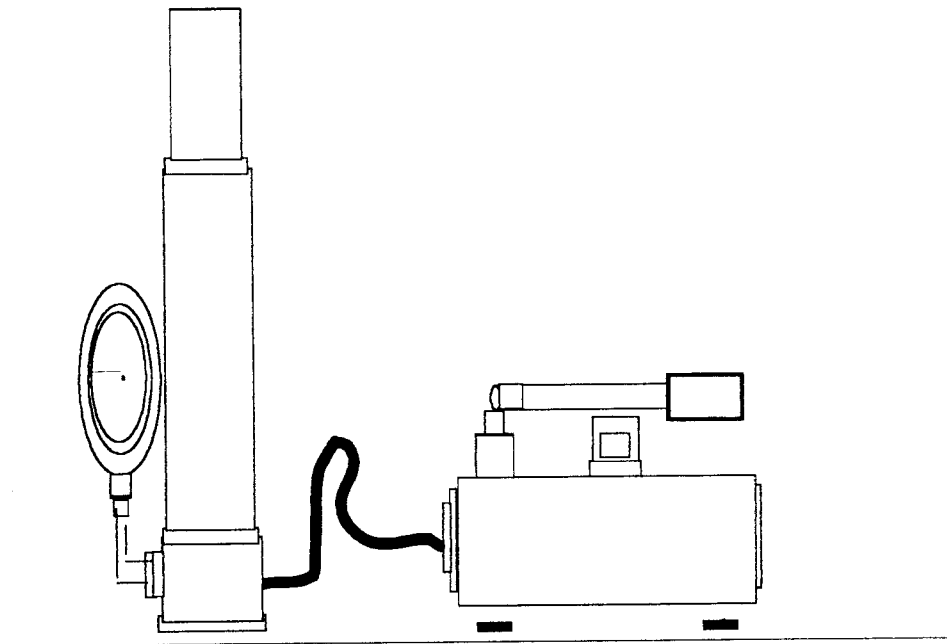
Bentuk dasar *Loading Frame* berupa portal segi empat dari bahan baja profil WF 450x200x9x14 yang berdiri di atas lantai beton dengan perantara pelat dasar dari besi setebal 14 mm, seperti pada Gambar 4.3. Alat ini digunakan untuk mengatur letak sampel *gable frame* sebelum diberi beban.



**Gambar 4.3** *Loading fame*

e. *Hidraulic jack*

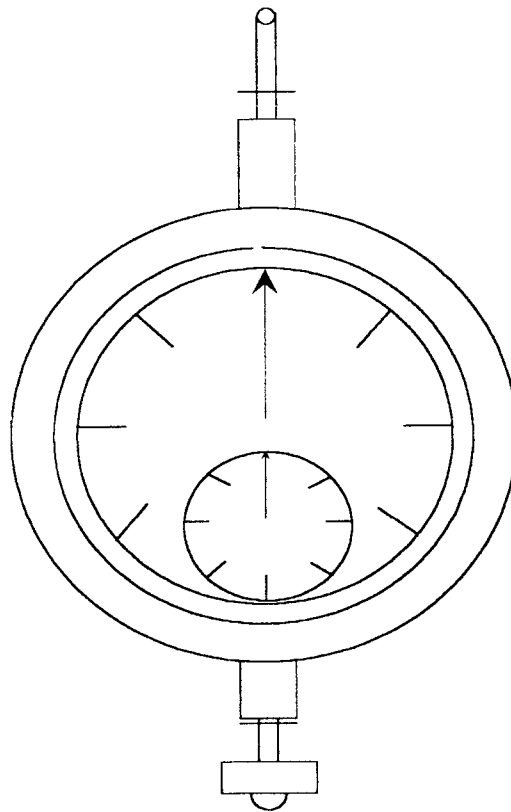
Alat ini dipakai untuk memberikan pembebanan pada pengujian sampel *gable frame* dengan kapasitas maksimum yang dimiliki sebesar 30 ton, seperti pada Gambar 4.4.



**Gambar 4.4** *Hidraulic jack*

*f. Dial gauge*

Alat ini digunakan untuk mengetahui besar lendutan yang terjadi pada sampel *gable frame*. Penelitian ini menggunakan *dial gauge* merk TECLOCK dengan kapasitas lendutan maksimum 50 mm dan 30 mm dengan ketelitian 0,01 mm, seperti pada Gambar 4.5.

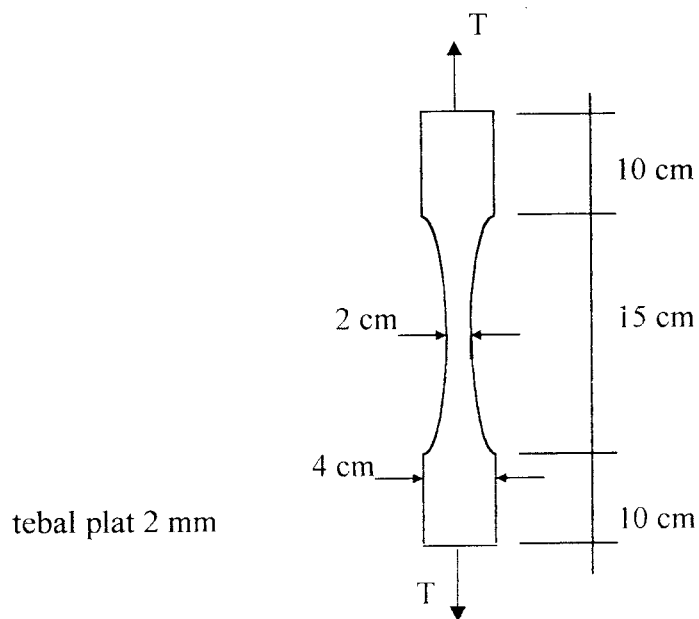


**Gambar 4.5** *Dial gauge*

### 4.3 Pembuatan Sampel

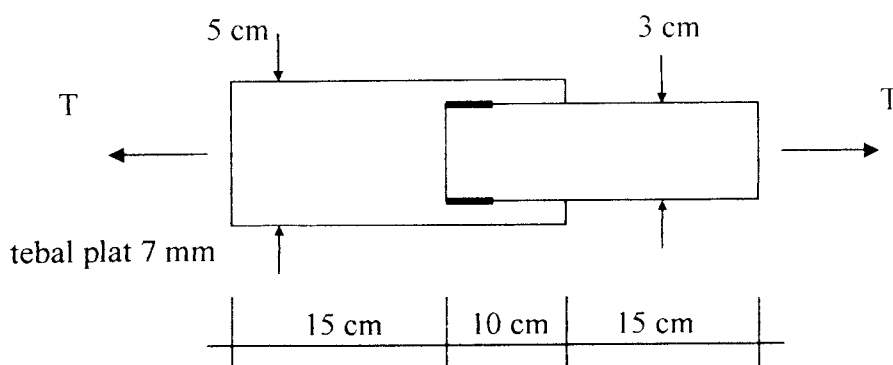
Sampel yang akan digunakan dalam penelitian dibuat terlebih dahulu dan kemudian diujikan di laboratorium, sampel tersebut berupa :

- a. Dua sampel kuat tarik baja yang diambil dari profil, seperti Gambar 4.6.



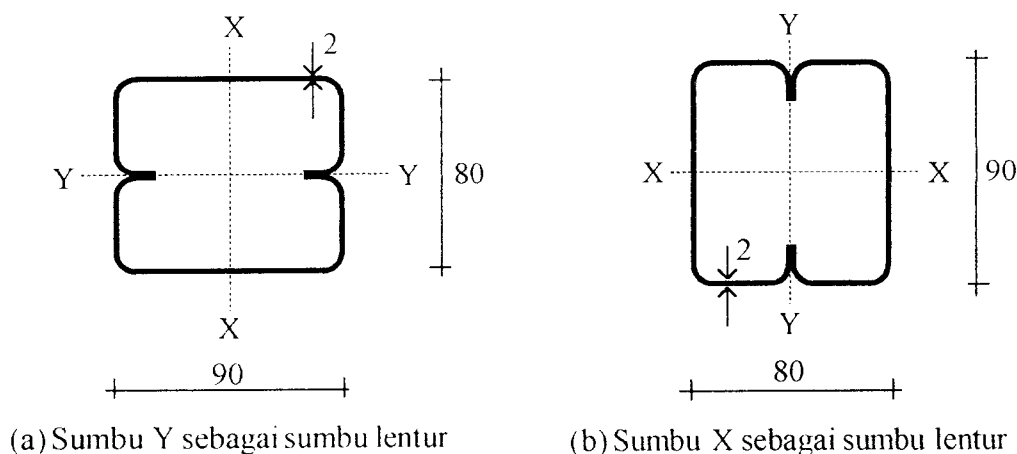
**Gambar 4.6** Sampel kuat tarik baja

- b. Dua sampel kuat geser sambungan las, seperti Gambar 4.7

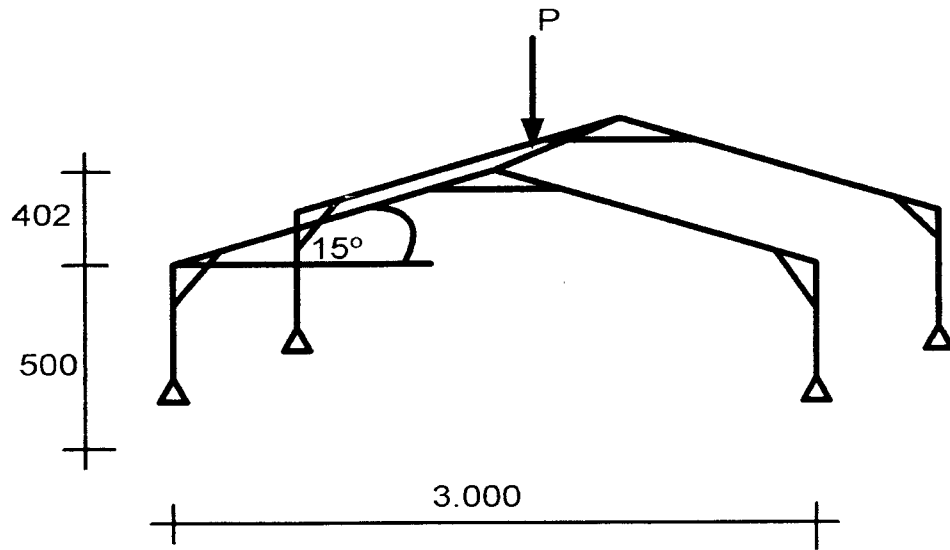


**Gambar 4.7** Sampel kuat geser las

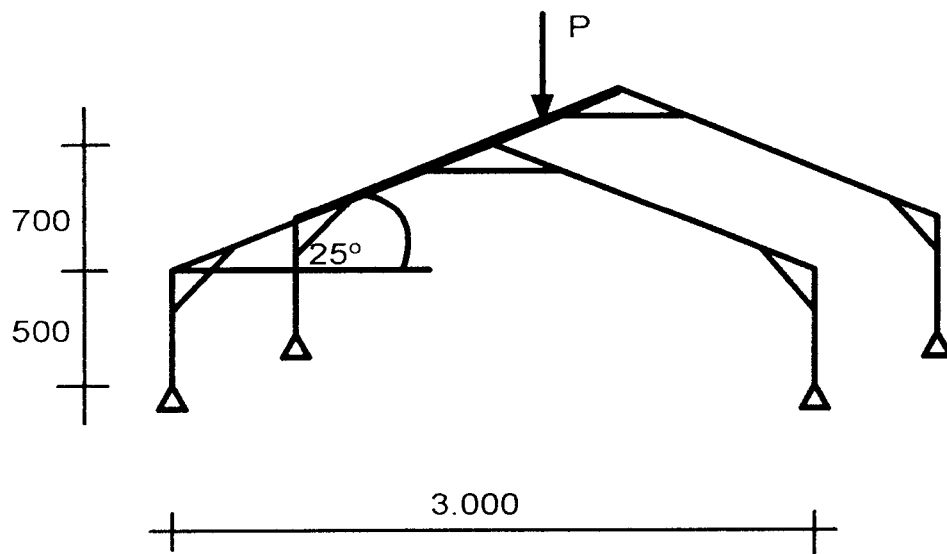
- c. Dimensi profil yang digunakan adalah 45x40x20x2 (mm) disatukan dengan alat sambung las berbentuk penampang kotak dengan dimensi 90x80x2, seperti Gambar 4.8. *Gable frame* berjumlah delapan buah dan satu sampel terdiri dari dua *gable frame*, jadi sampel *gable frame* berjumlah empat buah. Dua buah sampel *gable frame* menggunakan sudut  $\alpha$  sebesar  $15^{\circ}$  dan  $25^{\circ}$  dengan susunan penampang komponen  $I_{badan} < I_{sayap}$  dan dua buah sampel *gable frame* yang lain juga menggunakan sudut  $\alpha$  sebesar  $15^{\circ}$  dan  $25^{\circ}$  tetapi susunan penampang komponennya berbeda yaitu  $I_{badan} > I_{sayap}$ , seperti Gambar 4.8, Gambar 4.9 dan Gambar 4.10.



**Gambar 4.8** Susunan penampang komponen *gable frame*



**Gambar 4.9** *Gable frame* dengan sudut  $15^\circ$



**Gambar 4.10** *Gable frame* dengan sudut  $25^\circ$

#### 4.4 Pengujian Sampel

Tahap-tahap pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini terdiri dari dua macam pengujian, yaitu : pengujian pendahuluan dan pengujian *gable frame*.

##### 1. Pengujian Pendahuluan

Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik untuk mengetahui kapasitas yang dimiliki oleh bahan yang digunakan pada sampel *gable frame*. Pengujian pendahuluan ada dua macam yaitu pengujian kuat tarik baja dan pengujian kuat geser las.

##### a. Pengujian kuat tarik baja

Pengujian kuat tarik baja dilakukan untuk mengetahui mutu baja, sampel baja yang diuji seperti pada Gambar 4.6. Hasil yang ingin didapat pada pengujian ini adalah tegangan leleh baja ( $f_y$ ), tegangan ultimit baja ( $f_u$ ), tegangan putus baja dan modulus elastisitas baja ( $E$ ).

##### b. Pengujian kuat geser las

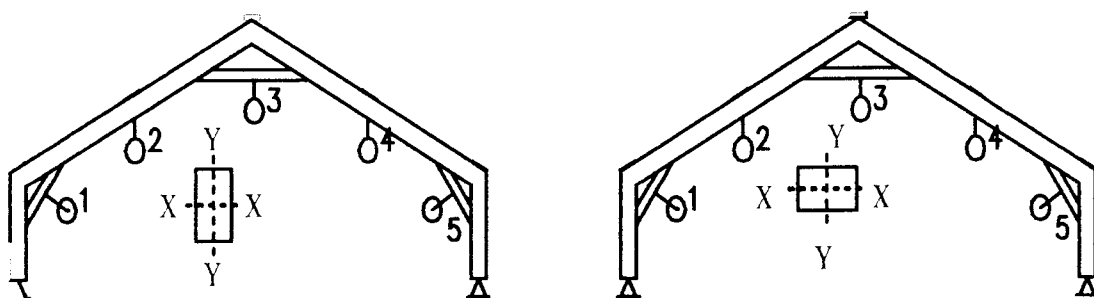
Pengujian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kekuatan las per sentimeter yang akan digunakan untuk semua sambungan pada *gable frame* agar pada waktu pengujian sampel *gable frame* tidak rusak pada sambungannya. Sampel untuk uji kuat geser las dapat dilihat pada Gambar 4.7.



## 2. Pengujian *Gable Frame*

Urutan pelaksanaan pengujian sampel *gable frame* yang dilakukan di Laboratorium Mekanika Rekayasa adalah :

- setelah sampel terbentuk dipasang pada alat penguji,
- melakukan pengesetan sampel agar diperoleh beban sentris dengan cara meletakkan unting-unting ditengah plat penghubung antar puncak *gable frame*,
- pemasangan *dial gauge* pada sisi bawah sampel sebanyak 5 buah untuk mengetahui lendutan yang terjadi pada waktu pembebanan dilakukan, seperti pada Gambar 4.11,



**Gambar 4.11** Perletakan *dial gauge* pada *gable frame*

- melakukan pembebanan pada sampel *gable frame* secara bertahap dengan interval 100 kg dengan alat *hidraulic jack*,
- mencatat nilai yang terlihat pada *dial gauge* yang bekerja selama pembebanan hingga terjadi kerusakan pada sampel *gable frame* dan

- f. mengamati bagian yang mengalami kerusakan akibat adanya gaya yang bekerja pada sampel *gable frame*.

#### **4.5 Analisis Hasil Pengujian**

Hasil dari pengujian akan dijadikan data dalam menganalisis perilaku *gable frame* dari profil bentukan dingin yang dibebani gaya aksial sehingga didapatkan hubungan antara beban dengan lendutan ( $P-\Delta$ ) dan hubungan momen dengan kelengkungan ( $M-\Phi$ ).

## **BAB V**

### **HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN**

Uraian yang akan dikemukakan dalam bab ini adalah uraian tentang hasil dan pembahasan yang didapatkan dari pengujian.

#### **5.1 Hasil Pengujian**

Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini meliputi pengujian pendahuluan yaitu pengujian kekuatan bahan sampel dan pengujian sampel yang berbentuk *gable frame*, sehingga hasil yang didapatkan adalah hasil uji pendahuluan dan hasil pengujian sampel *gable frame*.

##### **5.1.1 Hasil Uji Pendahuluan**

Pengujian pendahuluan terdiri dari pengujian tarik baja dan pengujian kekuatan sambungan las, dimana pengujian tarik baja berguna untuk mengetahui kekuatan dan mutu bahan yang akan digunakan pada sampel *gable frame*. Hasil yang didapatkan dari uji tarik baja adalah beban leleh ( $P_y$ ), beban maksimum atau beban ultimit ( $P_u$ ), beban pada saat baja putus dan modulus elastisitas ( $E$ ), sedangkan pengujian kekuatan sambungan las berguna untuk mengetahui kapasitas las yang akan digunakan dalam membentuk penampang profil yang disatukan secara *front to front* sehingga menjadi penampang kotak. Hasil dari pengujian kekuatan sambungan

las juga berguna untuk mengetahui kekuatan pada sambungan *gable frame*. Hasil-hasil tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.1 dan Tabel 5.2.

**Tabel 5.1** Hasil pengujian kuat tarik baja

Benda Uji	Beban Leleh		Beban Ultimit		Beban Putus	
	(kg)	(N)	(kg)	(N)	(kg)	(N)
I	855	8384,686	1245	12209,28	920	9022,118
II	860	8433,719	1240	12160,25	400	3922,660

**Tabel 5.2** Hasil pengujian kekuatan las

Benda Uji	Panjang las (cm)	Beban maksimum	
		(kg)	(N)
I	3,0	5160	50602,31
II	2,5	4910	48150,65

### 5.1.2 Hasil Pengujian Sampel *Gable Frame*

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Mekanika Rekayasa, Fakultas Teknik sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Sampel yang digunakan terdiri dari dua buah *gable frame* yang dihubungkan dengan plat dan jarak antar *gable frame* 20 cm. Pembebanan dilakukan pada titik puncak *gable frame* dengan perletakan beban secara simetris dan *dial gauge* digunakan sebanyak 5 buah. Perletakan *dial gauge* dapat dilihat pada Gambar 4.11.

Hasil dari pengujian berupa besarnya beban yang bekerja dan lendutan yang terjadi pada *gable frame*. Hasil-hasil tersebut dibuat dalam bentuk tabel dan dapat dilihat pada Tabel 5.3, Tabel 5.4, Tabel 5.5 dan Tabel 5.6.

**Tabel 5.3** Sampel 1 (sudut  $\alpha = 25^\circ$  dan susunan penampang komponen  $I_{badan} < I_{sayap}$ )

Beban		Dial 1 (mm)	Dial 2 (mm)	Dial 3 (mm)	Dial 4 (mm)	Dial 5 (mm)
(kg)	(N)					
0	0,000	0,00	0,000	0,000	0,00	0,00
50	490,333	0,86	2,110	2,760	1,12	1,35
100	980,665	1,79	4,310	6,090	2,75	3,18
150	1471,000	2,55	8,260	9,500	3,95	4,41
200	1961,330	3,33	12,470	11,560	5,25	5,65
250	2451,660	4,69	14,205	17,040	9,76	6,70
300	2942,000	4,86	16,150	20,120	11,55	9,55
350	3432,330	5,06	19,960	28,305	13,13	11,70
335	3285,230	5,85	20,105	30,150	14,17	11,85
305	2991,030	6,20	21,120	31,650	15,66	12,05
290	2843,930	6,65	22,220	33,220	16,87	12,20
280	2745,860	7,17	23,050	34,110	17,95	12,30

**Tabel 5.4** Sampel 2 (sudut  $\alpha = 15^\circ$  dan susunan penampang komponen  $I_{badan} < I_{sayap}$ )

Beban		Dial 1 (mm)	Dial 2 (mm)	Dial 3 (mm)	Dial 4 (mm)	Dial 5 (mm)
(kg)	(N)					
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
50	490,33	0,84	1,75	2,73	1,22	1,38
100	980,67	2,96	4,75	6,50	1,31	1,02
150	1471,00	3,80	7,65	9,52	5,89	2,48
200	1961,30	4,59	9,97	12,03	7,73	2,05
250	2451,70	5,84	14,86	18,02	10,92	3,72
300	2942,00	7,00	20,80	30,25	15,48	6,40
300	2942,00	7,35	21,87	33,16	16,48	6,50
295	2893,00	7,62	22,70	33,50	17,17	7,80
280	2745,90	8,82	23,65	34,99	18,85	8,35
275	2696,80	8,94	23,71	36,39	19,50	8,40

**Tabel 5.5** Sampel 3 (sudut  $\alpha = 25^\circ$  dan susunan penampang komponen  $I_{badan} > I_{sayap}$ )

Beban		Dial 1 (mm)	Dial 2 (mm)	Dial 3 (mm)	Dial 4 (mm)	Dial 5 (mm)
(kg)	(N)					
0	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
50	490,333	0,31	1,02	2,66	1,57	1,50
100	980,665	0,92	3,07	5,82	2,67	2,56
150	1471,000	1,11	3,97	6,60	3,20	3,02
200	1961,330	1,49	6,44	8,73	3,88	4,54
250	2451,660	1,65	7,73	10,82	4,30	4,85
300	2942,000	1,89	9,28	11,65	4,85	5,52
350	3432,330	2,15	10,87	13,59	5,55	5,84
400	3922,660	2,45	12,71	15,68	6,39	6,60
450	4412,990	2,63	13,66	16,81	6,91	6,70
500	4903,330	3,00	15,71	18,95	7,12	8,28
550	5393,660	3,27	17,08	20,81	8,85	7,78
600	5883,990	5,82	20,50	27,60	14,50	8,87
650	6374,320	6,20	22,41	30,91	15,42	9,65
700	6864,660	6,88	26,09	35,52	16,70	10,74
750	7354,990	7,65	31,30	42,76	16,85	11,70
605	5933,020	7,72	31,70	43,77	17,07	11,76
605	5933,020	7,80	32,75	43,78	17,55	11,77
595	5834,960	7,90	33,74	44,80	18,12	11,85
550	5393,660	7,96	34,62	45,82	18,10	11,95

Beban maksimum yang dapat ditahan oleh sampel 3 adalah sebesar 750 kg, setelah dilakukan pembebanan lagi beban tidak dapat bertambah tetapi berkurang, sedangkan lendutannya bertambah besar.

**Tabel 5.6** Sampel 4 (sudut  $\alpha = 15^\circ$  dan susunan penampang komponen  $I_{badan} > I_{sayap}$ )

Beban		Dial 1 (mm)	Dial 2 (mm)	Dial 3 (mm)	Dial 4 (mm)	Dial 5 (mm)
(kg)	(N)					
0	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
50	490,333	0,36	1,57	2,19	1,38	1,57
100	980,665	0,81	3,52	5,70	2,10	1,10
150	1471,000	1,13	5,06	6,18	3,14	2,52
200	1961,330	1,64	7,46	9,10	4,15	2,13
250	2451,660	2,97	9,35	11,98	5,13	3,65
300	2942,000	3,00	12,91	15,10	7,19	4,24
350	3432,330	3,16	15,60	18,20	9,04	5,79
400	3922,660	4,10	18,52	24,32	12,12	6,91
450	4412,990	5,89	24,43	29,86	13,30	8,89
500	4903,330	7,14	41,34	40,96	17,48	15,25
400	3922,660	7,27	44,84	48,68	18,48	15,29
350	3432,330	7,44	45,50	49,86	19,05	15,29
330	3236,190	7,57	46,73	51,03	19,03	15,27
320	3138,130	7,69	47,89	52,18	19,02	15,13

Beban maksimum yang dapat ditahan oleh sampel 4 sebesar 500 kg, beban tidak dapat mengalami kenaikan lagi setelah mencapai 500 kg, sedangkan lendutannya bertambah besar.

## 5.2 Pembahasan

### 5.2.1 Uji Pendahuluan

Data yang diperoleh dari uji pendahuluan berguna untuk mendapatkan properti dari baja yang digunakan dalam pengujian *gable frame*. Tegangan leleh ( $f_y$ ) didapat dengan membagi beban leleh dengan luas penampang ( $f_y = P_y / A$ ), tegangan

ultimit ( $F_u$ ) didapat dengan membagi beban ultimit dengan luas penampang ( $F_u = P_u/A$ ), tegangan putus didapat dengan membagi beban putus dengan luas penampang dan modulus elastisitas didapat dari grafik tegangan-regangan, hasil perhitungannya dapat dilihat pada Lampiran 2. Kapasitas las didapat dengan membagi beban maksimum dengan luas efektif las. Mutu bahan *gable frame* yang digunakan untuk penelitian adalah rata-rata dari kedua benda uji tarik dan kekuatan sambungan las yang digunakan adalah rerata dari kedua benda uji gesar las. Hasil uji pendahuluan dapat dilihat pada Tabel 5.7 dan Tabel 5.8.

**Tabel 5.7** Mutu bahan benda uji

Benda Uji	$F_y$ (MPa)	$F_u$ (MPa)	Teg. Putus (MPa)	$E$ (MPa)
I	199,6354	290,6972	214,8123	82975
II	205,7005	296,5914	95,6746	73667
Rata-rata	202,6680	293,6443	155,2435	78321

**Tabel 5.8** Kekuatan sambungan las

Benda uji	Kekuatan las (KN/cm)
I	16,87
II	19,26
Rata-rata	18,07

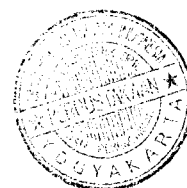


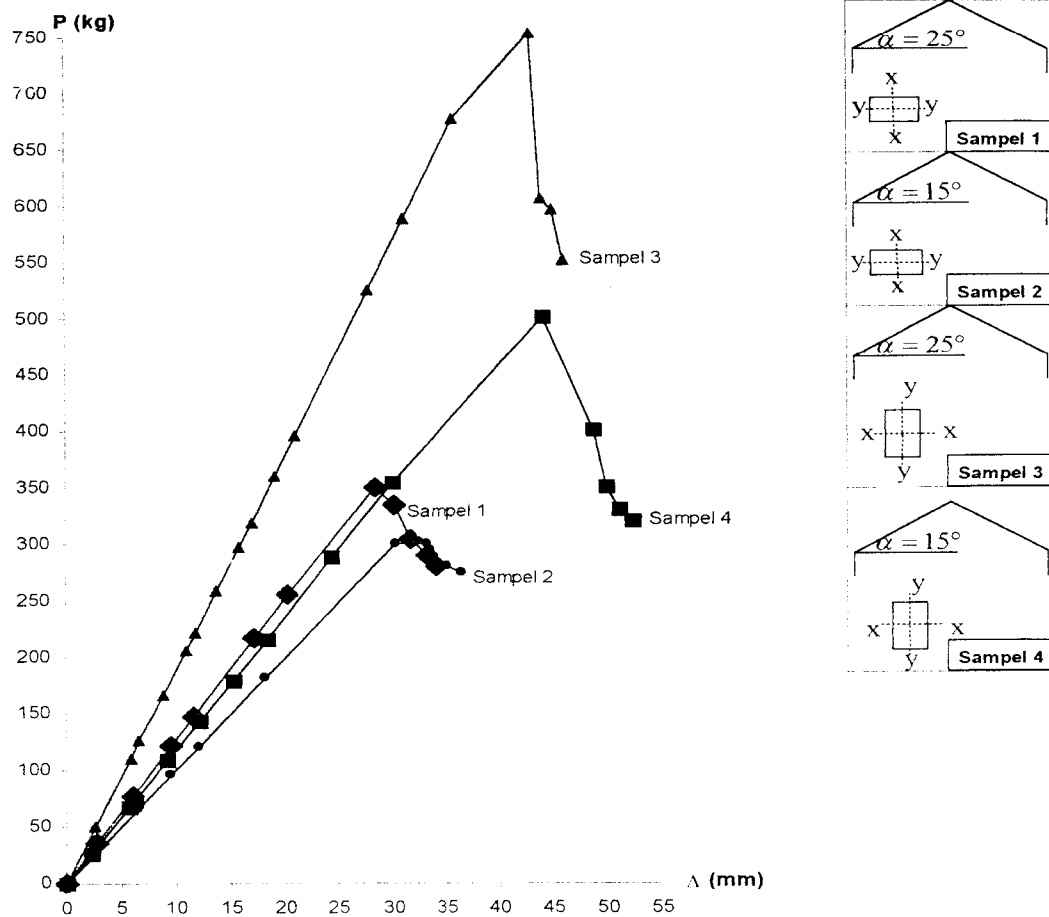
### 5.2.2 Pengujian *Gable Frame*

Hasil yang didapat dari pengujian *gable frame* akan diolah dan dibahas dibawah ini, diantaranya : kapasitas *gable frame* ditinjau dari hubungan beban-lendutan yang mencakup kapasitas *gable frame* dari variasi sudut kemiringan *rafter* dan variasi susunan penampang komponen, perbandingan kapasitas *gable frame* hasil penelitian untuk semua variasi yang ditinjau dari hubungan beban-lendutan, Kapasitas *gable frame* ditinjau dari hubungan momen-kelengkungan, perbandingan kapasitas *gable frame* hasil penelitian untuk semua variasi yang ditinjau dari hubungan momen-kelengkungan, perbandingan kapasitas *gable frame* dari hasil pengujian dengan hasil teoritis yang ditinjau dari variasi sudut kemiringan *rafter* dan variasi susunan penampang komponen dan perbandingan hasil pengujian *gable frame* dari profil bentukan dengan hasil pengujian *gable frame* dari kayu.

#### 5.2.2.1 Kapasitas *Gable Frame* ditinjau dari Hubungan Beban-Lendutan ( $P-\Delta$ )

Hubungan beban-lendutan dapat dilihat pada Gambar 5.1 yang diperoleh dari hasil penelitian yang dirangkum pada Tabel 5.3 sampai dengan Tabel 5.6 dan lendutan terbesar dari pembacaan dial terdapat pada dial 3 serta perletakan dial dapat dilihat pada Gambar 4.11.





Gambar 5.1 Hubungan beban-lendutan ( $P-\Delta$ )

#### 5.2.2.1.1 Kapasitas *Gable Frame* dari Variasi Sudut Kemiringan *Rafter*

Secara teoritis gaya-gaya pada *gable frame* dianalisis dengan bantuan program komputer. Hasil analisis dari program komputer dapat dilihat pada Lampiran 4 yang menunjukkan bahwa *gable frame* dengan sudut kemiringan *rafter* yang besar memiliki gaya batang yang besar, sehingga mampu memikul beban yang lebih besar daripada *gable frame* dengan sudut kemiringan *rafter* yang kecil. Hasil penelitian yang dapat dilihat pada Gambar 5.1 dan Tabel 5.9 menunjukkan bahwa *gable frame*

dengan sudut kemiringan *rafter* sebesar  $25^{\circ}$  mampu memikul beban yang lebih besar daripada *gable frame* dengan sudut kemiringan *rafter* sebesar  $15^{\circ}$ . Hal ini menunjukkan bahwa hasil penelitian sesuai dengan hasil teoritis.

Berdasarkan uraian yang dikemukakan oleh Ketter dkk (1979), maka *gable frame* yang mampu memikul beban yang besar memiliki kekakuan yang besar. Jadi, *gable frame* dengan sudut kemiringan *rafter* besar memiliki kekakuan yang besar karena mampu memikul beban yang lebih besar daripada *gable frame* dengan sudut kemiringan *rafter* yang kecil. Kekakuan dari hasil penelitian dapat dilihat pada Tabel 5.9 yang menunjukkan bahwa *gable frame* dengan sudut kemiringan *rafter* besar dalam hal ini sampel 1 dan sampel 3 sudut kemiringan *rafter*  $25^{\circ}$  memiliki kekakuan yang lebih besar daripada *gable frame* dengan sudut kemiringan *rafter* kecil yaitu sampel 1 dan sampel 2 sudut kemiringan *rafter*  $15^{\circ}$ . Kekakuan dari hasil penelitian sesuai dengan uraian yang dikemukakan oleh Ketter dkk (1979).

**Tabel 5.9** Kekakuan dengan variasi sudut kemiringan *rafter* dari hubungan  $P-\Delta$

Susunan Penampang	Sampel	$P_y$ (N)	$\Delta_y$ (mm)	Kekakuan (N/mm)	Rasio Kekakuan (%)
$I_{badan} \quad I_{sayap}$	1	3432,3275	28,3050	121,2592	100,0000
	2	2941,9950	30,2500	97,2526	80,2020
$I_{badan} \quad I_{sayap}$	3	7354,9875	35,5200	207,0661	100,0000
	4	4903,3250	40,9600	119,7101	57,8125

Berdasarkan uraian yang dikemukakan oleh Beedle (1958) dan Park & Paulay (1975), maka *gable frame* dengan sudut kemiringan *rafter* besar memiliki

daktilitas yang lebih besar daripada *gable frame* dengan sudut kemiringan *rafter* yang kecil karena *gable frame* dengan sudut kemiringan *rafter* yang besar mampu memikul beban yang lebih besar sehingga lendutan yang terjadi juga besar dan daktilitasnya juga lebih besar daripada *gable frame* dengan sudut kemiringan *rafter* yang kecil. Daktilitas hasil penelitian dapat dilihat pada Tabel 5.10 menunjukkan perilaku yang sama dengan uraian diatas.

**Tabel 5.10** Daktilitas simpangan dengan variasi sudut kemiringan *rafter* dari hubungan  $P-\Delta$

Susunan Penampang	Sampel	$P_y$ (N)	$\Delta_u$ (mm)	$\Delta_y$ (mm)	Daktilitas	Daktilitas (%)
$I_{badan} < I_{sayap}$	1	3432,3275	34,1100	28,3050	1,2051	100,0000
	2	2941,9950	36,3900	30,2500	1,2030	99,8247
$I_{badan} > I_{sayap}$	3	7354,9875	45,8200	35,5200	1,2899	100,0000
	4	4903,3250	52,1800	40,9600	1,2739	98,7557

#### 5.2.2.1.2 Kapasitas *Gable Frame* dari Variasi Susunan Penampang Komponen

Salmon dan Johnson (1991) mengemukakan bahwa untuk angka kelangsingan yang sama, penampang profil yang hanya diijinkan melentur dalam arah kuat dapat memikul beban yang lebih besar daripada penampang profil yang diijinkan melentur dalam arah lemah. Berdasarkan uraian Salmon dan Johnson diatas, maka *gable frame* dengan susunan penampang komponen  $I_{badan} > I_{sayap}$  mampu memikul beban yang lebih besar daripada *gable frame* dengan susunan penampang komponen  $I_{badan} < I_{sayap}$  karena *gable frame* dengan susunan penampang  $I_{badan} > I_{sayap}$  sumbu lenturnya adalah sumbu kuat dan *gable frame* dengan susunan penampang

$I_{badan} < I_{sayap}$  sumbu lenturnya adalah sumbu lemah. Hasil penelitian dapat dilihat pada Gambar 5.1 dan Tabel 5.11 sampai dengan Tabel 5.13 yang menunjukkan hal yang sama dengan uraian yang dikemukakan diatas bahwa *gable frame* dengan susunan penampang  $I_{badan} > I_{sayap}$  mampu memikul beban yang lebih besar daripada *gable frame* dengan susunan penampang  $I_{badan} < I_{sayap}$ .

Kekakuan berbanding lurus dengan beban yang bekerja, sehingga semakin besar beban yang bekerja kekakuannya juga semakin besar, hal ini dikemukakan oleh Ketter dkk (1979) yaitu nilai kekakuan didapat dari perbandingan antara beban yang bekerja dengan lendutan yang terjadi ( $P/\Delta$ ). Berdasarkan uraian yang dikemukakan oleh Ketter dkk diatas, maka *gable frame* yang mampu memikul beban yang besar memiliki kekakuan yang besar. Jadi, *gable frame* dengan susunan penampang komponen  $I_{badan} > I_{sayap}$  memiliki kekakuan yang besar karena mampu memikul beban yang lebih besar daripada *gable frame* dengan susunan penampang komponen  $I_{badan} < I_{sayap}$  seperti yang telah diuraikan diatas. Kekakuan dari hasil penelitian dapat dilihat pada Tabel 5.11 yang menunjukkan bahwa *gable frame* dengan susunan penampang  $I_{badan} > I_{sayap}$  dalam hal ini sampel 3 dan sampel 4 memiliki kekakuan yang lebih besar daripada *gable frame* dengan susunan penampang  $I_{badan} < I_{sayap}$  yaitu sampel 1 dan sampel 2. Kekakuan dari hasil penelitian sesuai dengan uraian yang dikemukakan oleh Ketter dkk.

**Tabel 5.11** Kekakuan dengan variasi susunan penampang komponen dari hubungan  $P-\Delta$

Sudut $\alpha$	Sampel	$P_y$ (N)	$\Delta_y$ (mm)	Kekakuan (N/mm)	Kekakuan (%)
15 <sup>0</sup>	2	2941,9950	30,250	97,2526	81,2401
	4	4903,3250	40,960	119,7101	100,000
25 <sup>0</sup>	1	3432,3275	28,305	121,2592	58,5606
	3	7354,9875	35,520	207,0661	100,000

Beedle (1958) membuat suatu kesimpulan bahwa balok dukungan sederhana yang diberi beban memiliki suatu titik dimana momen akan mencapai maksimum. Semakin besar beban yang diberikan semakin besar pula momen yang terjadi. Jika beban besar material akan terdeformasi semakin cepat dan defleksinya juga semakin besar. Park dan Paulay (1975) mengemukakan bahwa daktilitas simpangan merupakan perbandingan dari  $\Delta_u/\Delta_y$ . Berdasarkan uraian diatas, maka *gable frame* dengan susunan penampang komponen  $I_{badan} > I_{sayap}$  memiliki daktilitas yang lebih besar daripada *gable frame* dengan susunan penampang komponen  $I_{badan} < I_{sayap}$  karena *gable frame* dengan susunan penampang komponen  $I_{badan} > I_{sayap}$  mampu memikul beban yang lebih besar sehingga lendutan yang terjadi juga besar dan daktilitasnya juga lebih besar daripada *gable frame* dengan susunan penampang komponen  $I_{badan} < I_{sayap}$ . Daktilitas hasil penelitian dapat dilihat pada Tabel 5.12 menunjukkan perilaku yang sama dengan uraian diatas.

**Tabel 5.12** Daktilitas simpangan dengan variasi susunan penampang komponen dari hubungan  $P-\Delta$

Sudut $\alpha$	Sampel	$P_y$ (N)	$\Delta_u$ (mm)	$\Delta_y$ (mm)	Daktilitas	Daktilitas (%)
15°	2	2941,9950	36,3900	30,2500	1,2029	94,4306
	4	4903,3250	52,1800	40,9600	1,2739	100,0000
25°	1	3432,3275	34,1100	28,3050	1,2051	93,4193
	3	7354,9875	45,8200	35,5200	1,2899	100,0000

#### 5.2.2.2 Perbandingan Kapasitas *Gable Frame* Hasil Penelitian untuk Semua Variasi yang ditinjau dari Hubungan Beban-Lendutan

Berdasarkan Gambar 5.1 dan Tabel 5.9, sampel 1 memiliki kekuatan dan kekakuan yang lebih besar daripada sampel 2. Beban maksimum sampel 2 mengalami penurunan sebesar 14,2857 % dan kekakuannya juga mengalami penurunan sebesar 19,7980 % dari sampel 1. Kekuatan dan kekakuan sampel 3 juga lebih besar daripada sampel 4, yaitu sebesar 33,3333 % untuk kekuatan dan 42,1875 % untuk kekakuan. Hal ini ditinjau dari variasi sudut kemiringan *rafter* (sudut  $\alpha$ ) dengan susunan penampang komponen konstan. Ditinjau dari variasi sudut kemiringan *rafter* (sudut  $\alpha$ ) dengan susunan penampang konstan seperti pada Tabel 5.10, daktilitas simpangan pada sampel 1 lebih besar daripada daktilitas simpangan pada sampel 2, yaitu sebesar 0,1753 %. Daktilitas simpangan pada sampel 4 mengalami penurunan sebesar 1,2443% dari daktilitas simpangan pada sampel 3.

Ditinjau dari variasi susunan penampang komponen dengan sudut kemiringan *rafter* (sudut  $\alpha$ ) konstan seperti pada Tabel 5.11, sampel 4 memiliki

beban maksimum dan kekakuan yang lebih besar daripada sampel 2. Kekuatan sampel 4 sebesar 40 % lebih kuat dan sebesar 18,7599 % lebih kaku daripada sampel 2. Beban maksimum yang dapat dipikul oleh sampel 3 lebih besar daripada beban maksimum pada sampel 1 perbedaannya sebesar 53,333 %. Kekakuan pada sampel 1 mengalami penurunan sebesar 41,4394 % dari kekakuan pada sampel 3.

Tabel 5.12 di atas menunjukkan bahwa daktilitas simpangan pada sampel 3 dan sampel 4 lebih besar daripada daktilitas simpangan pada sampel 1 dan sampel 2. Perbedaan daktilitas simpangan antara sampel 2 dengan sampel 4 sebesar 5,5694 % dan 6,5807 % untuk sampel 1 dengan sampel 3. Hal ini ditinjau dari variasi susunan penampang komponen dengan sudut kemiringan *rafter* (sudut  $\alpha$ ) yang konstan.

Ditinjau dari semua variasi pada sampel dalam penelitian menunjukkan bahwa sampel 3 memiliki kekuatan dan kekakuan yang lebih besar daripada sampel 1, sampel 2 dan sampel 4 dengan berbagai variasi yang ditunjukkan oleh Gambar 5.1 dan Tabel 5.13. Kekuatan pada sampel 1, sampel 2 dan sampel 4 mengalami penurunan masing-masing sebesar 53,3333 %, 60 % dan 33,3333 % dari kekuatan pada sampel 3. Kekakuan pada sampel 3 lebih besar daripada sampel 1, sampel 2 dan sampel 4 dan perbedaannya sebesar 41,4394 % dengan sampel 1; 53,0331 % dengan sampel 2 dan 42,1875 % dengan sampel 4.



**Tabel 5.13** Kekakuan dari hubungan  $P-\Delta$  untuk semua sampel

Sampel	$P_y$ (N)	$\Delta_y$ (mm)	Kekakuan (N/mm)	Kekakuan (%)
1	3432,3275	28,3050	121,2592	58,5606
2	2941,9950	30,2500	97,2526	46,9669
3	7354,9875	35,5200	207,0661	100,000
4	4903,3250	40,9600	119,7101	57,8125

Daktilitas simpangan terbesar dari semua sampel terdapat pada sampel 3 seperti yang ditunjukkan oleh Tabel 5.14. Perbedaan daktilitas simpangan antara sampel 3 dengan sampel 1, sampel 2 dan sampel 3 masing-masing sebesar 6,5807 %; 6,7445 % dan 1,2443 %.

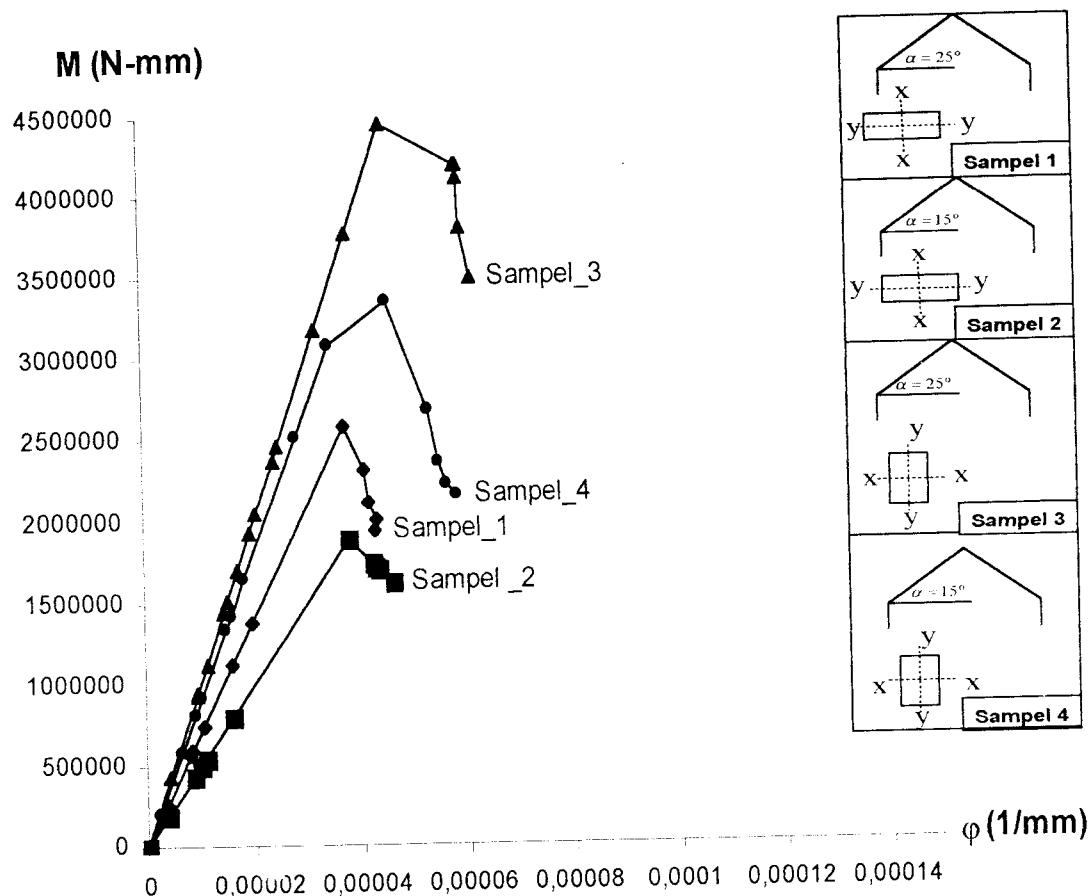
**Tabel 5.14** Daktilitas simpangan untuk semua sampel dari hubungan  $P-\Delta$ 

Sampel	$P_y$ (N)	$\Delta u$ (mm)	$\Delta y$ (mm)	Daktilitas	Daktilitas (%)
1	3432,3275	34,1100	28,3050	1,2051	93,4193
2	2941,9950	36,3900	30,2500	1,2030	93,2555
3	7354,9875	45,8200	35,5200	1,2899	100,0000
4	4903,3250	52,1800	40,9600	1,2739	98,7557

### 5.2.2.3 Kapasitas *Gable Frame* ditinjau dari Hubungan Momen-Kelengkungan

Penelitian yang dilakukan mendapatkan data berupa beban yang bekerja dan lendutan yang terjadi didapat dari pembacaan dial pada saat penelitian. Hasil penelitian dapat dilihat pada Tabel 5.3 sampai dengan Tabel 5.6. Momen dianalisis dengan bantuan program komputer yang hasilnya dapat dilihat pada Lampiran 4. Beban-beban yang bekerja pada *gable frame* saat pengujian dimasukkan ke dalam

program komputer kemudian dianalisis sehingga didapatkan momen yang terjadi. Hubungan momen-kelengkungan dapat dilihat pada Gambar 5.2.



Gambar 5.2 Hubungan Momen-Kelengkungan ( $M-\phi$ )

Kapasitas *gable frame* yang ditinjau dari hubungan momen-kelengkungan hampir sama dengan kapasitas *gable frame* yang ditinjau dari hubungan beban-lendutan di atas. Kapasitas *gable frame* ditinjau dari hubungan beban-lendutan untuk semua variasi yang telah dibahas di atas menunjukkan bahwa *gable frame* dengan susunan penampang komponen  $I_{badan} \sim I_{sayap}$  dan sudut kemiringan *rafter* yang besar mampu memikul beban yang lebih besar, memiliki kekakuan dan daktilitas yang

lebih besar daripada *gable frame* dengan susunan penampang  $I_{badan} < I_{sayap}$  dan sudut kemiringan *rafter* yang kecil. Analisis dengan bantuan program komputer menunjukkan semakin besar beban yang bekerja, maka momen yang terjadi semakin besar. Park dan Paulay (1975) mengemukakan hubungan antara momen dengan kelengkungan diberikan oleh persamaan elastis yaitu kekakuan lentur berbanding lurus dengan momen dan berbanding terbalik dengan kelengkungan ( $M/\Phi$ ). Semakin besar momen yang terjadi, maka kekakuannya juga semakin besar. Hasil penelitian menunjukkan hal yang sama dengan uraian yang dikemukakan oleh Park dan Paulay di atas yang dapat dilihat pada Gambar 5.2 dan Tabel 5.15 sampai dengan Tabel 5.17.

Park dan Paulay (1975) juga mengemukakan bahwa daktilitas didapat dari perbandingan kelengkungan maksimum dengan kelengkungan pada saat momen leleh tercapai ( $\phi_u/\phi_y$ ). Semakin besar beban yang bekerja, maka semakin besar lendutannya sehingga kelengkungan juga besar karena kelengkungan didapat dari besarnya lendutan yang terjadi. Hasil penelitian dapat dilihat pada Gambar 5.2 dan Tabel 5.18 sampai dengan Tabel 5.20 menunjukkan perilaku yang sama dengan uraian yang dikemukakan oleh Park dan Paulay di atas.

#### **5.2.2.4 Perbandingan Kapasitas *Gable Frame* Hasil Penelitian untuk Semua Variasi yang ditinjau dari Hubungan Momen-Kelengkungan**

Kapasitas *gable frame* yang ditinjau dari variasi susunan penampang komponen dengan sudut kemiringan *rafter* konstan diperoleh dari analisa Gambar 5.2 dan dirangkum pada Tabel 5.15 yang memperlihatkan bahwa untuk sampel yang

menggunakan sudut kemiringan *rafter* sebesar  $15^{\circ}$ , momen dan kekakuan terbesar dialami oleh sampel 4 yaitu masing-masing sebesar 40 % dan 27,1496% lebih besar daripada sampel 2. Sampel yang menggunakan sudut kemiringan *rafter* sebesar  $25^{\circ}$  menunjukkan bahwa sampel 3 mengalami momen lebih besar 53,3333 % dan kekakuan 25,8532 % lebih besar daripada sampel 1.

**Tabel 5.15** Kekakuan dari variasi susunan penampang komponen

sudut $\alpha$	Sampel	Momen (N-mm)	Kelengkungan (1/mm)	EI (N-mm <sup>2</sup> )	Momen (%)	EI (%)
$15^{\circ}$	2	2015370,38	3,76787E-05	53488284572	60,0000	72,8504
	4	3358950,63	4,57485E-05	73422043946	100,0000	100,0000
$25^{\circ}$	1	2420224,19	3,69761E-05	65453687507	46,6667	74,1468
	3	5186194,69	5,87499E-05	88275778661	100,0000	100,0000

Ditinjau dari variasi sudut kemiringan *rafter* (sudut  $\alpha$ ) dengan susunan penampang konstan seperti pada Tabel 5.16, menunjukkan bahwa untuk susunan penampang yang inersia badannya kecil momen dan kekakuan terbesar terjadi pada sampel 1 yaitu masing-masing sebesar 16,7280 % dan 18,2807 % lebih besar dari sampel 2. Susunan penampang yang inersia badannya besar pada Tabel 5.16 menunjukkan sampel 4 mengalami penurunan momen dan kekakuan masing-masing sebesar 35,2329 % dan 16,8265 % dari sampel 3.

**Tabel 5.16** Kekakuan dari variasi sudut kemiringan *rafter* (sudut  $\alpha$ )

Susunan penampang	Sampel	Momen (N-mm)	Kelengkungan (1/mm)	$EI$ (N-mm <sup>2</sup> )	Momen (%)	$EI$ (%)
$I_{badan} < I_{sayap}$	1	2420224,19	3,69761E-05	65453687507	100,0000	100,0000
	2	2015370,38	3,76787E-05	53488284572	83,2721	81,7193
$I_{badan} > I_{sayap}$	3	5186194,69	5,87499E-05	88275778661	100,0000	100,0000
	4	3358950,63	4,57485E-05	73422043946	64,7672	83,1735

**Tabel 5.17** Kekakuan dari berbagai variasi

Sampel	Momen (N-mm)	Kelengkungan (1/mm)	$EI$ (N-mm <sup>2</sup> )	Momen (%)	$EI$ (%)
1	2420224,19	3,69761E-05	65453687507	46,6667	74,1468
2	2015370,38	3,76787E-05	53488284572	38,8603	60,5923
3	5186194,69	5,87499E-05	88275778661	100,0000	100,0000
4	3358950,63	4,57485E-05	73422043946	64,7672	83,1735

Momen dan kekakuan terbesar dari semua sampel dengan berbagai variasi terjadi pada sampel 3 yang menggunakan sudut kemiringan *rafter* sebesar  $25^0$  dan inersia badan lebih besar daripada inersia sayap penampang, seperti pada Tabel 5.17. Sampel 1, sampel 2 dan sampel 4 mengalami penurunan momen masing-masing sebesar 53,3333 %; 61,1397 % dan 35,2329 % dari kekuatan sampel 3. Kekakuan pada sampel 3 lebih besar 25,8532 % dari sampel 1, 39,4078 % dari sampel 2 dan 16,8265 % dari sampel 4.

Analisis dari Gambar 5.2 diatas mendapatkan kesimpulan tentang daktilitas kelengkungan yang disajikan pada Tabel 5.18 sampai dengan Tabel 5.20.

**Tabel 5.18** Daktilitas kelengkungan dengan variasi susunan penampang komponen

Sudut $\alpha$	Sampel	Momen (N-mm)	$\varphi_u$ (1/mm)	$\varphi_y$ (1/mm)	Daktilitas	Daktilitas (%)
15°	2	2015370,38	4,60016E-05	3,76787E-05	1,2209	94,8676
	4	3358950,63	5,88757E-05	4,57485E-05	1,2869	100,0000
25°	1	2420224,19	4,27930E-05	3,69761E-05	1,1573	100,0000
	3	5186194,69	6,11867E-05	5,87499E-05	1,0415	89,9908

Ditinjau dari variasi susunan penampang dengan sudut kemiringan *rafter* (sudut  $\alpha$ ) konstan seperti ditunjukkan pada Tabel 5.18, pada sampel yang menggunakan sudut kemiringan *rafter* sebesar 15° daktilitas kelengkungan terbesar terdapat pada sampel 4 yaitu 5,1324 % lebih besar dari sampel 2 dan pada sampel yang menggunakan sudut kemiringan *rafter* (sudut  $\alpha$ ) sebesar 25° daktilitas kelengkungan pada sampel 1 lebih besar daripada sampel 3 yaitu sebesar 10,0092 % lebih besar.

**Tabel 5.19** Daktilitas kelengkungan dari variasi sudut kemiringan *rafter*

Susunan Penampang	Sampel	Momen (N-mm)	$\varphi_u$ (1/mm)	$\varphi_y$ (1/mm)	Daktilitas	Daktilitas (%)
$I_{badan} < I_{sayap}$	1	2420224,19	4,279E-05	3,698E-05	1,1573	94,7926
	2	2015370,38	4,600E-05	3,768E-05	1,2209	100,0000
$I_{badan} > I_{sayap}$	3	5186194,69	6,119E-05	5,875E-05	1,0415	80,9265
	4	3358950,63	5,888E-05	4,575E-05	1,2869	100,0000

Berdasarkan Tabel 5.19 yang merupakan daktilitas kelengkungan ditinjau dari variasi sudut kemiringan *rafter* (sudut  $\alpha$ ) dengan susunan penampang konstan menunjukkan bahwa untuk susunan penampang dengan  $I_{badan} < I_{sayap}$ , daktilitas

kelengkungan pada sampel 2 lebih besar daripada sampel 1 yaitu sebesar 5,2074 % dan untuk susunan penampang dengan  $I_{badan} > I_{sayap}$ , daktilitas kelengkungan terbesar dimiliki oleh sampel 4 yaitu 19,073 % lebih besar dari sampel 3.

**Tabel 5.20** Daktilitas kelengkungan dengan berbagai variasi

Sampel	Momen (N-mm)	$\phi_u$ (1/mm)	$\phi_y$ (1/mm)	Daktilitas	Daktilitas (%)
1	2420224,19	4,279E-05	3,698E-05	1,1573	89,9275
2	2015370,38	4,600E-05	3,768E-05	1,2209	94,8676
3	5186194,69	6,119E-05	5,875E-05	1,0415	80,9265
4	3358950,63	5,888E-05	4,575E-05	1,2869	100,0000

Daktilitas kelengkungan terbesar dari berbagai variasi seperti pada Tabel 5.20, terdapat pada sampel 4 yaitu 10,0725 % lebih besar dari sampel 1; 5,1324 % lebih besar dari sampel 2 dan 19,0735 % lebih besar dari sampel 3.

### 5.2.2.5 Perbandingan Kekuatan *Gable Frame* dari Hasil Pengujian dengan Hasil Teoritis

#### 5.2.2.5.1 Ditinjau dari Variasi Sudut Kemiringan Rafter

Beban maksimum hasil teoritis dianalisis dengan bantuan program komputer dan hasil analisis dapat dilihat pada Lampiran 5. *Gable frame* dari hasil teoritis menggunakan sudut kemiringan *rafter* sebesar  $15^0$ ,  $20^0$ ,  $25^0$  dan  $30^0$ . Perbandingan kekuatan *gable frame* dari variasi sudut kemiringan *rafter* dari hasil teoritis dapat dilihat pada Tabel 5.21 dan Tabel 5.22. Perbandingan beban kritis antara hasil teoritis dengan hasil penelitian dapat dilihat pada Gambar 5.3 dan Tabel 5.23.

**Tabel 5.21** Perbandingan beban kritis hasil teoritis dari variasi sudut kemiringan *rafter* dan susunan penampang  $I_{badan} > I_{sayap}$

No	Sudut $\alpha$ ( $^{\circ}$ )	Susunan Penampang	Beban Kritis ( N )	Beban Kritis ( % )
1	15	$I_{badan} > I_{sayap}$	11277,6475	79,3104
2	20	$I_{badan} > I_{sayap}$	12258,3125	86,2069
3	25	$I_{badan} > I_{sayap}$	13238,9775	93,1035
4	30	$I_{badan} > I_{sayap}$	14219,6425	100,0000

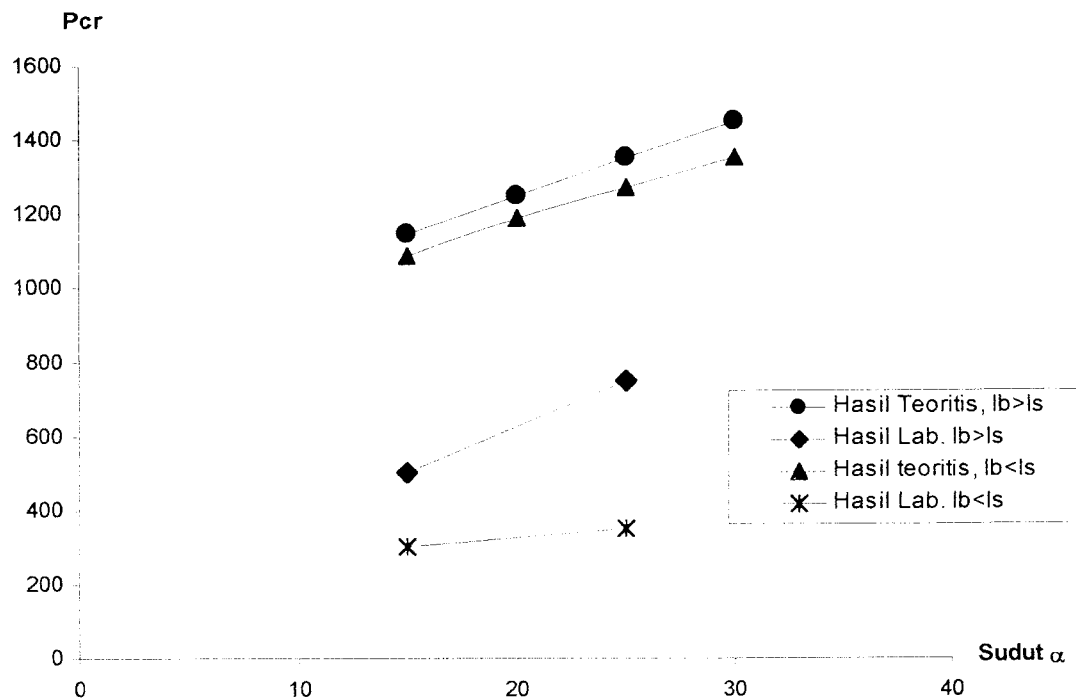
Berdasarkan Tabel 5.21 di atas dapat dilihat bahwa *gable frame* dengan sudut kemiringan *rafter* yang besar mampu memikul beban yang lebih besar daripada *gable frame* dengan sudut kemiringan *rafter* yang kecil. Perbandingan *gable frame* dari variasi sudut kemiringan *rafter* pada Tabel 5.1 menunjukkan bahwa *gable frame* dengan sudut kemiringan *rafter*  $30^{\circ}$  mampu memikul beban yang lebih besar daripada *gable frame* dengan sudut kemiringan *rafter*  $15^{\circ}$ ,  $20^{\circ}$  dan  $25^{\circ}$  yaitu masing-masing 20,6896%, 13,7931% dan 6,8965%. Hasil analisis diatas sesuai dengan hasil penelitian yang telah dibahas dimuka bahwa *gable frame* dengan sudut kemiringan *rafter* yang besar mampu memikul beban yang lebih besar daripada *gable frame* dengan sudut kemiringan *rafter* yang kecil.

**Tabel 5.22** Perbandingan beban kritis hasil teoritis dari variasi sudut kemiringan *rafter* dan susunan penampang  $I_{badan} < I_{sayap}$

No	Sudut $\alpha$ ( $^{\circ}$ )	Susunan Penampang	Beban Kritis ( N )	Beban Kritis ( % )
1	15	$I_{badan} < I_{sayap}$	10689,2485	80,7407
2	20	$I_{badan} < I_{sayap}$	11669,9135	88,1482
3	25	$I_{badan} < I_{sayap}$	12454,4455	94,0741
4	30	$I_{badan} < I_{sayap}$	13238,9775	100,0000



Tabel 5.22 diatas menunjukkan bahwa *gable frame* dengan sudut kemiringan *rafter*  $30^0$  dengan susunan penampang yang konstan yaitu  $I_{badan} < I_{sayap}$  memiliki beban kritis lebih besar 19,2593 % dari sudut  $15^0$ , 11,8518 % dari sudut  $20^0$  dan 5,9259 % dari sudut  $25^0$ .



**Gambar 5.3** Perbandingan  $P_{cr}$  Hasil Teoritis dengan Hasil Penelitian

Gambar 5.3 memperlihatkan bahwa grafik hasil teoritis berada di atas grafik hasil penelitian yang berarti beban kritis hasil teoritis lebih besar daripada beban kritis hasil penelitian. Pengamatan dari Gambar 5.3 di atas dirangkum pada Tabel 5.23 sampai Tabel 5.25.

**Tabel 5.23** Perbandingan beban kritis hasil teoritis dengan hasil penelitian dengan susunan penampang  $I_{badan} > I_{sayap}$

Sudut $\alpha$ (°)	Susunan Penampang	Beban Kritis ( N )		Beban Kritis (%)
		Teoritis	Penelitian	
15	$I_{badan} > I_{sayap}$	11277,6475	4903,325	43,4783
25	$I_{badan} > I_{sayap}$	13238,9775	7354,9875	55,5556

Berdasarkan Tabel 5.22 di atas, *gable frame* dengan sudut kemiringan *rafter*  $15^0$  dari hasil teoritis mampu memikul beban lebih besar 43,4783 % daripada hasil penelitian dan beban kritis hasil teoritis pada *gable frame* dengan sudut kemiringan *rafter*  $25^0$  lebih besar 55,5556 % daripada hasil penelitian.

**Tabel 5.24** Perbandingan beban kritis hasil teoritis dengan hasil penelitian dengan susunan penampang  $I_{badan} < I_{sayap}$

Sudut $\alpha$ (°)	Susunan Penampang	Beban Kritis ( N )		Beban Kritis (%)
		Teoritis	Penelitian	
15	$I_{badan} < I_{sayap}$	10689,2485	2941,9950	27,5229
25	$I_{badan} < I_{sayap}$	12454,4455	3432,3275	27,5591

Tabel 5.24 menunjukkan bahwa *gable frame* dengan sudut kemiringan *rafter*  $15^0$  dengan susunan penampang  $I_{badan} < I_{sayap}$  dari hasil teoritis lebih besar 27,5229 % daripada hasil penelitian. *Gable frame* dengan sudut kemiringan *rafter*  $25^0$  dengan susunan penampang konstan menunjukkan hal yang sama dengan sudut  $15^0$  yaitu beban kritis hasil teoritis lebih besar 27,5591 % daripada hasil penelitian.

### 5.2.2.5.2 Ditinjau dari Variasi Susunan Penampang Komponen

Berdasarkan Gambar 5.3 di atas, kekuatan *gable frame* hasil teoritis dari variasi susunan penampang komponen  $I_{badan} > I_{sayap}$  dibandingkan dengan kekuatan *gable frame* dengan susunan penampang komponen  $I_{badan} < I_{sayap}$  dan sudut kemiringan *rafter* konstan dapat dilihat pada Tabel 5.25.

**Tabel 5.25** Perbandingan beban kritis hasil penelitian variasi susunan penampang

Sudut $\alpha$ ( $^{\circ}$ )	Susunan Penampang	Pcr (N)	Pcr (%)
15	$I_{badan} > I_{sayap}$	11277,6475	100,0000
	$I_{badan} < I_{sayap}$	10689,2485	94,7826
20	$I_{badan} > I_{sayap}$	12258,3125	100,0000
	$I_{badan} < I_{sayap}$	11669,9135	95,2000
25	$I_{badan} > I_{sayap}$	13238,9775	100,0000
	$I_{badan} < I_{sayap}$	12454,4455	94,0741
30	$I_{badan} > I_{sayap}$	14219,6425	100,0000
	$I_{badan} < I_{sayap}$	13238,9775	93,1035

*Gable frame* dengan susunan penampang komponen  $I_{badan} > I_{sayap}$  mampu memikul beban yang lebih besar daripada *gable frame* dengan susunan penampang  $I_{badan} < I_{sayap}$  yaitu lebih besar 5,2174 % untuk sudut  $15^{\circ}$ , 4,8 % untuk sudut  $20^{\circ}$ , 5,9259 % untuk sudut  $25^{\circ}$  dan 6,8965 % untuk sudut  $30^{\circ}$ .

Kekuatan sampel dari hasil penelitian dibandingkan dengan *gable frame* dari hasil teoritis dengan sudut kemiringan *rafter* konstan, tetapi susunan penampangnya berbeda. Perbandingan kekuatan *gable frame* dengan variasi susunan penampang komponen antara hasil teoritis dengan hasil penelitian dapat dilihat pada Tabel 5.26.

**Tabel 5.26** Perbandingan kekuatan hasil teoritis dengan hasil penelitian dari variasi susunan penampang komponen

No	Sudut $\alpha$ ( $^{\circ}$ )	Susunan penampang		P <sub>cr</sub> ( N )		P <sub>cr</sub> ( % )
		Teoritis	Penelitian	Teoritis	Penelitian	
1	15	$I_{badan} > I_{sayap}$	$I_{badan} < I_{sayap}$	11277,6475	2941,9950	26,0870
	25	$I_{badan} > I_{sayap}$	$I_{badan} < I_{sayap}$	13238,9775	3432,3275	25,9259
2	15	$I_{badan} < I_{sayap}$	$I_{badan} > I_{sayap}$	10689,2485	4903,3250	45,8716
	25	$I_{badan} < I_{sayap}$	$I_{badan} > I_{sayap}$	12454,4455	7354,9875	59,0552

Tabel 5.26 menunjukkan *gable frame* dengan sudut kemiringan *rafter* yang konstan tetapi susunan penampang komponen dari hasil teoritis berbeda dengan susunan penampang komponen hasil penelitian. Berdasarkan nomor 1 pada Tabel 5.26, kekuatan *gable frame* dari hasil teoritis yang menggunakan susunan penampang komponen  $I_{badan} > I_{sayap}$  lebih besar 26,0870 % untuk sudut kemiringan *rafter*  $15^{\circ}$  dan 25,9259% untuk sudut kemiringan *rafter*  $25^{\circ}$  daripada hasil penelitian yang menggunakan susunan penampang komponen  $I_{badan} < I_{sayap}$ . Berdasarkan nomor 2 pada Tabel 5.23, kekuatan *gable frame* dari hasil teoritis yang menggunakan susunan penampang komponen  $I_{badan} < I_{sayap}$  lebih besar 45,8716 % untuk sudut kemiringan *rafter*  $15^{\circ}$  dan 59,0552 % untuk sudut kemiringan *rafter*  $25^{\circ}$  daripada hasil penelitian yang menggunakan susunan penampang komponen  $I_{badan} > I_{sayap}$ .

### 5.2.2.6 Perbandingan Hasil Pengujian *Gable Frame* dari Profil Bentuk Dingin dengan Hasil Pengujian *Gable Frame* dari Kayu

Hasil Penelitian yang dilakukan oleh Dani dan Siti (2003) yang berjudul Perilaku *Gabled Frame* Kayu dengan Sambungan Baut dan Tabung Baja akan dibandingkan dengan hasil penelitian *gable frame* baja dari profil bentuk dingin. Penampang *gable frame* kayu berbentuk segi empat dengan dimensi penampang 6/12 dan penampang *gable frame* baja dari profil bentuk dingin berbentuk kotak. *Gable frame* yang akan dibandingkan adalah *gable frame* dengan sudut kemiringan *rafter* dan susunan penampang yang sama.

Secara teoritis kekakuan *gable frame* kayu dengan modulus elastisitas (E) sebesar 12378,78 MPa dan momen inersia (I) sebesar 8640000 mm<sup>4</sup> lebih besar daripada kekakuan *gable frame* baja dari profil bentuk dingin dengan modulus elastisitas (E) sebesar 78321 MPa dan momen inersia (I) sebesar 831645,3333 mm<sup>4</sup>. Hal ini disebabkan karena momen inersia *gable frame* kayu jauh lebih besar daripada momen inersia baja dari profil bentuk dingin walaupun modulus elastisitas *gable frame* kayu lebih kecil daripada modulus elastisitas *gable frame* baja dari profil bentuk dingin dan untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 5.27.

**Tabel 5.27** Kekakuan *gable frame* kayu dan *gable frame* baja

<i>Gable Frame</i>	Mod.elastis. (E) (MPa)	Momen Inersia (I) (mm <sup>4</sup> )	EI (N-mm <sup>2</sup> )
Kayu	12378,7800	8640000,0000	106952659200
Baja	78321,0000	831645,3333	65135294149

Tabel 5.27 di atas menunjukkan bahwa kekakuan *gable frame* kayu lebih besar daripada kekakuan *gable frame* baja dari profil bentukan dingin dan perbandingan kekakuan tersebut dapat dilihat pada analisis berikut :

$$\frac{k_{baja}}{k_{kayu}} = \frac{E_{baja} * I_{baja}}{E_{kayu} * I_{kayu}}$$

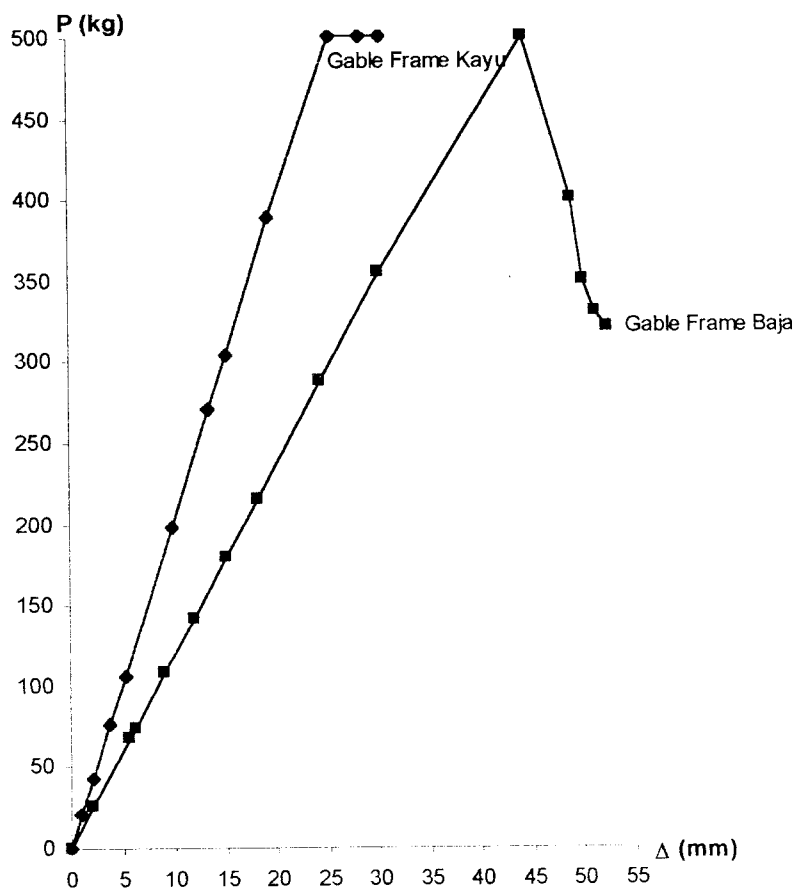
$$\frac{k_{baja}}{k_{kayu}} = \frac{78321 * 831645,3333}{12378,78 * 8640000}$$

$$\frac{k_{baja}}{k_{kayu}} = \frac{65135294149}{106952659200}$$

$$\frac{k_{baja}}{k_{kayu}} = 0,6090$$

Berdasarkan analisis dan Tabel 5.27, menunjukkan bahwa secara teoritis *gable frame* kayu lebih kaku daripada *gable frame* baja dari profil bentukan dingin. Perbandingan kekakuan *gable frame* kayu dengan *gable frame* baja dari profil bentukan dingin adalah sebesar 60,90 %.

Hasil penelitian *gable frame* kayu dengan hasil penelitian *gable frame* baja dari profil bentukan dingin dibuat dalam bentuk grafik yang merupakan hubungan beban-lendutan (P-Δ), sehingga perbandingannya dapat dilihat seperti pada Gambar 5.4.



**Gambar 5.4** Hubungan  $P$ - $\Delta$  *gable frame* kayu dan *gable frame* baja

Perbandingan antara *gabled frame* kayu dengan *gable frame* baja dapat dilihat pada Gambar 5.4 dimana beban maksimum yang mampu ditahan oleh *gable frame* dari kayu dengan dimensi penampang sebesar 6/12 dan *gable frame* dari bentukan dingin adalah sama yaitu sebesar 500 kg, tetapi kekakuannya berbeda dan untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 5.28.

**Tabel 5.28** Perbandingan kekakuan *gable frame* kayu dengan *gable frame* baja

<i>Gable Frame</i>	$P_y$ (N)	$\Delta_y$ (mm)	Kekakuan (N/mm)	Kekakuan (%)
Kayu	4903,325	30,0500	163,1722	100,0000
Baja	4903,325	40,9600	119,7101	73,3644

Tabel 5.28 di atas menunjukkan bahwa kekakuan *gable frame* kayu lebih besar daripada kekakuan *gable frame* baja dari profil bentukan dingin, yaitu sebesar 26,6356 %. Hasil penelitian menunjukkan uraian yang sama dengan hasil teoritis yang telah diuraikan di atas bahwa kekakuan *gable frame* kayu lebih besar daripada kekakuan *gable frame* baja dari profil bentukan dingin.

Analisis *gable frame* kayu dan *gable frame* baja dari profil bentukan dingin dilakukan dengan bantuan program komputer, sehingga didapatkan beban rencana. Secara teoritis *gable frame* kayu mampu menahan beban sebesar 375 kg dan *gable frame* baja dari profil bentukan dingin mampu menahan beban sebesar 400 kg. Hasil teoritis menunjukkan bahwa *gable frame* baja dari profil bentukan dingin lebih kuat memikul beban daripada *gable frame* kayu.

Berdasarkan hasil penelitian beban kritis *gable frame* kayu sama dengan beban kritis *gable frame* baja dari profil bentukan dingin yaitu sebesar 500 kg. Beban kritis hasil penelitian ternyata lebih besar daripada beban kritis hasil teoritis untuk kedua *gable frame*. Beban kritis hasil teoritis yang dianalisis dengan bantuan program komputer sebenarnya belum menyebabkan kedua *gable frame* tersebut runtuh karena adanya pengaruh faktor keamanan sedangkan beban kritis yang didapat dari hasil



penelitian adalah pada saat kedua *gable frame* mengalami keruntuhan. Hasil teoritis menunjukkan bahwa *gable frame* baja dari profil bentukan dingin lebih kuat daripada *gable frame* kayu, tetapi dari hasil penelitian menunjukkan kekuatan kedua *gable frame* adalah sama, hal ini mungkin disebabkan pada saat penelitian perletakan beban tidak simetris dan pembacaan dial pembebanan kurang teliti.

Park dan Paulay (1975) mengemukakan bahwa daktilitas berbanding lurus dengan lendutan maksimum dan berbanding terbalik dengan lendutan pada saat beban mencapai leleh. Berdasarkan Gambar 5.4 lendutan maksimum pada *gable frame* kayu lebih kecil daripada lendutan maksimum pada *gable frame* baja, hal ini menunjukkan bahwa daktilitas *gable frame* kayu lebih kecil daripada daktilitas *gable frame* baja sebagaimana yang telah diuraikan oleh Park dan Paulay di atas, yaitu semakin besar lendutan maksimum semakin besar daktilitasnya dengan lendutan pada saat beban leleh konstan dan lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 5.29.

**Tabel 5.29** Perbandingan daktilitas *gable frame* kayu dengan *gable frame* baja

<i>Gable Frame</i>	$P_y$ (N)	$\Delta_u$ (mm)	$\Delta_y$ (mm)	Daktilitas	Daktilitas (%)
Kayu	4903,3250	30,0500	25,2500	1,1901	93,4198
Baja	4903,3250	52,1800	40,9600	1,2739	100,0000

Tabel 5.29 menunjukkan bahwa daktilitas *gable frame* baja dari profil bentukan dingin lebih besar 6,5802 % daripada daktilitas *gable frame* kayu. Lendutan maksimum *gable frame* baja jauh lebih besar daripada lendutan *gable frame* kayu.

## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini menguraikan kesimpulan dan saran yang didapat dari hasil dan kendala selama pelaksanaan penelitian.

#### 6.1 Kesimpulan

Berdasarkan pengolahan data yang didapat dari hasil penelitian di laboratorium, maka dapat diambil kesimpulan tentang perilaku *gable frame* dari profil bentukan dingin, yaitu :

1. kekuatan pada struktur *gable frame* dengan sudut kemiringan *rafter* (sudut  $\alpha$ ) besar dan susunan penampang komponen konstan memiliki kekuatan 33,333% lebih besar daripada struktur *gable frame* dengan sudut  $\alpha$  yang kecil. Ditinjau dari variasi susunan penampang komponen dengan sudut  $\alpha$  konstan, struktur *gable frame* yang penampang komponennya disusun dengan  $I_{badan} \cdot I_{sayap}$  memiliki kekuatan yang lebih kecil daripada struktur *gable frame* yang penampang komponennya disusun dengan  $I_{badan} + I_{sayap}$ , yaitu sebesar 53,333 % lebih kecil,
2. daktilitas dan kekakuan terbesar dari variasi sudut  $\alpha$  dengan susunan penampang konstan terdapat pada struktur *gable frame* dengan sudut  $\alpha$  besar. Daktilitas struktur *gable frame* dengan sudut  $\alpha$  kecil mengalami penurunan

sebesar 1,2443 % untuk daktilitas simpangan dan 19,073 % untuk daktilitas kelengkungan dan kekakuannya juga mengalami penurunan sebesar 42,1875% dari hubungan  $P-\Delta$  dan 17,034 % dari hubungan  $M-\Phi$ . Ditinjau dari variasi susunan penampang komponen dengan sudut  $\alpha$  konstan, struktur *gable frame* yang penampang komponennya disusun dengan  $I_{badan} < I_{sayap}$  memiliki daktilitas simpangan, daktilitas kelengkungan, kekakuan dari hubungan  $P-\Delta$  dan kekakuan dari hubungan  $M-\Phi$  masing-masing lebih kecil 6,5807 %; 10,009 %; 41,4394 % dan 25,853 %,

3. lendutan dari hasil teoritis lebih kecil daripada lendutan dari hasil pengujian *gable frame*, tetapi kekakuan dari hasil teoritis lebih besar daripada kekakuan dari hasil pengujian, yaitu 40,877 % untuk sampel 1; 55,962 % untuk sampel 2; 29,976 % untuk sampel 3 dan 57,830 % untuk sampel 4,
4. kekakuan *gable frame* kayu lebih besar daripada kekakuan *gable frame* baja dari profil bentukan dingin. Daktilitas *gable frame* baja dari profil bentukan dingin lebih besar daripada daktilitas *gable frame* kayu, hal ini dapat dilihat dari perbedaan lendutan yang terjadi. Lendutan dari hasil penelitian *gable frame* kayu lebih kecil daripada hasil penelitian *gable frame* baja dari profil bentukan dingin sehingga kekakuan dari hasil penelitian *gable frame* kayu lebih besar 26,6356 % dan daktilitasnya lebih kecil 6,5802 % daripada hasil penelitian *gable frame* baja dari profil bentukan dingin dan

5. pola kegagalan yang terjadi pada *gable frame* dari profil bentukan dingin adalah tekuk lokal (*local buckling*).

## 6.2 Saran

Penelitian ini masih banyak memiliki kekurangan, baik dari segi waktu, biaya dan material. Berdasarkan hal di atas, maka penulis merasa perlu memberikan saran-saran demi sempurnanya penelitian tentang *gable frame* dari profil bentukan dingin, yaitu :

1. untuk mendapatkan hasil penelitian yang lebih baik sampel perlu diperbanyak,
2. pembacaan dial sebaiknya dicermati dengan teliti untuk mendapatkan hasil pembacaan yang akurat dan
3. perlu diadakan penelitian tentang *gable frame* dari profil bentukan dingin dengan variasi sambungan sudut, variasi tinggi kolom dan variasi panjang bentang.

## DAFTAR PUSTAKA

- Salmon, Charles G. dan John, E. J., 1991, **STRUKTUR BAJA DISAIN DAN PERILAKU**, Jilid 1, Erlangga, Jakarta.
- Salmon, Charles G. dan John, E. J., 1995, **STRUKTUR BAJA DISAIN DAN PERILAKU**, Jilid 2, Erlangga, Jakarta.
- Tall, L., 1974, **STRUCTURAL STEEL DESIGN**, Second Edition, The Ronald Press Company, Bethlehem.
- Bowles, J. E., 1985, **STRUCTURAL STEEL DESIGN**, McGraw-Hill, Inc., New York.
- Beedle, L. S., 1958, **PLASTIC DESIGN OF STEEL FRAMES**, John Wiley and Sons, Inc., New York.
- Padosbajayo, 1991, **DIKTAT KULIAH STRUKTUR BAJA**, PT. Nafiri, Yogyakarta.
- Ketter, R.L., George C.L dan Sherwood P.P. Jr., 1979, **STRUCTURAL ANALYSIS AND DESIGN**, McGraw-Hill, Inc, New York
- Park, R dan T. Paulay, 1975, **REINFORCED CONCRETE STRUCTURES**, John Wiley and Sons, New York
- Dani A.K. dan Siti N.F., 2003, **PERILAKU *GABLE FRAME* KAYU DENGAN SAMBUNGAN BAUT DAN TABUNG BAJA**, Jogjakarta

# **LAMPIRAN 1**

**KARTU PESERTA TUGAS AKHIR**

NO.	N A M A	NO. MHS.	BID.STUDI
1	Ali Sadikin	96310275	Teknik Sipil
2	Afan Alfani	97511230	Teknik Sipil

**JUDUL TUGAS AKHIR :**

Pemilahan gable time dari sistem bentukan dimgim.  
 .....  
 .....

**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  
 DOSEN PEMBIMBING II

Ir. H. Sarwidi, MSCE, PhD.

Ir. Fatkhurrotunan N., MT.



Yogyakarta, 21 Maret 2003  
 a.n. Dekan,  
  
 Ir. H. Munadhir, MS  
 (.....)

**Catatan.**

Seminar .....  
 Sidang .....  
 Pendadaran : .....



# UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

## FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

KAMPUS : Jalan Kaliurang Km. 14.4 Tel. 895042, 895707, 896440, Fax. 895330, Yogyakarta 55584

FM-UTI-AA-FPU-09  
Yogyakarta, 21 Maret 2003

Nomor : 01/Kajur.TS.20/6g/Pn.III/2003  
Lamp. : -  
Hal : BIMBINGAN TUGAS AKHIR  
Periode : III (Maret - Agustus 2003).

Kepada Yth. :  
Bapak/Ibu : **Ir. H. Saewati, MSCE, PhD.**  
Di - Yogyakarta.

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Dengan ini kami mohon dengan hormat kepada Bapak/Ibu agar mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan tersebut dibawah ini :

1. Nama : **Ir. H. Saewati**  
No. Abs. : **01.10270**  
Bidang Studi : **TS.**  
Tahun Akademik : **2002-2003**
2. Nama : **Zain Alfani**  
No. Abs. : **9701230**  
Bidang Studi : **TS.**  
Tahun Akademik : **2002-2003**

diapat dibarengi dengan pengisian pengisian serta bidangan dan melaksanakan Tugas Akhir

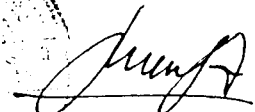
Kelompok mahasiswa tersebut membentuk satu kelompok dengan dosen pembimbing sbd :

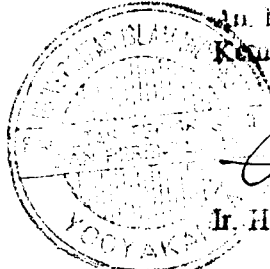
Dosen Pembimbing I : **Ir. H. Saewati, MSCE, PhD.**  
Dosen Pembimbing II : **Ir. Fachrurrohmah N., MT.**

Dengan menganda Topik Judul :  
**Perilaku gable frame dari profil bentukan segitiga.**

Demikian atas bantuan serta kerjasamanya diucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

At. Dekan  
Kajur. Jurusan Teknik Sipil,  
  
Ir. H. Muadhir, MS.



Tembusan :

1. Dosen Pembimbing ybs.
2. Mahasiswa ybs.
3. Arsip/Jurusan Teknik Sipil.





# UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

## FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

KAMPUS : Jalan Kaliurang Km. 14,4 Tel. 895042, 895707, 896440, Fax. 895330, Yogyakarta 55584

FM-UII-AA-FPU-09

Yogyakarta, 21 Maret 2003

Nomor : 41/Kajur.TS.20/Bg.Pn./III/2003

Lamp. : -

Hal : BIMBINGAN TUGAS AKHIR

Periode : III ( Maret - Agustus 2003 ).

Kepada Yth. :

Bapak/Ibu. : **Ir. Fatkhurrohman N., MT.**

Di - Yogyakarta.

Assalamu'alaikum Wt. Wb

Dengan ini kami mohon dengan hormat kepada Bapak/Ibu agar mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan tersebut dibawah ini :

1. Nama : **Ali Saadikin**  
No. Mhs : **96340275**  
Bidang Studi : **TS.**  
Tahun akademik : **2002/2003**

2. Nama : **Afan Afani**  
No. Mhs. : **97511230**  
Bidang Studi : **TS.**  
Tahun akademik : **2002/2003**

Dapat diberikan petunjuk-petunjuk, pengarahan serta bimbingan dalam melaksanakan Tugas Akhir.

Kedua mahasiswa tersebut merupakan satu kelompok dengan dosen pembimbing sebagai :

Dosen Pembimbing I : **Ir. H. Sarwidi, MSCE, PhD.**

Dosen Pembimbing II : **Ir. Fatkhurrohman N., MT.**

Dengan mengambill Topik judul :

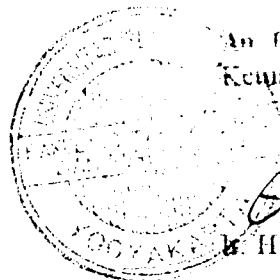
*Perilaku gable frame dari profil berbentuk dinjin*

Demiikian atas bantuan serta kerjasamanya diucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum Wt. Wb.

An. Dekan

Kemua Jurusan Teknik Sipil.



**Ir. H. Mumadhir, MS.**

**Tembusan :**

1. Dosen Pembimbing ybs.
2. Mahasiswa ybs.
3. Arsip/Jurusan Teknik Sipil.

# **LAMPIRAN 2**

## DATA PEMERIKSAAN UJI TARIK BAJA

### 1. BENDA UJI 1

- ❖ Lebar benda uji = 21 mm
- ❖ Tebal benda uji = 2 mm
- ❖ Luas benda uji ( $A_1$ ) = 42 mm<sup>2</sup>
- ❖ Panjang awal benda uji ( $L_0$ ) =  $5\sqrt{\frac{4A}{\pi}} = 36,5637$  mm
- ❖ Beban leleh ( $P_{y1}$ ) = 855 Kg = 8384,6858 N
- ❖  $F_{y1} = \frac{P_{y1}}{A_1} = \frac{8384,6858}{42} = 199,6354$  MPa
- ❖ Beban Ultimit ( $P_{u1}$ ) = 1245 Kg = 12209,2793 N
- ❖  $F_{u1} = \frac{P_{u1}}{A_1} = \frac{12209,2793}{42} = 290,6972$  MPa
- ❖ Beban Putus ( $P_{putus1}$ ) = 920 Kg = 9022,1180 N
- ❖  $F_{putus1} = \frac{P_{putus1}}{A_1} = \frac{9022,1180}{42} = 214,8123$  MPa

**Tabel 1** Pengamatan uji tarik baja benda uji 1

P (N)	$\Delta L$ (mm)	$\sigma = P/A$ (MPa)	$\epsilon = \Delta L/L_0 (10^{-2})$		
			Data Asli	Regresi	Koreksi
980,665	1,9	23,3491667	0,051964158	0,0378018	0,028140002
1961,330	2,2	46,6983333	0,060169025	0,0659418	0,056280004
2941,995	3,2	70,0475000	0,087518581	0,0940818	0,084420006
3922,660	4,2	93,3966667	0,114868138	0,1222218	0,112560008
4903,325	5,0	116,7458330	0,136747783	0,1503618	0,140700010
5883,990	6,9	140,0950000	0,188711941	0,1785018	0,168840012
6864,655	7,2	163,4441670	0,196916808	0,2066418	0,196980014
7845,320	8,5	186,7933330	0,232471232	0,2347818	0,225120016
8825,985	15,3	210,1425000	0,418448217	0,4281039	0,418442085
9806,650	25,2	233,4916670	0,689208828	0,6179500	0,608288143
10787,320	26,1	256,8408330	0,713823429	0,8077960	0,798134201
11767,980	84,9	280,1900000	2,321977363	2,3675107	2,357848839
12209,280	100,9	290,6971250	2,759570269	2,8136846	2,804022816
9022,118	220,0	214,8123330	6,016902471	6,1348922	6,125230356

a. Koreksi

$$\frac{0,2347818 - 0,2066418}{186,7933330 - 163,4441670} = \frac{0,2347818 + x}{186,7933330}$$

$$x = -0,0006 \times 10^{-2}$$

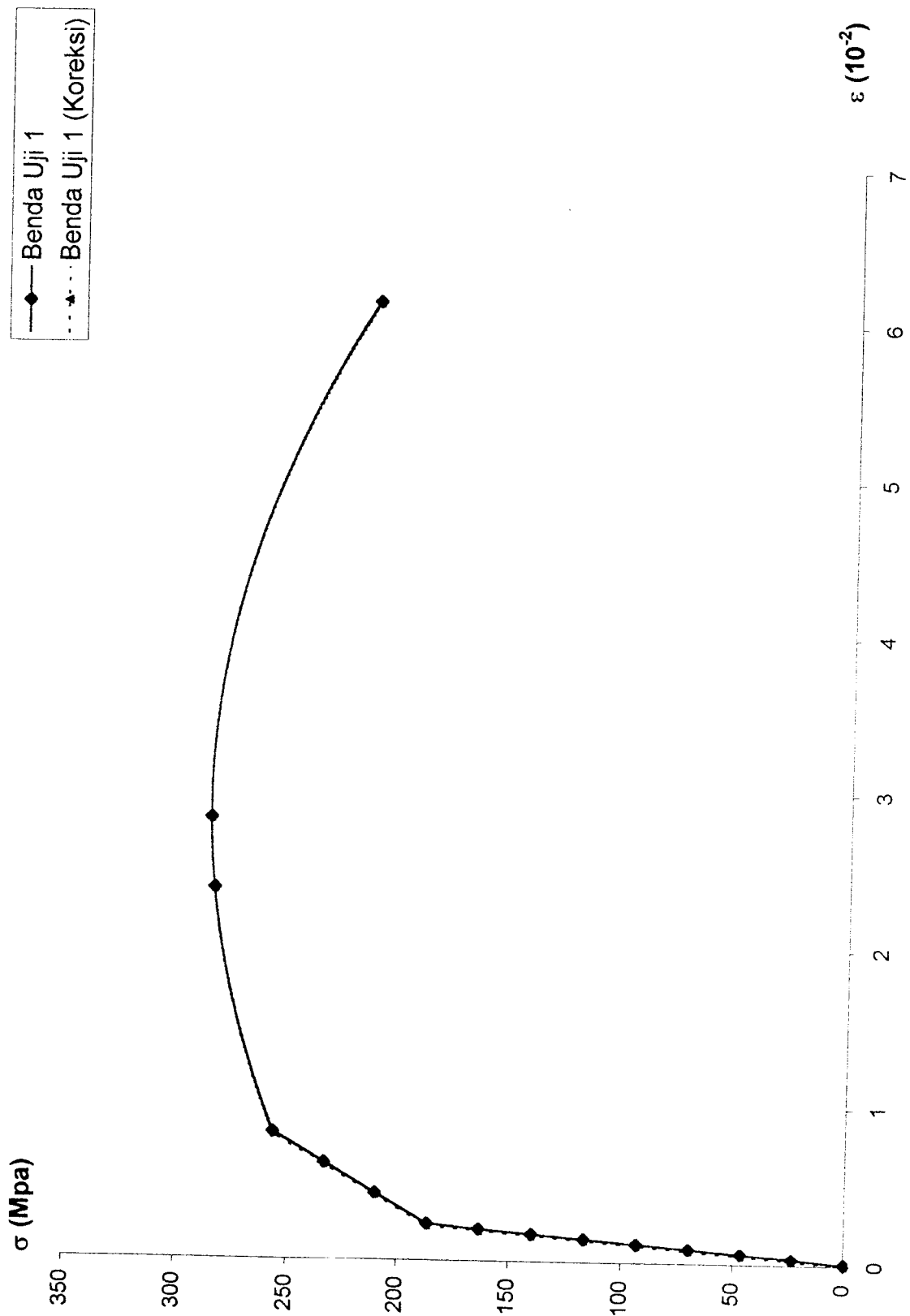
b. Batas sebanding

$$\sigma_p = 186,793333 \text{ MPa}$$

$$\epsilon_p = 0,22512 \times 10^{-2}$$

c. Modulus elastisitas

$$E_1 = \frac{\sigma_p}{\epsilon_p} = \frac{186,793333}{0,22512 \times 10^{-2}} = 82975 \text{ MPa}$$



Gambar 1 Hubungan tegangan-regangan benda uji 1

**2. BENDA UJI 2**

- ❖ Lebar benda uji = 20,5 mm
- ❖ Tebal benda uji = 2 mm
- ❖ Luas benda uji ( $A_2$ ) = 41 mm<sup>2</sup>
- ❖ Panjang awal benda uji ( $L_0$ ) =  $5\sqrt{\frac{4A}{\pi}} = 36,1258$  mm
- ❖ Beban leleh ( $P_{y2}$ ) = 860 Kg = 8433,7190 N
- ❖  $F_{y2} = \frac{P_{y2}}{A_2} = \frac{8433,7190}{41} = 205,7005$  MPa
- ❖ Beban Ultimit ( $P_{u2}$ ) = 1240 Kg = 12160,2460 N
- ❖  $F_{u2} = \frac{P_{u2}}{A_2} = \frac{12160,2460}{41} = 296,5914$  MPa
- ❖ Beban Putus ( $P_{putus2}$ ) = 400 Kg = 3922,66 N
- ❖  $F_{putus2} = \frac{P_{putus2}}{A_2} = \frac{3922,66}{41} = 95,6746$  MPa

**Tabel 2** Pengamatan uji tarik baja benda uji 2

P (N)	$\Delta L$ ( $10^{-2}$ mm)	$\sigma = P/A$ (MPa)	$\epsilon = \Delta L/L_0$ ( $10^{-2}$ )		
			Data	Regresi	Koreksi
980,665	1,1	23,9186585	0,0304492	0,091892786	0,03246862
1961,330	1,9	47,8373171	0,0525940	0,124361406	0,06493724
2941,995	2,4	71,7559756	0,0664346	0,156830026	0,09740586
3922,660	3,3	95,6746341	0,0913476	0,189298647	0,12987448
4903,325	4,2	119,5932930	0,1162605	0,221767267	0,16234310
5883,990	6,0	143,5119510	0,1660865	0,254235887	0,19481172
6864,655	7,5	167,4306100	0,2076081	0,286704508	0,22728034
7845,320	9,0	191,3492680	0,2491297	0,319173128	0,25974896
8825,985	9,8	215,2679270	0,2712746	0,410422124	0,35099796
9806,650	18,8	239,1865850	0,5204043	0,779224198	0,71980003
10787,320	36,9	263,1052440	1,0214318	1,148026272	1,08860211
11767,980	58,7	287,0239020	1,6248793	1,516828347	1,45740418
12160,250	79,1	296,5913660	2,1895733	2,189573315	2,13014915
3922,660	170,0	95,6746341	4,7057834	4,705783356	4,64635919

a. Koreksi

$$\frac{0,319173128 - 0,286704508}{191,3492680 - 167,4306100} = \frac{0,319173128 + x}{191,3492680}$$

$$x = -0,0594 \times 10^{-2}$$

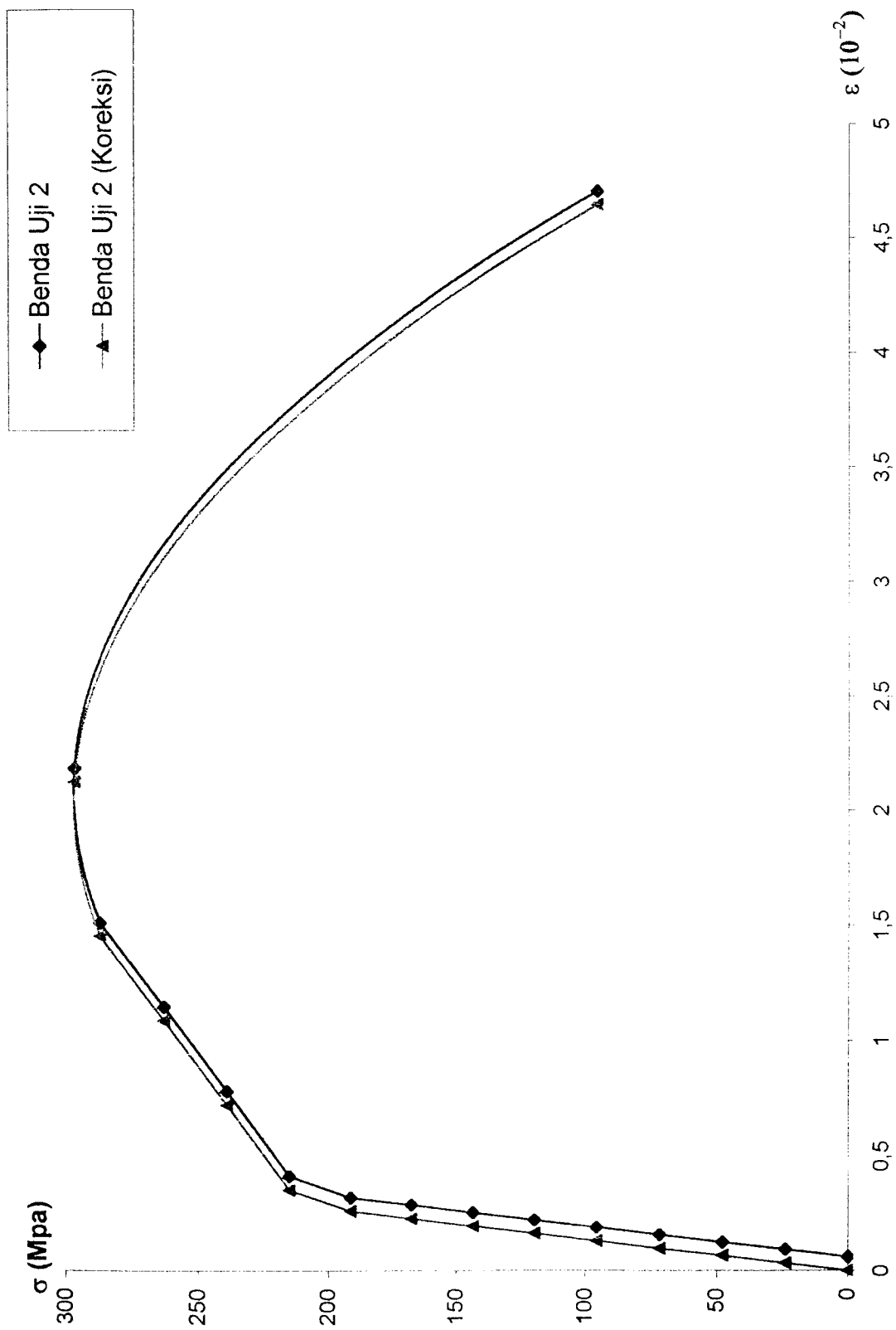
b. Batas sebanding

$$\sigma_p = 191,3492680 \text{ MPa}$$

$$\epsilon_p = 0,25974896 \times 10^{-2}$$

c. Modulus elastisitas

$$E_2 = \frac{\sigma_p}{\epsilon_p} = \frac{191,3492680}{0,25974896 \times 10^{-2}} = 73667 \text{ MPa}$$



Gambar 2 Hubungan tegangan-regangan benda uji 2



**3. HASIL RATA-RATA YG DIPAKAI UNTUK BAHAN GABLE FRAME**

$$\checkmark F_y = \frac{F_{y1} + F_{y2}}{2} = \frac{199,6354 + 205,7005}{2} = 202,6680 \text{ MPa}$$

$$\checkmark F_u = \frac{F_{u1} + F_{u2}}{2} = \frac{290,6972 + 296,5914}{2} = 293,6443 \text{ MPa}$$

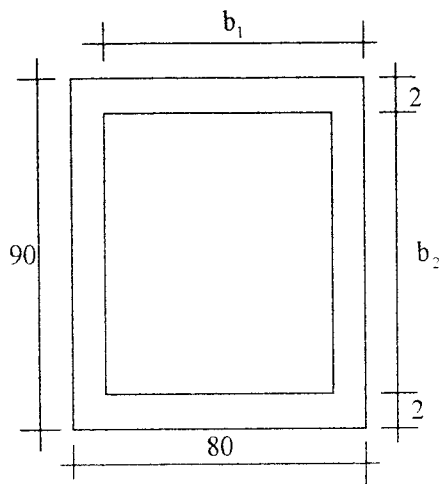
$$\checkmark F_{putus} = \frac{F_{putus1} + F_{putus2}}{2} = \frac{214,8123 + 95,6746}{2} = 155,2435 \text{ MPa}$$

$$\checkmark E = \frac{E_1 + E_2}{2} = \frac{32975 + 73667}{2} = 78321 \text{ MPa}$$

# **LAMPIRAN 3**

## PERHITUNGAN MODIFIKASI TEGANGAN TEKAN IJIN

### 1. PERHITUNGAN FAKTOR BENTUK ( $Q$ )



$$E = 78321 \text{ MPa}$$

$f = F_y = 202,6680 \text{ MPa}$  karena semua sisi plat diperkuat

$$\diamond \frac{b_1}{t} = \frac{80 - 2 \times (2)}{2} = 38$$

$$\diamond b_E = \left[ 1,9 \times \sqrt{\frac{E}{f}} \times \left( 1 - \frac{0,475}{b/t} \times \sqrt{\frac{E}{f}} \right) \right] \times t$$

$$\diamond b_{E1} = \left[ 1,9 \times \sqrt{\frac{78321}{202,6680}} \times \left( 1 - \frac{0,475}{38} \times \sqrt{\frac{78321}{202,6680}} \right) \right] \times 2$$

$$b_{E1} = 56,3449 \text{ mm}$$

$$\diamond A_{eff1} = 2 \times (b_{E1} \times t) = 2 \times (56,3449 \times 2) = 112,6898 \text{ mm}^2$$

$$\diamond \frac{b_2}{t} = \frac{90 - 2 \times (2)}{2} = 43$$

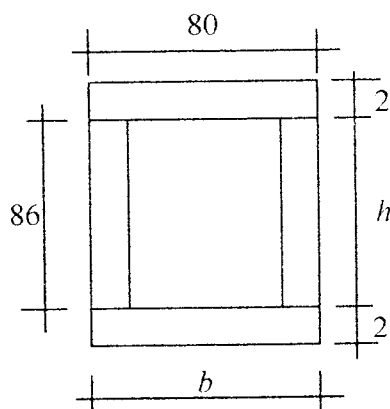
$$\ast b_{E1} = \left[ 1,9 \times \sqrt{\frac{78321}{202,6680}} \times \left( 1 - \frac{0,475}{43} \times \sqrt{\frac{78321}{202,6680}} \right) \right] \times 2$$

$$\ast b_{E1} = 58,4797 \text{ mm}$$

$$\ast A_{eff2} = 2 \times (b_{E2} \times t) = 2 \times (58,4797 \times 2) = 116,9595 \text{ mm}^2$$

$$\ast A_{eff} = A_{eff1} + A_{eff2} = 112,6898 + 116,9595 = 229,6493 \text{ mm}^2$$

$\ast$  Luas penampang profil ( $A_{bruto}$ )



$$\begin{aligned} A_{bruto} &= 2 \times (b \times t + h \times t) \\ &= 2 \times (80 \times 2 + 86 \times 2) \\ &= 664 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$\ast$  Faktor bentuk  $Q$

$$Q = \frac{A_{eff}}{A_{bruto}} = \frac{229,6493}{664} = 0,3459$$

## 2. PERHITUNGAN TEGANGAN TEKAN IJIN ( $F_a$ )

➤ Sampel 1 (sudut  $\alpha = 25^\circ$  dan susunan penampangnya  $I_{\text{badan}} < I_{\text{sayap}}$ )

$$E = 78321 \text{ MPa}$$

$$F_y = 202,6680 \text{ MPa}$$

$$Q = 0,3459$$

$$L = 985 \text{ mm}$$

$$r = 32,329 \text{ mm}$$

$K = 1 \Rightarrow$  ujung dianggap sendi - sendi

$$\frac{KL}{r} = \frac{1 \times 985}{32,329} = 30,4680$$

$$\frac{Cc}{\sqrt{Q}} = \sqrt{\frac{2 \times \pi^2 \times E}{Q \times F_y}} = \sqrt{\frac{2 \times \pi^2 \times 78321}{0,3459 \times 202,6680}} = 148,5033$$

$$\frac{KL}{r} < \frac{Cc}{\sqrt{Q}} \Rightarrow \text{maka dipakai rumus}$$

$$\begin{aligned} F_a &= \frac{Q \times F_y}{FS} \times \left[ 1 - \frac{Q \times F_y}{4 \times \pi^2 \times E} \times \left( \frac{KL}{r} \right)^2 \right] \\ &= \frac{0,3459 \times 202,6680}{1,92} \times \left[ 1 - \frac{0,3459 \times 202,6680}{4 \times \pi^2 \times 78321} \times (30,4680)^2 \right] \\ &= 35,7434 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Perhitungan diatas merupakan modifikasi tegangan tekan ijin untuk komponen 6 dan 9 pada sampel *gable frame* dengan panjang 985 mm. Tegangan tekan ijin untuk komponen yang lain dengan cara yang sama disajikan dalam bentuk tabel sebagai berikut:

**Tabel III-1 tegangan tekan ijin untuk sampel 1**

<b>Komponen</b>	<b>Panjang (mm)</b>	<b>Fa (MPa)</b>
1	250	36,4624
2	250	36,4624
3	250	36,4624
4	250	36,4624
5	250	36,4624
6	985	35,7434
7	420	36,3722
8	420	36,3722
9	985	35,7434
10	250	36,4624

➤ Sampel 2 (sudut  $\alpha = 15^\circ$  dan susunan penampangnya  $I_{\text{badan}} < I_{\text{sayap}}$ )

$$E = 78321 \text{ MPa}$$

$$F_y = 202,6680 \text{ MPa}$$

$$Q = 0,3459$$

$$L = 883 \text{ mm}$$

$$r = 32,329 \text{ mm}$$

$K = 1 \Rightarrow$  ujung dianggap sendi - sendi

$$\frac{KL}{r} = \frac{1 \times 883}{32,329} = 27,3129$$

$$\frac{Cc}{\sqrt{Q}} = \sqrt{\frac{2 \times \pi^2 \times E}{Q \times F_y}} = \sqrt{\frac{2 \times \pi^2 \times 78321}{0,3459 \times 202,6680}} = 148,5033$$

$\frac{KL}{r} < \frac{Cc}{\sqrt{Q}} \Rightarrow$  maka dipakai rumus

$$\begin{aligned} F_a &= \frac{Q \times F_y}{FS} \times \left[ 1 - \frac{Q \times F_y}{4 \times \pi^2 \times E} \times \left( \frac{KL}{r} \right)^2 \right] \\ &= \frac{0,3459 \times 202,6680}{1,92} \times \left[ 1 - \frac{0,3459 \times 202,6680}{4 \times \pi^2 \times 78321} \times (27,3129)^2 \right] \\ &= 35,8944 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Perhitungan diatas merupakan modifikasi tegangan tekan ijin untuk komponen 6 dan 9 pada sampel *gable frame* dengan panjang 883 mm. Tegangan tekan ijin untuk komponen yang lain dengan cara yang sama disajikan dalam bentuk tabel sebagai berikut:

**Tabel III-2 tegangan tekan ijin untuk sampel 2**

<b>Komponen</b>	<b>Panjang (mm)</b>	<b>Fa (MPa)</b>
1	250	36,4624
2	250	36,4624
3	250	36,4624
4	250	36,4624
5	250	36,4624
6	883	35,8944
7	420	36,3722
8	420	36,3722
9	883	35,8944
10	250	36,4624



➤ Sampel 3 (sudut  $\alpha = 25^\circ$  dan susunan penampangnya  $I_{\text{badan}} > I_{\text{sayap}}$ )

$$E = 78321 \text{ MPa}$$

$$F_y = 202,6680 \text{ MPa}$$

$$Q = 0,3459$$

$$L = 985 \text{ mm}$$

$$r = 35,390 \text{ mm}$$

$K = 1 \Rightarrow$  ujung dianggap sendi - sendi

$$\frac{KL}{r} = \frac{1 \times 985}{35,390} = 27,8327$$

$$\frac{Cc}{\sqrt{Q}} = \sqrt{\frac{2 \times \pi^2 \times E}{Q \times F_y}} = \sqrt{\frac{2 \times \pi^2 \times 78321}{0,3459 \times 202,6680}} = 148,5033$$

$$\frac{KL}{r} < \frac{Cc}{\sqrt{Q}} \Rightarrow \text{maka dipakai rumus}$$

$$\begin{aligned} F_a &= \frac{Q \times F_y}{FS} \times \left[ 1 - \frac{Q \times F_y}{4 \times \pi^2 \times E} \times \left( \frac{KL}{r} \right)^2 \right] \\ &= \frac{0,3459 \times 202,6680}{1,92} \times \left[ 1 - \frac{0,3459 \times 202,6680}{4 \times \pi^2 \times 78321} \times (27,8327)^2 \right] \\ &= 35,8706 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Perhitungan diatas merupakan modifikasi tegangan tekan ijin untuk komponen 6 dan 9 pada sampel *gable frame* dengan panjang 985 mm. Tegangan tekan ijin untuk komponen yang lain dengan cara yang sama disajikan dalam bentuk tabel sebagai berikut:

**Tabel III-3 tegangan tekan ijin untuk sampel 3**

<b>Komponen</b>	<b>Panjang (mm)</b>	<b>Fa (MPa)</b>
1	250	36,4706
2	250	36,4706
3	250	36,4706
4	250	36,4706
5	250	36,4706
6	985	35,8706
7	420	36,3953
8	420	36,3953
9	985	35,8706
10	250	36,4706

► Sampel 4 (sudut  $\alpha = 15^\circ$  dan susunan penampangnya  $I_{\text{badan}} > I_{\text{sayap}}$ )

$$E = 78321 \text{ MPa}$$

$$F_y = 202,6680 \text{ MPa}$$

$$Q = 0,3459$$

$$L = 883 \text{ mm}$$

$$r = 35,390 \text{ mm}$$

$K = 1 \Rightarrow$  ujung dianggap sendi - sendi

$$\frac{KL}{r} = \frac{1 \times 883}{35,390} = 24,9506$$

$$\frac{Cc}{\sqrt{Q}} = \sqrt{\frac{2 \times \pi^2 \times E}{Q \times F_y}} = \sqrt{\frac{2 \times \pi^2 \times 78321}{0,3459 \times 202,6680}} = 148,5033$$

$\frac{KL}{r} < \frac{Cc}{\sqrt{Q}} \Rightarrow$  maka dipakai rumus

$$\begin{aligned} F_a &= \frac{Q \times F_y}{FS} \times \left[ 1 - \frac{Q \times F_y}{4 \times \pi^2 \times E} \times \left( \frac{KL}{r} \right)^2 \right] \\ &= \frac{0,3459 \times 202,6680}{1,92} \times \left[ 1 - \frac{0,3459 \times 202,6680}{4 \times \pi^2 \times 78321} \times (24,9506)^2 \right] \\ &= 35,9966 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Perhitungan diatas merupakan modifikasi tegangan tekan ijin untuk komponen 6 dan 9 pada sampel *goble frame* dengan panjang 883 mm. Tegangan tekan ijin untuk komponen yang lain dengan cara yang sama disajikan dalam bentuk tabel sebagai berikut:

**Tabel III-4 tegangan tekan ijin untuk sampel 4**

<b>Komponen</b>	<b>Panjang (mm)</b>	<b>Fa (MPa)</b>
1	250	36,4706
2	250	36,4706
3	250	36,4706
4	250	36,4706
5	250	36,4706
6	883	35,9966
7	420	36,3953
8	420	36,3953
9	883	35,9966
10	250	36,4706

# LAMPIRAN 4

## GAYA BATANG (N-mm)

### A. SAMPEL\_1

LOAD	LOC	P	V2	V3	T	M2	M3
P50	0,00	-138,00	-295,95	0,00	0,00	0,00	76650,38
	492,52	-127,39	-273,18	0,00	0,00	0,00	216805,47
	985,04	-116,77	-250,41	0,00	0,00	0,00	345746,31
P100	0,00	-276,01	-591,90	0,00	0,00	0,00	153300,75
	492,52	-254,77	-546,36	0,00	0,00	0,00	433610,94
	985,04	-233,54	-500,82	0,00	0,00	0,00	691492,63
P150	0,00	-414,01	-887,85	0,00	0,00	0,00	229951,13
	492,52	-382,16	-819,54	0,00	0,00	0,00	650416,41
	985,04	-350,31	-751,24	0,00	0,00	0,00	1037238,94
P200	0,00	-552,02	-1183,80	0,00	0,00	0,00	306601,50
	492,52	-509,55	-1092,73	0,00	0,00	0,00	867221,88
	985,04	-467,08	-1001,65	0,00	0,00	0,00	1382985,25
P250	0,00	-690,02	-1479,75	0,00	0,00	0,00	383251,88
	492,52	-636,93	-1365,91	0,00	0,00	0,00	1084027,34
	985,04	-583,85	-1252,06	0,00	0,00	0,00	1728731,56
P300	0,00	-828,02	-1775,70	0,00	0,00	0,00	459902,25
	492,52	-764,32	-1639,09	0,00	0,00	0,00	1300832,81
	985,04	-700,62	-1502,47	0,00	0,00	0,00	2074477,88
P350	0,00	-966,03	-2071,65	0,00	0,00	0,00	536552,63
	492,52	-891,71	-1912,27	0,00	0,00	0,00	1517638,28
	985,04	-817,38	-1752,89	0,00	0,00	0,00	2420224,19
PD335	0,00	-924,63	-1982,87	0,00	0,00	0,00	513557,51
	492,52	-853,49	-1830,32	0,00	0,00	0,00	1452596,64
	985,04	-782,35	-1677,76	0,00	0,00	0,00	2316500,29
P305	0,00	-841,82	-1805,30	0,00	0,00	0,00	467567,29
	492,52	-777,06	-1666,41	0,00	0,00	0,00	1322513,36
	985,04	-712,29	-1527,52	0,00	0,00	0,00	2109052,51
P290	0,00	-800,42	-1716,51	0,00	0,00	0,00	444572,18
	492,52	-738,84	-1584,45	0,00	0,00	0,00	1257471,72
	985,04	-677,26	-1452,39	0,00	0,00	0,00	2005328,61
P280	0,00	-772,82	-1657,32	0,00	0,00	0,00	429242,10
	492,52	-713,36	-1529,82	0,00	0,00	0,00	1214110,63
	985,04	-653,91	-1402,31	0,00	0,00	0,00	1936179,35

### B. SAMPEL\_2

LOAD	LOC	P	V2	V3	T	M2	M3
P50	0,00	-83,33	-311,00	0,00	0,00	0,00	80511,22
	441,46	-77,50	-289,25	0,00	0,00	0,00	213004,14
	882,91	-71,68	-267,50	0,00	0,00	0,00	335895,06
P100	0,00	-166,67	-622,00	0,00	0,00	0,00	161022,44
	441,46	-155,01	-578,50	0,00	0,00	0,00	426008,28
	882,91	-143,35	-535,00	0,00	0,00	0,00	671790,13

P150	0,00	-250,00	-933,01	0,00	0,00	0,00	241533,66
	441,46	-232,51	-867,75	0,00	0,00	0,00	639012,42
	882,91	-215,03	-802,50	0,00	0,00	0,00	1007685,19
P200	0,00	-333,33	-1244,01	0,00	0,00	0,00	322044,88
	441,46	-310,02	-1157,00	0,00	0,00	0,00	852016,56
	882,91	-286,71	-1070,00	0,00	0,00	0,00	1343580,25
P250	0,00	-416,66	-1555,01	0,00	0,00	0,00	402556,09
	441,46	-387,52	-1446,26	0,00	0,00	0,00	1065020,70
	882,91	-358,38	-1337,50	0,00	0,00	0,00	1679475,31
P300	0,00	-500,00	-1866,01	0,00	0,00	0,00	483067,31
	441,46	-465,03	-1735,51	0,00	0,00	0,00	1278024,84
	882,91	-430,06	-1605,00	0,00	0,00	0,00	2015370,38
PD300	0,00	-500,00	-1866,01	0,00	0,00	0,00	483067,31
	441,46	-465,03	-1735,51	0,00	0,00	0,00	1278024,84
	882,91	-430,06	-1605,00	0,00	0,00	0,00	2015370,38
PD295	0,00	-491,66	-1834,91	0,00	0,00	0,00	475016,19
	441,46	-457,28	-1706,58	0,00	0,00	0,00	1256724,43
	882,91	-422,89	-1578,25	0,00	0,00	0,00	1981780,87
P280	0,00	-466,66	-1741,61	0,00	0,00	0,00	450862,83
	441,46	-434,03	-1619,81	0,00	0,00	0,00	1192823,19
	882,91	-401,39	-1498,00	0,00	0,00	0,00	1881012,35
P275	0,00	-458,33	-1710,51	0,00	0,00	0,00	442811,70
	441,46	-426,28	-1590,88	0,00	0,00	0,00	1171522,77
	882,91	-394,22	-1471,25	0,00	0,00	0,00	1847422,84

### C. SAMPEL\_3

LOAD	LOC	P	V2	V3	T	M2	M3
P50	0,00	-138,00	-295,95	0,00	0,00	0,00	76650,39
	492,52	-127,39	-273,18	0,00	0,00	0,00	216805,77
	985,04	-116,77	-250,41	0,00	0,00	0,00	345746,31
P100	0,00	-276,01	-591,90	0,00	0,00	0,00	153300,75
	492,52	-254,77	-546,36	0,00	0,00	0,00	433610,94
	985,04	-233,54	-500,82	0,00	0,00	0,00	691492,63
P150	0,00	-414,01	-887,85	0,00	0,00	0,00	229951,13
	492,52	-382,16	-819,54	0,00	0,00	0,00	650416,41
	985,04	-350,31	-751,24	0,00	0,00	0,00	1037238,94
P200	0,00	-552,02	-1183,80	0,00	0,00	0,00	306601,50
	492,52	-509,55	-1092,73	0,00	0,00	0,00	867221,88
	985,04	-467,08	-1001,65	0,00	0,00	0,00	1382985,25
P250	0,00	-690,02	-1479,75	0,00	0,00	0,00	383251,88
	492,52	-636,93	-1365,91	0,00	0,00	0,00	1084027,34
	985,04	-583,85	-1252,06	0,00	0,00	0,00	1728731,56
P300	0,00	-828,02	-1775,70	0,00	0,00	0,00	459902,25
	492,52	-764,32	-1639,09	0,00	0,00	0,00	1300832,81
	985,04	-700,62	-1502,47	0,00	0,00	0,00	2074477,88
P350	0,00	-966,03	-2071,65	0,00	0,00	0,00	536552,63
	492,52	-891,71	-1912,27	0,00	0,00	0,00	1517638,28
	985,04	-817,38	-1752,89	0,00	0,00	0,00	2420224,19

28/12/2003  
 DPI: Supken-  
 Pendarawati

Diangkat ke  
 DPI  
 18/12-2003  
 - Digitalisasi  
 PPTP formel 27/12/2003

**CATATAN KONSULTASI TUGAS AKHIR**

NO	TANGGAL	CATATAN KONSULTASI	TANDA TANGAN
		<p>Latar belakang mengemukakan masalah yg menarik dikaji</p> <p>Duat caution Terri pabrik beton belah ketupat → laut (Tugu)</p> <p>yg sistematis</p> <p>gambar harus disertai dlm. air - bag. &amp; daftar pustaka &amp; Graph Club process</p> <p>Dilampirkan ke pada DPI</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Revisi dari dan untuk ditunjuk ke DPI</li> <li>• Preca &amp; teknis untuk analisis + di susun (masalah air excell)</li> <li>• Graph summary proposal</li> </ul>	<p><u>[Signature]</u> 17/4-2003</p> <p><u>[Signature]</u> 25/04-2003</p> <p><u>[Signature]</u> 1/05-2003</p> <p><u>[Signature]</u> 2/05-2003</p> <p><u>[Signature]</u> 01/05 2003</p> <p><u>[Signature]</u> 05/05 2003</p> <p><u>[Signature]</u> 08/05 2003</p> <p><u>[Signature]</u> 14/05 2003</p> <p><u>[Signature]</u> 17-07-2003</p>
		<p>1/25</p> <p>15</p> <p>15/25 ⇒ bentuk 25/25, 15/15</p>	<p>ok</p> <p><u>[Signature]</u></p>

• Kerjasama Sidang  
 28/08/2003

• Revisi  
 19/10/2003

• Dilampirkan ke DPI  
 06/05/2003

• Tanyakan Pustaka  
 06/05/2003

• Diangkat ke DPI  
 28/08/2003

• Revisi dari dan untuk ditunjuk ke DPI

• Preca & teknis untuk analisis + di susun (masalah air excell)

• Graph summary proposal

• Dilampirkan ke pada DPI

• Revisi dari dan untuk ditunjuk ke DPI

• Preca & teknis untuk analisis + di susun (masalah air excell)

• Graph summary proposal

bab. I OK.

Par. Revi

ditatar isi, Susun, Preca, Foto Lamp.

[Signature]

• bwnnya hrs ada paragraf penghubung (stilah Indonesia non baru ditulis dg miring)

• perbaiki spt penulisan tabel & gambar

• di Adu

• Pustaka harus ada konfrontasi, teori, hasil yg strog.



P400							613203,00
	0,00	-1104,03	-2367,60	0,00	0,00	0,00	1734443,75
	492,52	-1019,09	-2185,45	0,00	0,00	0,00	2765970,50
	985,04	-934,15	-2003,30	0,00	0,00	0,00	
P450							689853,38
	0,00	-1242,04	-2663,55	0,00	0,00	0,00	1951249,22
	492,52	-1146,48	-2458,63	0,00	0,00	0,00	3111716,81
	985,04	-1050,92	-2253,71	0,00	0,00	0,00	
P500							766503,75
	0,00	-1380,04	-2959,50	0,00	0,00	0,00	2168054,69
	492,52	-1273,87	-2731,81	0,00	0,00	0,00	3457463,13
	985,04	-1167,69	-2504,12	0,00	0,00	0,00	
P550							843154,13
	0,00	-1518,04	-3255,46	0,00	0,00	0,00	2384860,16
	492,52	-1401,25	-3005,00	0,00	0,00	0,00	3803209,44
	985,04	-1284,46	-2754,54	0,00	0,00	0,00	
P600							919804,50
	0,00	-1656,05	-3551,41	0,00	0,00	0,00	2601665,63
	492,52	-1528,64	-3278,18	0,00	0,00	0,00	4148955,75
	985,04	-1401,23	-3004,95	0,00	0,00	0,00	
P700							1073105,25
	0,00	-1932,06	-4143,31	0,00	0,00	0,00	3035276,56
	492,52	-1783,41	-3824,54	0,00	0,00	0,00	4840448,38
	985,04	-1634,77	-3505,77	0,00	0,00	0,00	
P750							1149755,63
	0,00	-2070,06	-4439,26	0,00	0,00	0,00	3252082,03
	492,52	-1910,80	-4097,72	0,00	0,00	0,00	5186194,69
	985,04	-1751,54	-3756,19	0,00	0,00	0,00	
PD605							927469,54
	0,00	-1669,85	-3581,00	0,00	0,00	0,00	2623346,17
	492,52	-1541,38	-3305,50	0,00	0,00	0,00	4183530,38
	985,04	-1412,91	-3029,99	0,00	0,00	0,00	
PDD605							927469,54
	0,00	-1669,85	-3581,00	0,00	0,00	0,00	2623346,17
	492,52	-1541,38	-3305,50	0,00	0,00	0,00	4183530,38
	985,04	-1412,91	-3029,99	0,00	0,00	0,00	
PD595							912139,46
	0,00	-1642,25	-3521,81	0,00	0,00	0,00	2579985,08
	492,52	-1515,90	-3250,86	0,00	0,00	0,00	4114381,12
	985,04	-1389,55	-2979,91	0,00	0,00	0,00	
PD550							843154,13
	0,00	-1518,04	-3255,46	0,00	0,00	0,00	2384860,16
	492,52	-1401,25	-3005,00	0,00	0,00	0,00	3803209,44
	985,04	-1284,46	-2754,54	0,00	0,00	0,00	
P650							996454,88
	0,00	-1794,05	-3847,36	0,00	0,00	0,00	2818471,09
	492,52	-1656,03	-3551,36	0,00	0,00	0,00	4494702,06
	985,04	-1518,00	-3255,36	0,00	0,00	0,00	

#### D. SAMPEL\_4

LOAD	LOC	P	V2	V3	T	M2	M3
P50							80511,22
	0,00	-83,33	-311,00	0,00	0,00	0,00	213004,14
	441,46	-77,50	-289,25	0,00	0,00	0,00	335895,06
	882,91	-71,68	-267,50	0,00	0,00	0,00	
P100							161022,44
	0,00	-166,67	-622,00	0,00	0,00	0,00	426008,28
	441,46	-155,01	-578,50	0,00	0,00	0,00	671790,13
	882,91	-143,35	-535,00	0,00	0,00	0,00	
P150							241533,66
	0,00	-250,00	-933,01	0,00	0,00	0,00	639012,42
	441,46	-232,51	-867,75	0,00	0,00	0,00	1007685,19
	882,91	-215,03	-802,50	0,00	0,00	0,00	

P200							322044,88
	0,00	-333,33	-1244,01	0,00	0,00	0,00	852016,56
	441,46	-310,02	-1157,00	0,00	0,00	0,00	1343580,25
	882,91	-286,71	-1070,00	0,00	0,00	0,00	
P250							402556,09
	0,00	-416,66	-1555,01	0,00	0,00	0,00	1065020,70
	441,46	-387,52	-1446,26	0,00	0,00	0,00	1679475,31
	882,91	-358,38	-1337,50	0,00	0,00	0,00	
P300							483067,31
	0,00	-500,00	-1866,01	0,00	0,00	0,00	1278024,84
	441,46	-465,03	-1735,51	0,00	0,00	0,00	2015370,38
	882,91	-430,06	-1605,00	0,00	0,00	0,00	
P350							563578,53
	0,00	-583,33	-2177,01	0,00	0,00	0,00	1491028,98
	441,46	-542,53	-2024,76	0,00	0,00	0,00	2351265,44
	882,91	-501,74	-1872,50	0,00	0,00	0,00	
P400							644089,75
	0,00	-666,66	-2488,02	0,00	0,00	0,00	1704033,13
	441,46	-620,04	-2314,01	0,00	0,00	0,00	2687160,50
	882,91	-573,41	-2140,00	0,00	0,00	0,00	
P450							724600,97
	0,00	-749,99	-2799,02	0,00	0,00	0,00	1917037,27
	441,46	-697,54	-2603,26	0,00	0,00	0,00	3023055,56
	882,91	-645,09	-2407,50	0,00	0,00	0,00	
P500							805112,19
	0,00	-833,33	-3110,02	0,00	0,00	0,00	2130041,41
	441,46	-775,05	-2892,51	0,00	0,00	0,00	3358950,63
	882,91	-716,77	-2675,00	0,00	0,00	0,00	
PD400							644089,75
	0,00	-666,66	-2488,02	0,00	0,00	0,00	1704033,13
	441,46	-620,04	-2314,01	0,00	0,00	0,00	2687160,50
	882,91	-573,41	-2140,00	0,00	0,00	0,00	
PD350							563578,53
	0,00	-583,33	-2177,01	0,00	0,00	0,00	1491028,98
	441,46	-542,53	-2024,76	0,00	0,00	0,00	2351265,44
	882,91	-501,74	-1872,50	0,00	0,00	0,00	
PD330							531374,04
	0,00	-550,00	-2052,61	0,00	0,00	0,00	1405827,33
	441,46	-511,53	-1909,06	0,00	0,00	0,00	2216907,41
	882,91	-473,07	-1765,50	0,00	0,00	0,00	
PD320							515271,80
	0,00	-533,33	-1990,41	0,00	0,00	0,00	1363226,50
	441,46	-496,03	-1851,21	0,00	0,00	0,00	2149728,40
	882,91	-458,73	-1712,00	0,00	0,00	0,00	

# LAMPIRAN 5

SAP2000 v7.42 File: SUDUT\_15 N-mm Units  
 11/7/03 1:45:57

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

JOINT	LOAD	U1	U2	U3	R1	R2	R3
1	P	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	-6,756E-03	0,0000
2	P	-1,5863	0,0000	-0,0277	0,0000	-3,844E-03	0,0000
3	P	-2,0678	0,0000	-9,675E-04	0,0000	-1,112E-03	0,0000
4	P	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	6,756E-03	0,0000
5	P	1,5861	0,0000	-0,0277	0,0000	3,843E-03	0,0000
6	P	2,0674	0,0000	-9,701E-04	0,0000	1,112E-03	0,0000
7	P	-2,0602	0,0000	0,0550	0,0000	2,262E-03	0,0000
8	P	-0,2081	0,0000	-7,3388	0,0000	6,443E-03	0,0000
9	P	-2,306E-04	0,0000	-8,7445	0,0000	0,0000	0,0000
10	P	0,2076	0,0000	-7,3388	0,0000	-6,443E-03	0,0000
11	P	2,0597	0,0000	0,0548	0,0000	-2,263E-03	0,0000

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

FRAME	LOAD	LOC	P	V2	V3	T	M2	M3
1	P	0,00	-5764,00	-6071,40	0,00	0,00	0,00	0,00
		125,00	-5757,63	-6071,40	0,00	0,00	0,00	758924,94
		250,00	-5751,25	-6071,40	0,00	0,00	0,00	1517849,87
2	P	0,00	5549,99	3206,24	0,00	0,00	0,00	1112328,11
		125,00	5556,37	3206,24	0,00	0,00	0,00	711548,40
		250,00	5562,74	3206,24	0,00	0,00	0,00	310768,68
3	P	0,00	-5751,25	-6071,40	0,00	0,00	0,00	-1517849,87
		125,00	-5757,63	-6071,40	0,00	0,00	0,00	-758924,94
		250,00	-5764,00	-6071,40	0,00	0,00	0,00	0,00
4	P	0,00	5562,19	3206,57	0,00	0,00	0,00	-310694,56
		125,00	5555,82	3206,57	0,00	0,00	0,00	-711515,61
		250,00	5549,44	3206,57	0,00	0,00	0,00	-1112336,69
5	P	0,00	4536,73	4543,36	0,00	0,00	0,00	-310768,68
		125,00	4538,38	4549,52	0,00	0,00	0,00	-879070,35
		250,00	4540,03	4555,68	0,00	0,00	0,00	-1448141,91
6	P	0,00	-7343,84	-3949,48	0,00	0,00	0,00	-2045573,61
		441,46	-7338,01	-3927,73	0,00	0,00	0,00	-306849,24
		882,91	-7332,18	-3905,98	0,00	0,00	0,00	1422273,19
7	P	0,00	-20195,38	-448,58	0,00	0,00	0,00	906447,45
		210,00	-20192,61	-438,24	0,00	0,00	0,00	999564,12
		420,00	-20189,84	-427,89	0,00	0,00	0,00	1090507,85

8	P	0,00	-20189,84	427,89	0,00	0,00	0,00	1090507,85
		210,00	-20192,61	438,24	0,00	0,00	0,00	999564,43
		420,00	-20195,38	448,58	0,00	0,00	0,00	906448,14
9	P	0,00	-7332,18	3905,98	0,00	0,00	0,00	1422274,26
		441,44	-7338,01	3927,73	0,00	0,00	0,00	-306783,91
		882,88	-7343,83	3949,48	0,00	0,00	0,00	-2045443,36
10	P	0,00	4540,21	-4555,06	0,00	0,00	0,00	-1448064,53
		125,02	4538,56	-4548,90	0,00	0,00	0,00	-878994,50
		250,03	4536,91	-4542,74	0,00	0,00	0,00	-310694,56
11	P	0,00	-14613,74	480,72	0,00	0,00	0,00	-405521,73
		198,34	-14609,73	483,80	0,00	0,00	0,00	-501171,35
		396,68	-14605,72	486,88	0,00	0,00	0,00	-597431,74
12	P	0,00	-14605,51	-486,73	0,00	0,00	0,00	-597378,84
		198,35	-14609,52	-483,65	0,00	0,00	0,00	-501140,55
		396,70	-14613,54	-480,57	0,00	0,00	0,00	-405513,11
13	P	0,00	13319,74	-10,35	0,00	0,00	0,00	515825,70
		202,85	13319,74	-5,17	0,00	0,00	0,00	517399,94
		405,69	13319,74	-5,488E-04	0,00	0,00	0,00	517924,75
		608,54	13319,74	5,17	0,00	0,00	0,00	517400,13
		811,38	13319,74	10,35	0,00	0,00	0,00	515826,16

SAP2000 v7.42 File: SUDUT\_20 N-mm Units  
11/7/03 1:47:57

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

JOINT	LOAD	U1	U2	U3	R1	R2	R3
1	P	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	-7,639E-03	0,0000
2	P	-1,8089	0,0000	-0,0300	0,0000	-4,779E-03	0,0000
3	P	-2,5296	0,0000	-3,252E-03	0,0000	-1,980E-03	0,0000
4	P	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	7,639E-03	0,0000
5	P	1,8089	0,0000	-0,0300	0,0000	4,779E-03	0,0000
6	P	2,5297	0,0000	-3,252E-03	0,0000	1,980E-03	0,0000
7	P	-2,5928	0,0000	0,2354	0,0000	1,481E-03	0,0000
8	P	-0,2015	0,0000	-6,7368	0,0000	5,454E-03	0,0000
9	P	2,568E-05	0,0000	-7,7669	0,0000	0,0000	0,0000
10	P	0,2016	0,0000	-6,7365	0,0000	-5,454E-03	0,0000
11	P	2,5929	0,0000	0,2354	0,0000	-1,481E-03	0,0000

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

FRAME	LOAD	LOC	P	V2	V3	T	M2	M3
1	P	0,00	-6256,59	-5962,23	0,00	0,00	0,00	0,00
		125,00	-6250,22	-5962,23	0,00	0,00	0,00	745278,29
		250,00	-6243,84	-5962,23	0,00	0,00	0,00	1490556,59
2	P	0,00	5567,28	2882,62	0,00	0,00	0,00	1089611,00
		125,00	5573,65	2882,62	0,00	0,00	0,00	729283,88
		250,00	5580,03	2882,62	0,00	0,00	0,00	368956,71
3	P	0,00	-6243,84	-5962,23	0,00	0,00	0,00	-1490556,59
		125,00	-6250,22	-5962,23	0,00	0,00	0,00	-745278,29
		250,00	-6256,60	-5962,23	0,00	0,00	0,00	0,00
4	P	0,00	5580,03	2882,62	0,00	0,00	0,00	-368956,71
		125,00	5573,65	2882,62	0,00	0,00	0,00	-729283,88
		250,00	5567,28	2882,62	0,00	0,00	0,00	-1089611,00
5	P	0,00	4617,26	4257,60	0,00	0,00	0,00	-368956,71
		125,00	4619,44	4263,59	0,00	0,00	0,00	-901528,26
		250,00	4621,62	4269,58	0,00	0,00	0,00	-1434848,84
6	P	0,00	-7725,88	-3794,31	0,00	0,00	0,00	-2029815,39
		463,14	-7717,80	-3772,11	0,00	0,00	0,00	-277643,20
		926,29	-7709,72	-3749,91	0,00	0,00	0,00	1464247,34
7	P	0,00	-20183,86	801,10	0,00	0,00	0,00	1015491,73
		209,99	-20180,19	811,17	0,00	0,00	0,00	846211,25
		419,98	-20176,53	821,24	0,00	0,00	0,00	674817,21

8	P	0,00	-20176,60	-821,04	0,00	0,00	0,00	674817,21
		210,00	-20180,26	-810,98	0,00	0,00	0,00	846181,06
		420,00	-20183,92	-800,91	0,00	0,00	0,00	1015431,13
9	P	0,00	-7709,73	3749,91	0,00	0,00	0,00	1464155,25
		463,13	-7717,80	3772,11	0,00	0,00	0,00	-277689,47
		926,26	-7725,88	3794,31	0,00	0,00	0,00	-2029815,24
10	P	0,00	4621,62	-4269,58	0,00	0,00	0,00	-1434848,84
		125,00	4619,44	-4263,59	0,00	0,00	0,00	-901528,26
		250,00	4617,26	-4257,60	0,00	0,00	0,00	-368956,71
11	P	0,00	-14748,29	470,72	0,00	0,00	0,00	-400945,54
		204,79	-14744,02	473,71	0,00	0,00	0,00	-497649,31
		409,57	-14739,74	476,71	0,00	0,00	0,00	-594966,56
12	P	0,00	-14739,74	-476,71	0,00	0,00	0,00	-594966,52
		204,79	-14744,02	-473,71	0,00	0,00	0,00	-497649,31
		409,57	-14748,29	-470,72	0,00	0,00	0,00	-400345,54
13	P	0,00	13278,39	-10,03	0,00	0,00	0,00	448755,57
		197,33	13278,39	-4,99	0,00	0,00	0,00	450237,41
		394,66	13278,39	3,980E-02	0,00	0,00	0,00	450726,13
		591,99	13278,39	5,07	0,00	0,00	0,00	450221,70
		789,33	13278,39	10,11	0,00	0,00	0,00	448724,16

J O I N T   D I S P L A C E M E N T S

JOINT	LOAD	U1	U2	U3	R1	R2	R3
1	P	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	-8,535E-03	0,0000
2	P	-2,0346	0,0000	-0,0324	0,0000	-5,724E-03	0,0000
3	P	-2,9967	0,0000	-5,671E-03	0,0000	-2,845E-03	0,0000
4	P	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	8,535E-03	0,0000
5	P	2,0345	0,0000	-0,0324	0,0000	5,724E-03	0,0000
6	P	2,9966	0,0000	-5,671E-03	0,0000	2,845E-03	0,0000
7	P	-3,1607	0,0000	0,3990	0,0000	7,285E-04	0,0000
8	P	-0,1815	0,0000	-6,3544	0,0000	4,723E-03	0,0000
9	P	-7,065E-05	0,0000	-7,1132	0,0000	0,0000	0,0000
10	P	0,1813	0,0000	-6,3546	0,0000	-4,722E-03	0,0000
11	P	3,1606	0,0000	0,3989	0,0000	-7,288E-04	0,0000

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

FRAME	LOAD	LOC	P	V2	V3	T	M2	M3
1	P	0,00	-6749,88	-5859,74	0,00	0,00	0,00	0,00
		125,00	-6743,50	-5859,74	0,00	0,00	0,00	732467,67
		250,00	-6737,13	-5859,74	0,00	0,00	0,00	1464935,33
2	P	0,00	5557,45	2533,26	0,00	0,00	0,00	1066697,08
		125,00	5563,82	2533,26	0,00	0,00	0,00	750039,27
		250,00	5570,20	2533,26	0,00	0,00	0,00	433381,46
3	P	0,00	-6737,13	-5859,74	0,00	0,00	0,00	-1464935,33
		125,00	-6743,50	-5859,74	0,00	0,00	0,00	-732467,67
		250,00	-6749,88	-5859,74	0,00	0,00	0,00	0,00
4	P	0,00	5570,11	2533,34	0,00	0,00	0,00	-433364,03
		125,00	5563,73	2533,34	0,00	0,00	0,00	-750031,61
		250,00	5557,36	2533,34	0,00	0,00	0,00	-1066699,15
5	P	0,00	4649,98	3977,71	0,00	0,00	0,00	-433381,46
		125,00	4652,68	3983,49	0,00	0,00	0,00	-930954,57
		250,00	4655,37	3989,27	0,00	0,00	0,00	-1429250,01
6	P	0,00	-8142,64	-3596,61	0,00	0,00	0,00	-2028057,25
		492,52	-8132,02	-3573,85	0,00	0,00	0,00	-262251,11
		985,04	-8121,40	-3551,08	0,00	0,00	0,00	1492340,78
7	P	0,00	-19347,35	1694,29	0,00	0,00	0,00	1089541,44
		210,01	-19342,82	1704,00	0,00	0,00	0,00	732700,81
		420,02	-19338,30	1713,71	0,00	0,00	0,00	373821,27



8	P	0,00	-19338,21	-1713,90	0,00	0,00	0,00	373821,27
		210,00	-19342,74	-1704,19	0,00	0,00	0,00	732724,71
		420,00	-19347,27	-1694,48	0,00	0,00	0,00	1089589,32
9	P	0,00	-8121,40	3551,08	0,00	0,00	0,00	1492410,96
		492,53	-8132,02	3573,85	0,00	0,00	0,00	-262202,74
		985,06	-8142,64	3596,62	0,00	0,00	0,00	-2028030,89
10	P	0,00	4655,41	-3989,15	0,00	0,00	0,00	-1429234,53
		125,00	4652,71	-3983,37	0,00	0,00	0,00	-930938,10
		250,01	4650,02	-3977,60	0,00	0,00	0,00	-433364,03
11	P	0,00	-14878,70	472,74	0,00	0,00	0,00	-398238,18
		210,85	-14874,16	475,63	0,00	0,00	0,00	-498218,13
		421,69	-14869,63	478,52	0,00	0,00	0,00	-598807,28
12	P	0,00	-14869,60	-478,49	0,00	0,00	0,00	-598796,40
		210,85	-14874,13	-475,60	0,00	0,00	0,00	-498211,66
		421,70	-14878,67	-472,71	0,00	0,00	0,00	-398236,11
13	P	0,00	12390,95	-9,74	0,00	0,00	0,00	402799,42
		190,33	12390,95	-4,88	0,00	0,00	0,00	404190,82
		380,66	12390,95	-2,906E-02	0,00	0,00	0,00	401558,32
		570,99	12390,95	4,83	0,00	0,00	0,00	404201,89
		761,32	12390,95	9,68	0,00	0,00	0,00	402821,56

J O I N T   D I S P L A C E M E N T S

JOINT	LOAD	U1	U2	U3	R1	R2	R3
1	P	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	-9,512E-03	0,0000
2	P	-2,2807	0,0000	-0,0348	0,0000	-6,753E-03	0,0000
3	P	-3,5057	0,0000	-8,390E-03	0,0000	-3,787E-03	0,0000
4	P	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	9,512E-03	0,0000
5	P	2,2806	0,0000	-0,0348	0,0000	6,752E-03	0,0000
6	P	3,5055	0,0000	-8,390E-03	0,0000	3,787E-03	0,0000
7	P	-3,8078	0,0000	0,5593	0,0000	-8,224E-05	0,0000
8	P	-0,1568	0,0000	-6,1143	0,0000	4,174E-03	0,0000
9	P	-7,761E-05	0,0000	-6,6803	0,0000	0,0000	0,0000
10	P	0,1565	0,0000	-6,1145	0,0000	-4,174E-03	0,0000
11	P	3,8076	0,0000	0,5592	0,0000	8,195E-05	0,0000

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

FRAME	LOAD	LOC	P	V2	V3	T	M2	M3
1	P	0,00	-7244,00	-5751,40	0,00	0,00	0,00	0,00
		125,00	-7237,62	-5751,40	0,00	0,00	0,00	718924,38
		250,00	-7231,24	-5751,40	0,00	0,00	0,00	1437848,75
2	P	0,00	5485,92	2148,86	0,00	0,00	0,00	1041176,88
		125,00	5492,29	2148,86	0,00	0,00	0,00	772569,21
		250,00	5498,67	2148,86	0,00	0,00	0,00	503961,61
3	P	0,00	-7231,24	-5751,40	0,00	0,00	0,00	-1437848,75
		125,00	-7237,62	-5751,40	0,00	0,00	0,00	-718924,38
		250,00	-7244,00	-5751,40	0,00	0,00	0,00	0,00
4	P	0,00	5498,60	2148,92	0,00	0,00	0,00	-503946,94
		125,00	5492,23	2148,92	0,00	0,00	0,00	-772562,54
		250,00	5485,85	2148,92	0,00	0,00	0,00	-1041178,18
5	P	0,00	4610,31	3687,55	0,00	0,00	0,00	-503961,61
		125,00	4613,49	3693,07	0,00	0,00	0,00	-965250,04
		250,00	4616,68	3698,59	0,00	0,00	0,00	-1427228,61
6	P	0,00	-8578,20	-3355,09	0,00	0,00	0,00	-2034351,89
		531,01	-8564,66	-3331,63	0,00	0,00	0,00	-258989,46
		1062,02	-8551,12	-3308,18	0,00	0,00	0,00	1503916,92
7	P	0,00	-18244,05	2298,53	0,00	0,00	0,00	1131326,27
		210,01	-18238,69	2307,81	0,00	0,00	0,00	647626,43
		420,03	-18233,34	2317,09	0,00	0,00	0,00	161978,18

8	P	0,00	-18233,17	-2317,38	0,00	0,00	0,00	161978,18
		210,00	-18238,53	-2308,10	0,00	0,00	0,00	647656,92
		420,00	-18243,88	-2298,82	0,00	0,00	0,00	1131387,49
9	P	0,00	-8551,12	3308,17	0,00	0,00	0,00	1504004,11
		531,02	-8564,66	3331,63	0,00	0,00	0,00	-258934,26
		1062,04	-8578,20	3355,09	0,00	0,00	0,00	-2034329,06
10	P	0,00	4616,70	-3698,52	0,00	0,00	0,00	-1427214,82
		125,00	4613,51	-3692,99	0,00	0,00	0,00	-965235,79
		250,00	4610,32	-3687,47	0,00	0,00	0,00	-503946,94
11	P	0,00	-14963,51	483,26	0,00	0,00	0,00	-396671,95
		216,51	-14958,73	486,02	0,00	0,00	0,00	-501598,67
		433,01	-14953,95	488,78	0,00	0,00	0,00	-607123,16
12	P	0,00	-14953,93	-488,75	0,00	0,00	0,00	-607114,24
		216,51	-14958,71	-485,99	0,00	0,00	0,00	-501593,53
		433,02	-14963,49	-483,23	0,00	0,00	0,00	-396670,61
13	P	0,00	11197,69	-9,31	0,00	0,00	0,00	372590,57
		181,87	11197,69	-4,67	0,00	0,00	0,00	373862,49
		363,74	11197,69	-3,568E-02	0,00	0,00	0,00	374290,80
		545,62	11197,69	4,60	0,00	0,00	0,00	373875,47
		727,49	11197,69	9,24	0,00	0,00	0,00	372616,55

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

JOINT	LOAD	U1	U2	U3	R1	R2	R3
1	P	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	-7,373E-03	0,0000
2	P	-1,7174	0,0000	-0,0263	0,0000	-4,078E-03	0,0000
3	P	-2,2248	0,0000	-4,702E-04	0,0000	-1,256E-03	0,0000
4	P	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	7,372E-03	0,0000
5	P	1,7171	0,0000	-0,0263	0,0000	4,077E-03	0,0000
6	P	2,2243	0,0000	-4,728E-04	0,0000	1,255E-03	0,0000
7	P	-2,2285	0,0000	0,0966	0,0000	2,242E-03	0,0000
8	P	-0,2135	0,0000	-7,8785	0,0000	6,696E-03	0,0000
9	P	-2,594E-04	0,0000	-9,3020	0,0000	0,0000	0,0000
10	P	0,2129	0,0000	-7,8786	0,0000	-6,696E-03	0,0000
11	P	2,2279	0,0000	0,0963	0,0000	-2,243E-03	0,0000

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

FRAME	LOAD	LOC	P	V2	V3	T	M2	M3
1	P	0,00	-5469,80	-5731,58	0,00	0,00	0,00	0,00
		125,00	-5463,43	-5731,58	0,00	0,00	0,00	716447,28
		250,00	-5457,05	-5731,58	0,00	0,00	0,00	1432894,56
2	P	0,00	5359,25	3192,57	0,00	0,00	0,00	1012713,84
		125,00	5365,62	3192,57	0,00	0,00	0,00	613642,10
		250,00	5372,00	3192,57	0,00	0,00	0,00	214570,35
3	P	0,00	-5469,80	5731,58	0,00	0,00	0,00	0,00
		125,00	-5463,43	5731,58	0,00	0,00	0,00	-716447,28
		250,00	-5457,05	5731,58	0,00	0,00	0,00	-1432894,56
4	P	0,00	5358,70	-3192,87	0,00	0,00	0,00	-1012724,11
		125,00	5365,08	-3192,87	0,00	0,00	0,00	-613615,24
		250,00	5371,45	-3192,87	0,00	0,00	0,00	-214506,34
5	P	0,00	4474,16	4362,65	0,00	0,00	0,00	-214570,35
		125,00	4475,81	4368,81	0,00	0,00	0,00	-760283,62
		250,00	4477,46	4374,97	0,00	0,00	0,00	-1306766,78
6	P	0,00	-6939,45	-3753,26	0,00	0,00	0,00	-1924718,60
		441,46	-6933,62	-3731,51	0,00	0,00	0,00	-272618,11
		882,91	-6927,79	-3709,76	0,00	0,00	0,00	1369880,39
7	P	0,00	-20123,89	-163,16	0,00	0,00	0,00	833749,60
		210,00	-20121,12	-152,81	0,00	0,00	0,00	866927,26
		420,00	-20118,35	-142,47	0,00	0,00	0,00	897932,06

8	P	0,00	-20118,35	142,47	0,00	0,00	0,00	897932,06
		210,00	-20121,12	152,81	0,00	0,00	0,00	866927,57
		420,00	-20123,89	163,16	0,00	0,00	0,00	833750,21
9	P	0,00	-6927,79	3709,76	0,00	0,00	0,00	1369881,47
		441,44	-6933,62	3731,51	0,00	0,00	0,00	-272556,02
		882,38	-6939,45	3753,26	0,00	0,00	0,00	-1924594,79
10	P	0,00	4477,61	-4374,37	0,00	0,00	0,00	-1306696,45
		125,02	4475,96	-4368,21	0,00	0,00	0,00	-760216,43
		250,03	4474,31	-4362,05	0,00	0,00	0,00	-214506,34
11	P	0,00	-14013,82	495,49	0,00	0,00	0,00	-420180,75
		198,34	-14009,81	498,57	0,00	0,00	0,00	-518760,95
		396,68	-14005,80	501,65	0,00	0,00	0,00	-617951,89
12	P	0,00	-14005,57	-501,51	0,00	0,00	0,00	-617898,30
		198,35	-14009,59	-498,43	0,00	0,00	0,00	-518728,97
		396,70	-14013,60	-495,35	0,00	0,00	0,00	-420170,49
13	P	0,00	13664,38	-10,35	0,00	0,00	0,00	536130,83
		202,85	13664,38	-5,17	0,00	0,00	0,00	537705,03
		405,69	13664,38	-5,565E-04	0,00	0,00	0,00	538229,84
		608,54	13664,38	5,17	0,00	0,00	0,00	537705,26
		811,38	13664,38	10,35	0,00	0,00	0,00	536131,25

SAP2000 v7.42 File: 20\_BADAN KECIL N-mm Units  
 11/7/03 2:08:52

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

JOINT	LOAD	U1	U2	U3	R1	R2	R3
1	P	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	-8,364E-03	0,0000
2	P	-1,9666	0,0000	-0,0286	0,0000	-5,110E-03	0,0000
3	P	-2,7349	0,0000	-2,360E-03	0,0000	-2,205E-03	0,0000
4	P	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	8,364E-03	0,0000
5	P	1,9666	0,0000	-0,0286	0,0000	5,110E-03	0,0000
6	P	2,7350	0,0000	-2,360E-03	0,0000	2,205E-03	0,0000
7	P	-2,8191	0,0000	0,2940	0,0000	1,401E-03	0,0000
8	P	-0,2026	0,0000	-7,2767	0,0000	5,675E-03	0,0000
9	P	3,059E-05	0,0000	-8,3024	0,0000	0,0000	0,0000
10	P	0,2027	0,0000	-7,2764	0,0000	-5,676E-03	0,0000
11	P	2,8192	0,0000	0,2940	0,0000	-1,401E-03	0,0000

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

FRAME	LOAD	LOC	P	V2	V3	T	M2	M3
1	P	0,00	-5962,40	-5658,85	0,00	0,00	0,00	0,00
		125,00	-5956,02	-5658,85	0,00	0,00	0,00	707355,82
		250,00	-5949,64	-5658,85	0,00	0,00	0,00	1414711,65
2	P	0,00	5458,67	2927,00	0,00	0,00	0,00	997637,27
		125,00	5465,04	2927,00	0,00	0,00	0,00	631761,68
		250,00	5471,42	2927,00	0,00	0,00	0,00	265886,08
3	P	0,00	-5949,64	-5658,85	0,00	0,00	0,00	-1414711,65
		125,00	-5956,02	-5658,85	0,00	0,00	0,00	-707355,82
		250,00	-5962,40	-5658,85	0,00	0,00	0,00	0,00
4	P	0,00	5471,42	2927,00	0,00	0,00	0,00	-265886,08
		125,00	5465,04	2927,00	0,00	0,00	0,00	-631761,68
		250,00	5458,66	2927,00	0,00	0,00	0,00	-997637,27
5	P	0,00	4621,82	4140,36	0,00	0,00	0,00	-265886,08
		125,00	4624,00	4146,35	0,00	0,00	0,00	-783802,49
		250,00	4626,18	4152,34	0,00	0,00	0,00	-1302467,95
6	P	0,00	-7340,18	-3621,61	0,00	0,00	0,00	-1921299,14
		463,14	-7332,10	-3599,41	0,00	0,00	0,00	-249109,74
		926,29	-7324,02	-3577,22	0,00	0,00	0,00	1412797,97
7	P	0,00	-19867,56	999,06	0,00	0,00	0,00	945753,12
		209,99	-19863,90	1009,13	0,00	0,00	0,00	734903,47
		419,98	-19860,23	1019,19	0,00	0,00	0,00	521940,26

8	P	0,00	-19860,30	-1019,00	0,00	0,00	0,00	521940,26
		210,00	-19863,96	-1008,94	0,00	0,00	0,00	734875,74
		420,00	-19867,63	-998,87	0,00	0,00	0,00	945697,42
9	P	0,00	-7324,02	3577,22	0,00	0,00	0,00	1412710,17
		463,13	-7332,10	3599,42	0,00	0,00	0,00	-249153,88
		926,26	-7340,18	3621,61	0,00	0,00	0,00	-1921298,99
10	P	0,00	4626,18	-4152,34	0,00	0,00	0,00	-1302467,79
		125,00	4624,00	-4146,35	0,00	0,00	0,00	-783802,49
		250,00	4621,82	-4140,36	0,00	0,00	0,00	-265886,08
11	P	0,00	-14269,78	489,60	0,00	0,00	0,00	-417074,34
		204,79	-14265,50	492,60	0,00	0,00	0,00	-517646,02
		409,57	-14261,22	495,60	0,00	0,00	0,00	-618831,19
12	P	0,00	-14261,22	-495,60	0,00	0,00	0,00	-618831,19
		204,79	-14265,50	-492,60	0,00	0,00	0,00	-517646,02
		409,57	-14269,78	-489,60	0,00	0,00	0,00	-417074,34
13	P	0,00	13352,26	-10,02	0,00	0,00	0,00	467044,90
		197,33	13352,26	-4,99	0,00	0,00	0,00	468526,58
		394,66	13352,26	4,065E-02	0,00	0,00	0,00	469015,11
		591,99	13352,26	5,07	0,00	0,00	0,00	468510,53
		789,33	13352,26	10,11	0,00	0,00	0,00	467012,83

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

JOINT	LOAD	U1	U2	U3	R1	R2	R3
1	P	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	-9,242E-03	0,0000
2	P	-2,1895	0,0000	-0,0305	0,0000	-6,078E-03	0,0000
3	P	-3,2105	0,0000	-4,293E-03	0,0000	-3,124E-03	0,0000
4	P	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	9,242E-03	0,0000
5	P	2,1895	0,0000	-0,0305	0,0000	6,078E-03	0,0000
6	P	3,2103	0,0000	-4,293E-03	0,0000	3,124E-03	0,0000
7	P	-3,4071	0,0000	0,4703	0,0000	5,603E-04	0,0000
8	P	-0,1772	0,0000	-6,7987	0,0000	4,864E-03	0,0000
9	P	-8,036E-05	0,0000	-7,5338	0,0000	0,0000	0,0000
10	P	0,1770	0,0000	-6,7989	0,0000	-4,863E-03	0,0000
11	P	3,4069	0,0000	0,4702	0,0000	-5,607E-04	0,0000

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

FRAME	LOAD	LOC	P	V2	V3	T	M2	M3
1	P	0,00	-6357,61	-5502,61	0,00	0,00	0,00	0,00
		125,00	-6351,24	-5502,61	0,00	0,00	0,00	687825,80
		250,00	-6344,86	-5502,61	0,00	0,00	0,00	1375651,61
2	P	0,00	5451,87	2591,82	0,00	0,00	0,00	966338,13
		125,00	5458,24	2591,82	0,00	0,00	0,00	642351,65
		250,00	5464,62	2591,82	0,00	0,00	0,00	318380,16
3	P	0,00	-6344,86	-5502,61	0,00	0,00	0,00	-1375651,61
		125,00	-6351,24	-5502,61	0,00	0,00	0,00	-687825,80
		250,00	-6357,61	-5502,61	0,00	0,00	0,00	0,00
4	P	0,00	5464,53	2591,89	0,00	0,00	0,00	-318364,99
		125,00	5458,15	2591,89	0,00	0,00	0,00	-642351,29
		250,00	5451,78	2591,89	0,00	0,00	0,00	-966337,58
5	P	0,00	4658,43	3857,28	0,00	0,00	0,00	-318380,16
		125,00	4661,13	3863,05	0,00	0,00	0,00	-800898,78
		250,00	4663,82	3868,83	0,00	0,00	0,00	-1284139,70
6	P	0,00	-7653,19	-3392,03	0,00	0,00	0,00	-1900635,30
		492,52	-7642,57	-3369,26	0,00	0,00	0,00	-235590,44
		985,04	-7631,95	-3346,49	0,00	0,00	0,00	1418240,20
7	P	0,00	-18591,00	1774,42	0,00	0,00	0,00	1003389,63
		210,01	-18586,48	1784,13	0,00	0,00	0,00	629720,75
		420,02	-18581,95	1793,84	0,00	0,00	0,00	254012,93



8	P	0,00	-18581,87	-1794,03	0,00	0,00	0,00	254012,93
		210,00	-18586,39	-1784,32	0,00	0,00	0,00	629742,55
		420,00	-18590,92	-1774,61	0,00	0,00	0,00	1003433,38
9	P	0,00	-7631,95	3346,50	0,00	0,00	0,00	1418306,25
		492,53	-7642,57	3369,27	0,00	0,00	0,00	-235544,84
		985,06	-7653,18	3392,04	0,00	0,00	0,00	-1900610,48
10	P	0,00	4663,85	-3868,72	0,00	0,00	0,00	-1284125,76
		125,00	4661,16	-3862,94	0,00	0,00	0,00	-800884,15
		250,01	4658,46	-3857,16	0,00	0,00	0,00	-318364,99
11	P	0,00	-14298,39	488,41	0,00	0,00	0,00	-409316,48
		210,85	-14293,85	491,30	0,00	0,00	0,00	-512601,46
		421,69	-14289,32	494,19	0,00	0,00	0,00	-616495,64
12	P	0,00	-14289,29	-494,16	0,00	0,00	0,00	-616484,68
		210,85	-14293,82	-491,27	0,00	0,00	0,00	-512594,76
		421,70	-14298,36	-488,38	0,00	0,00	0,00	-409314,03
13	P	0,00	12096,46	-9,74	0,00	0,00	0,00	414850,65
		190,33	12096,46	-4,88	0,00	0,00	0,00	416242,04
		380,66	12096,46	-2,919E-02	0,00	0,00	0,00	416709,58
		570,99	12096,46	4,83	0,00	0,00	0,00	416253,19
		761,32	12096,46	9,68	0,00	0,00	0,00	414872,86

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

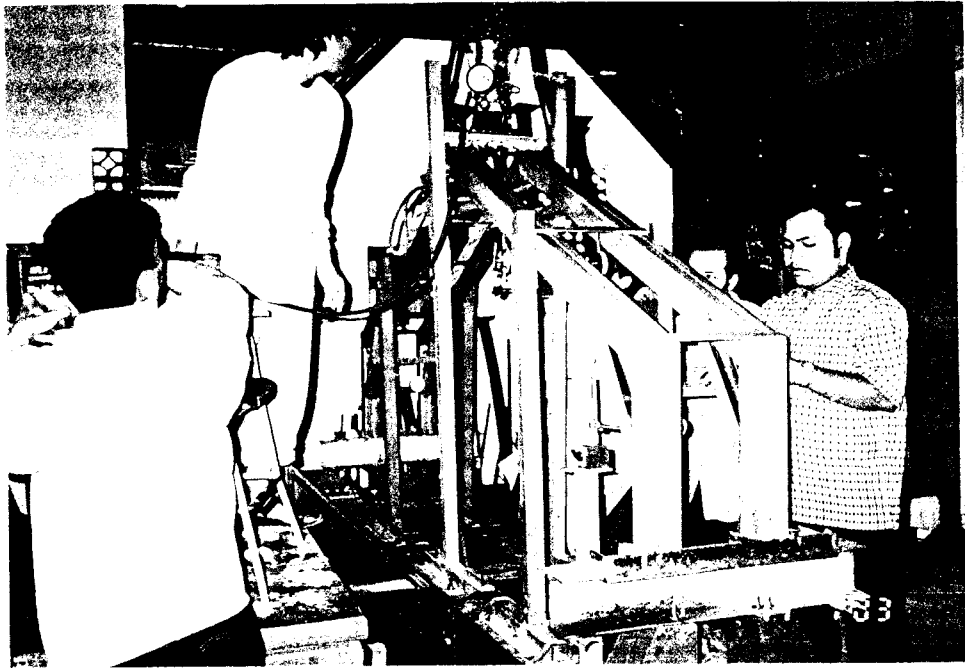
JOINT	LOAD	U1	U2	U3	R1	R2	R3
1	P	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	-0,0102	0,0000
2	P	-2,4346	0,0000	-0,0324	0,0000	-7,133E-03	0,0000
3	P	-3,7297	0,0000	-6,446E-03	0,0000	-4,119E-03	0,0000
4	P	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0102	0,0000
5	P	2,4345	0,0000	-0,0324	0,0000	7,132E-03	0,0000
6	P	3,7296	0,0000	-6,446E-03	0,0000	4,119E-03	0,0000
7	P	-4,0780	0,0000	0,6414	0,0000	-3,343E-04	0,0000
8	P	-0,1495	0,0000	-6,4885	0,0000	4,270E-03	0,0000
9	P	-8,694E-05	0,0000	-7,0252	0,0000	0,0000	0,0000
10	P	0,1492	0,0000	-6,4887	0,0000	-4,269E-03	0,0000
11	P	4,0778	0,0000	0,6413	0,0000	3,339E-04	0,0000

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

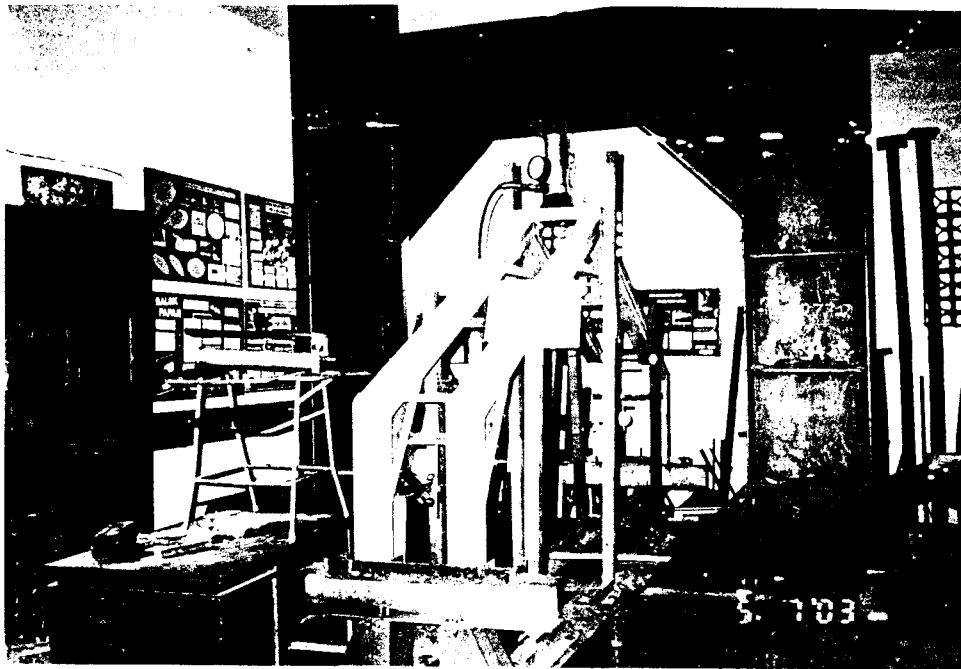
FRAME	LOAD	LOC	P	V2	V3	T	M2	M3
1	P	0,00	-6753,66	-5350,41	0,00	0,00	0,00	0,00
		125,00	-6747,29	-5350,41	0,00	0,00	0,00	668801,59
		250,00	-6740,91	-5350,41	0,00	0,00	0,00	1337603,18
2	P	0,00	5400,01	2232,18	0,00	0,00	0,00	934133,92
		125,00	5406,39	2232,18	0,00	0,00	0,00	655110,97
		250,00	5412,76	2232,18	0,00	0,00	0,00	376088,14
3	P	0,00	-6740,91	-5350,41	0,00	0,00	0,00	-1337603,18
		125,00	-6747,29	-5350,41	0,00	0,00	0,00	-668801,59
		250,00	-6753,66	-5350,41	0,00	0,00	0,00	0,00
4	P	0,00	5412,70	2232,24	0,00	0,00	0,00	-376075,46
		125,00	5406,32	2232,24	0,00	0,00	0,00	-655105,46
		250,00	5399,95	2232,24	0,00	0,00	0,00	-934135,45
5	P	0,00	4639,51	3571,50	0,00	0,00	0,00	-376088,14
		125,00	4642,70	3577,02	0,00	0,00	0,00	-822869,74
		250,00	4645,89	3582,54	0,00	0,00	0,00	-1270341,52
6	P	0,00	-7985,77	-3130,94	0,00	0,00	0,00	-1889897,63
		531,01	-7972,23	-3107,49	0,00	0,00	0,00	-233560,89
		1062,02	-7958,69	-3084,03	0,00	0,00	0,00	1410319,80
7	P	0,00	-17202,89	2263,62	0,00	0,00	0,00	1029195,76
		210,01	-17197,53	2272,90	0,00	0,00	0,00	552828,76
		420,03	-17192,17	2282,17	0,00	0,00	0,00	74513,44

8	P	0,00	-17192,02	-2282,45	0,00	0,00	0,00	74513,44
		210,00	-17197,37	-2273,17	0,00	0,00	0,00	552856,46
		420,00	-17202,73	-2263,89	0,00	0,00	0,00	1029251,38
9	P	0,00	-7958,69	3084,02	0,00	0,00	0,00	1410401,01
		531,02	-7972,23	3107,48	0,00	0,00	0,00	-233509,40
		1062,04	-7985,78	3130,94	0,00	0,00	0,00	-1889876,33
10	P	0,00	4645,90	-3582,46	0,00	0,00	0,00	-1270329,26
		125,00	4642,71	-3576,94	0,00	0,00	0,00	-822857,25
		250,00	4639,52	-3571,42	0,00	0,00	0,00	-376075,46
11	P	0,00	-14305,65	496,27	0,00	0,00	0,00	-403469,26
		216,51	-14300,86	499,03	0,00	0,00	0,00	-511213,78
		433,01	-14296,08	501,79	0,00	0,00	0,00	-619556,08
12	P	0,00	-14296,06	-501,77	0,00	0,00	0,00	-619547,12
		216,51	-14300,84	-499,01	0,00	0,00	0,00	-511208,49
		433,02	-14305,62	-496,25	0,00	0,00	0,00	-403467,69
13	P	0,00	10679,54	-9,31	0,00	0,00	0,00	381124,08
		181,87	10679,54	-4,67	0,00	0,00	0,00	382395,92
		363,74	10679,54	-3,525E-02	0,00	0,00	0,00	382824,12
		545,62	10679,54	4,60	0,00	0,00	0,00	382408,72
		727,49	10679,54	9,24	0,00	0,00	0,00	381149,71

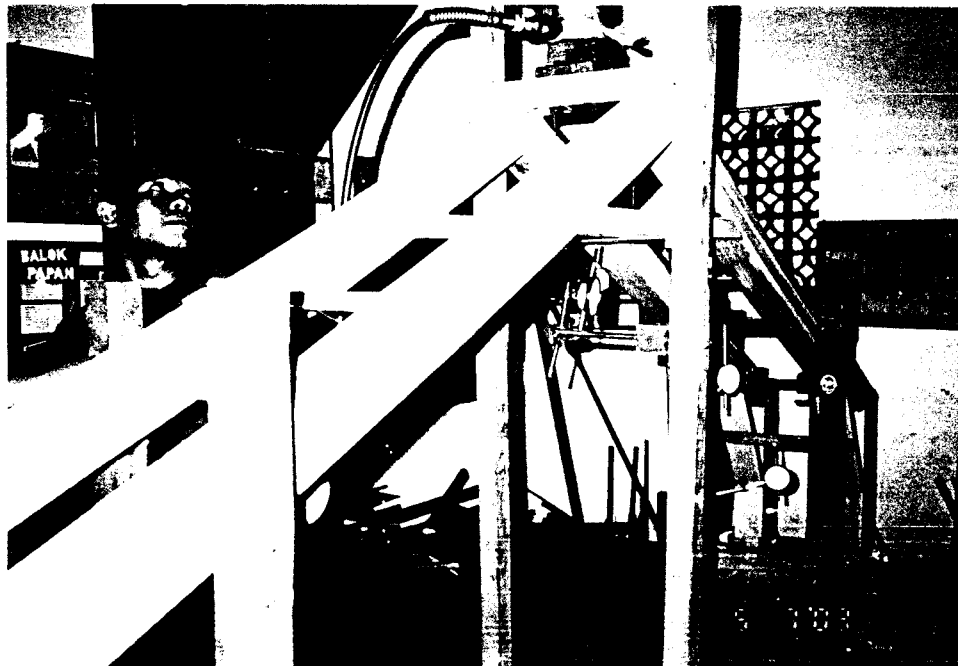
# LAMPIRAN 6



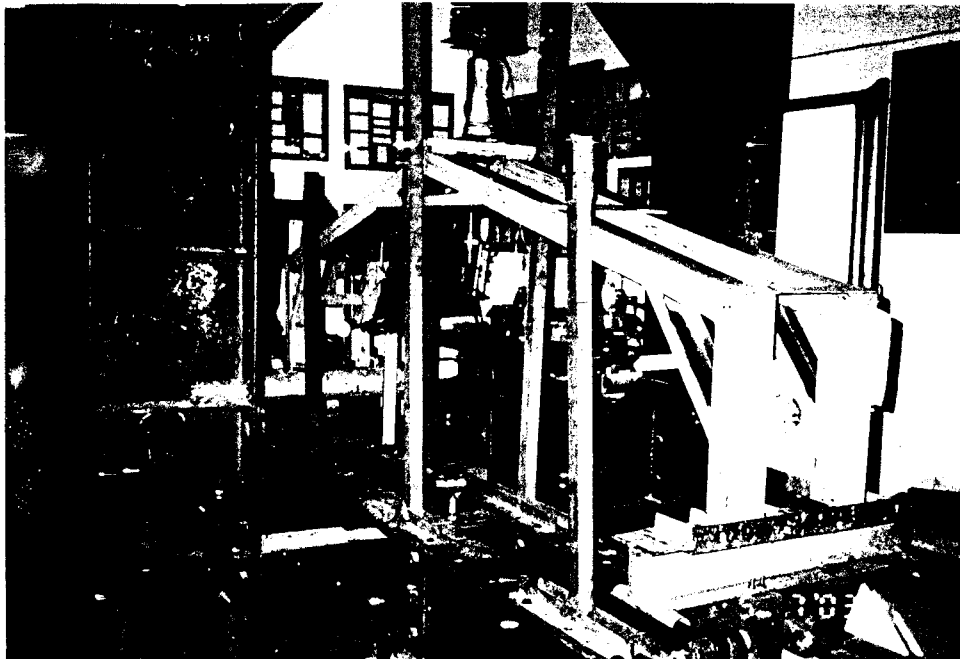
Pengujian Sampel *Gable Frame*



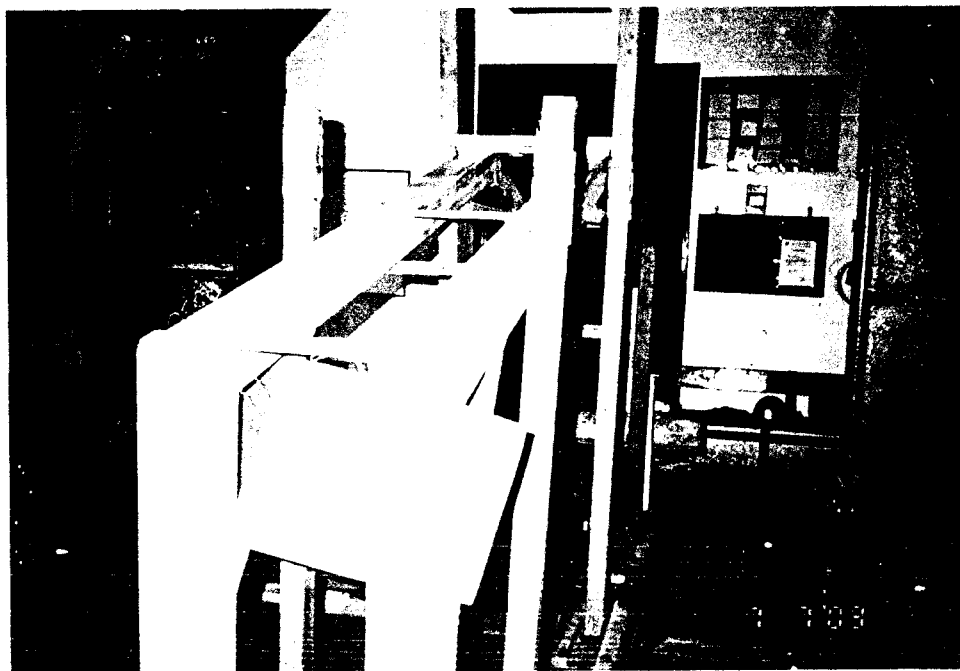
Sampel 1 (*Gable Frame* dengan  $\alpha = 25^\circ$  dan penampang  $I_{\text{badan}} < I_{\text{sayap}}$ )



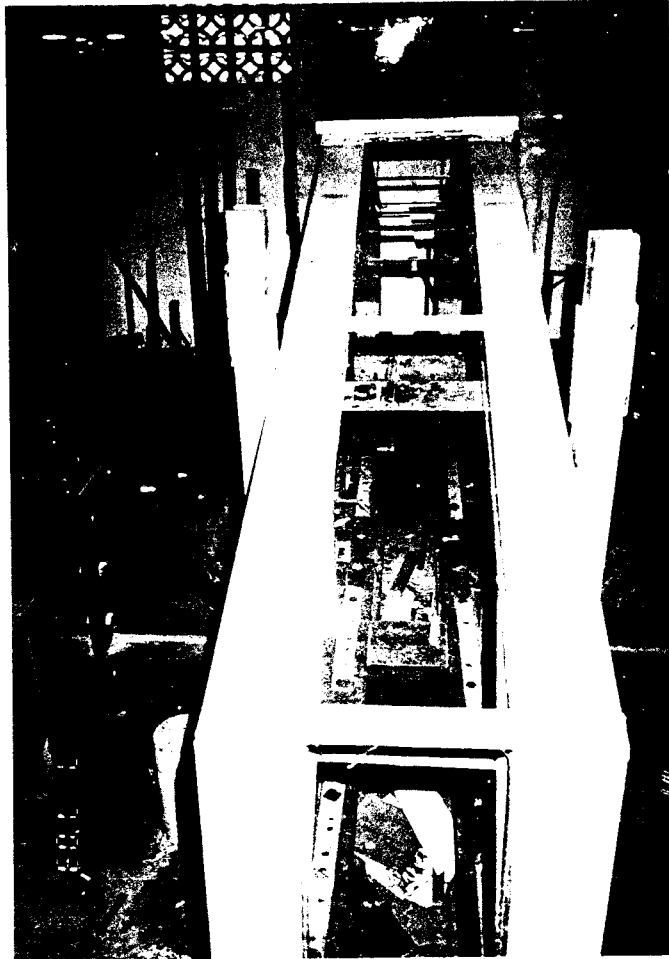
Kerusakan pada Sampel 1



Sampel 2 (*Gable Frame* dengan  $\alpha = 15^\circ$  dan penampang  $I_{\text{badan}} < I_{\text{sayap}}$ )

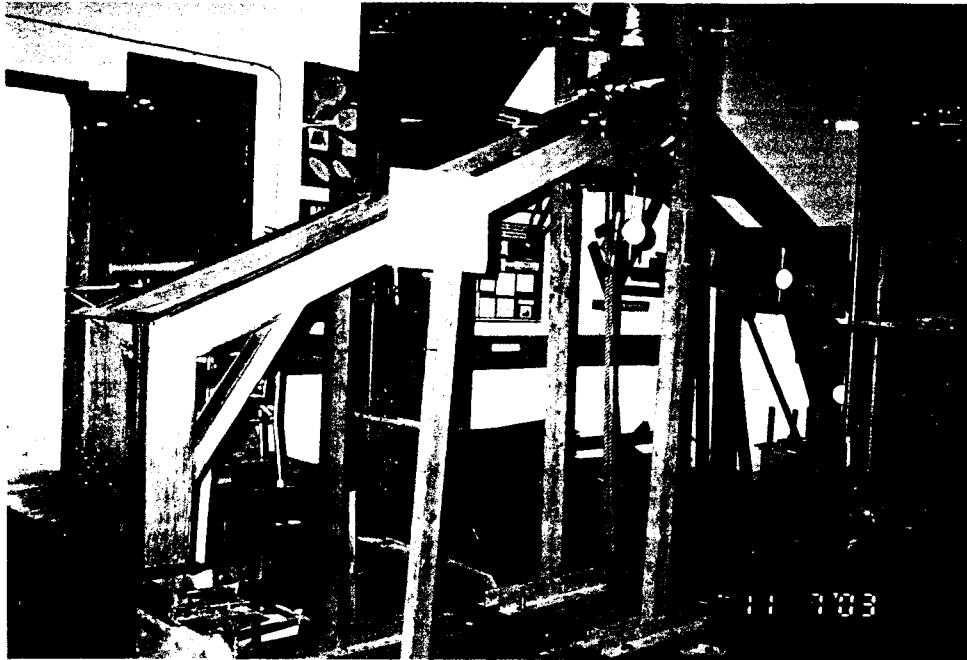


Kerusakan pada Sampel 2

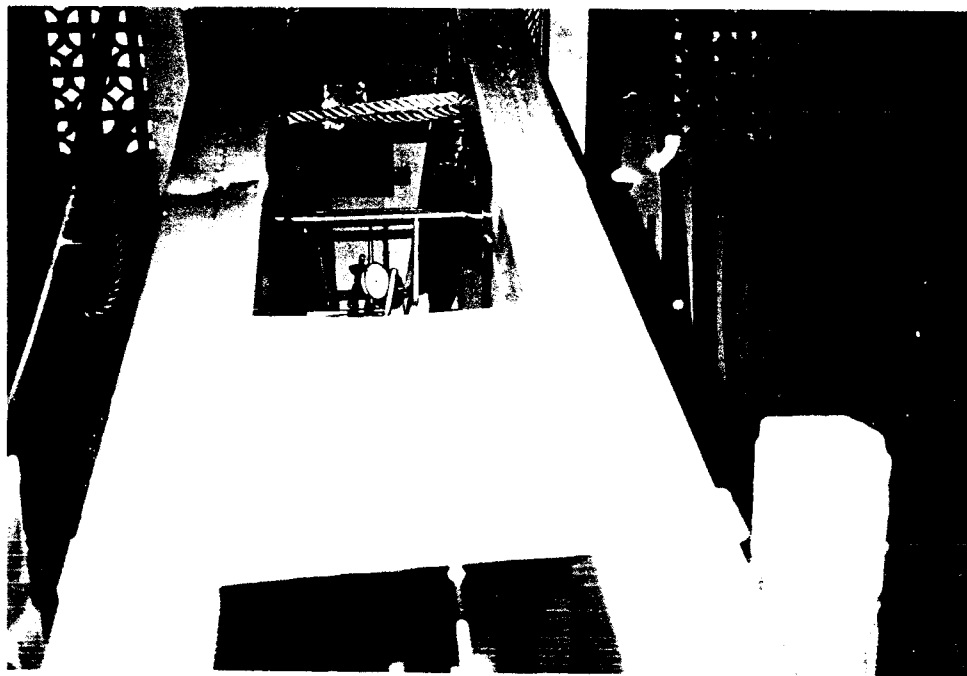


Tampak atas kerusakan pada Sampel 2

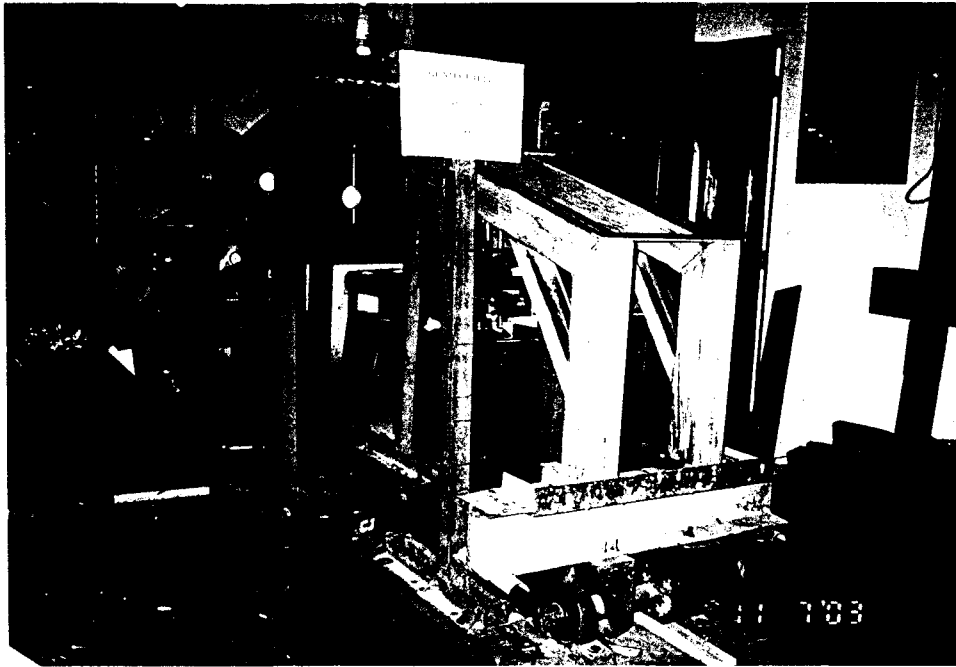




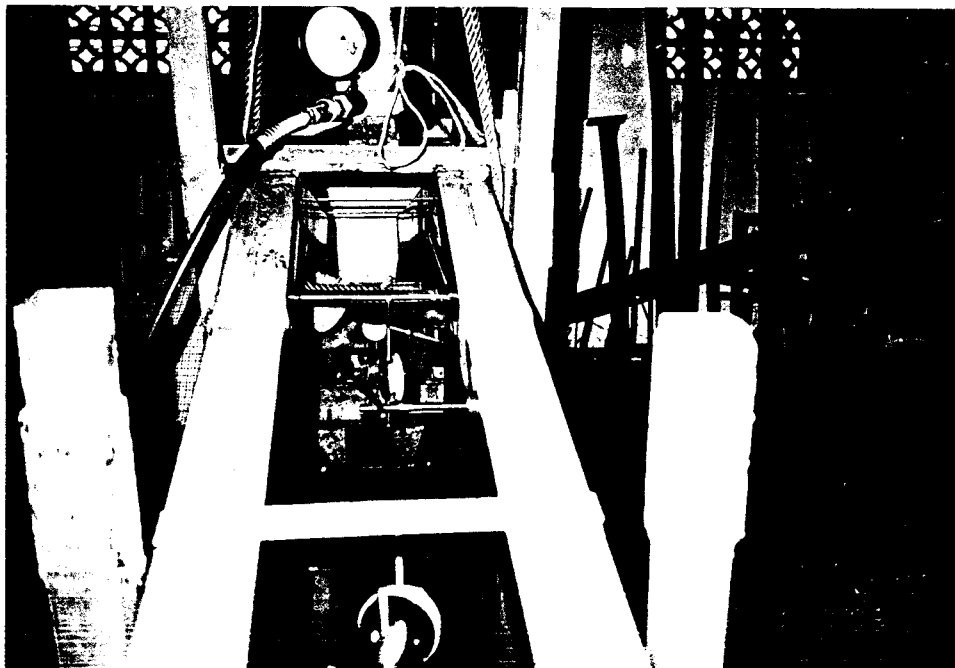
Sampel 3 (*Gable Frame* dengan  $\alpha = 25^\circ$  dan penampang  $I_{\text{badan}} > I_{\text{sayap}}$ )



Kerusakan pada Sampel 3



Sampel 4 (*Gable Frame* dengan  $\alpha = 15^\circ$  dan penampang  $I_{\text{badan}} > I_{\text{sayap}}$ )



Kerusakan pada Sampel 4