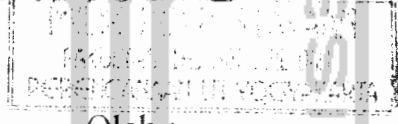
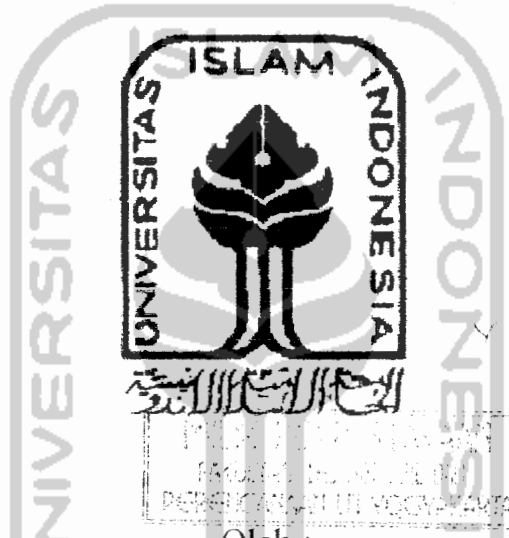


PERSPUSTAKAAN FISIP UNY  
 HADIAN/BELI  
 TGL. TERIMA : 3 Mei 2006  
 NO. JUDEL : 001885  
 NO. INV. : 59200001885001  
 NO. INDEX :

**TUGAS AKHIR**

**PENGARUH RASIO JARAK BATANG TRANSVERSAL  
 DAN TINGGI BALOK ( $a/h$ ) TERHADAP KAPASITAS LENTUR  
 BALOK VIERENDEEL BETON**



Oleh :

**SWASTIKO ADI NUGROHO 98 511 069**

**NURCAHYONO SATYO .N. 98 511 163**

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

**2005**



**LEMBAR PENGESAHAN**  
**TUGAS AKHIR**  
**PENELITIAN LABORATORIUM**

**PENGARUH RASIO JARAK BATANG TRANSVERSAL  
DAN TINGGI (a/h) TERHADAP KAPASITAS LENTUR  
BALOK VIERENDEEL BETON**

Diajukan kepada Universitas Islam Indonesia untuk memenuhi sebagian persyaratan  
memperoleh Derajat Sarjana Tekni Sipil

*Disusun oleh :*

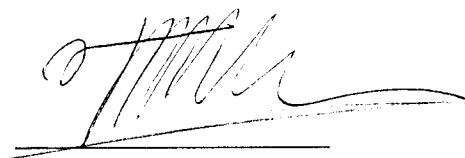
**Nurchayono Satyo Nugroho**

**No. Mhs. 98 511 163**

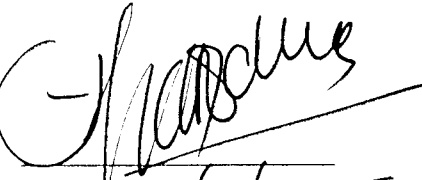
Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Dosen Pembimbing I  
Ir. Fatkhurrohman NS, MT

Dosen Pembimbing I  
Ir. H Suharyatmo, MT



Tgl. : 8-9-2005



Tgl. : 9/9/2005

## Motto dan Persembahan

*"... Katakanlah, " Apakah sama orang yang mengetahui dengan orang yang tidak mengetahui?" Sesungguhnya orang yang berakallah yang dapat menerima pelajaran. "*

*( QS. Az - Zumar : 9 )*

*"... Allah meninggikan orang yang beriman diantara kamu dan orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat..."*

*( QS. Alujadilah : 11 )*

*"... Sesungguhnya yang paling mulia diantara kamu disisi Allah ialah orang yang paling taqwa diantara kamu "*

*( QS. Al Ajuarat : 13 )*

Karya ini Kupersembahkan untuk :

Bapak dan Ibu tercinta yang telah banyak berkorban demi kuliahku,  
Mertuaku thanks ya,Istri dan anakku Cennora Kalianlah semangatku,  
Swastiko,Riki,Rusnapi,Ferizal,Herlis thanks bantuannya untuk menyelesaikan ini,  
Adik - adikku dan Lili yang telah banyak memberikan bantuan moril dan materiil

## KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb.

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya kepada kami berupa kesehatan jasmani dan rohani serta akal pikiran, sehingga kami mampu menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini dengan baik.

Laporan ini kami susun dengan maksud untuk melengkapi salah satu syarat menyelesaikan studi dan yudisium di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Tidak lupa pula kami sertakan ucapan terima kasih kami kepada pihak-pihak yang telah membantu dan memberi semangat kepada kami dalam proses penyusunan dan penyelesaian Laporan Tugas Akhir ini, antara lain :

1. Bapak Ir. Fatkhurrohman Nur Shodiq, MT selaku Dosen Pembimbing I,
2. Bapak Ir. H. Suharyatmo, MT selaku Dosen Pembimbing II,
3. Mas Aris Sunanto, selaku Staf Laboratorium Mekanika Rekayasa,
4. Mas Daru selaku Staf Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik,
5. Riki, Rusnapi, Ferizal, Herlis, Muslih, Ibnu, dan teman-temanku yang lain yang tidak bisa kami sebut satu per satu,
6. Anak-anak kost Dayavi, (Dedi, Widi, Feri, Fajar, Aris, Yuni, Budi, Imang, Jarot) dan teman-teman Dayavi yang lainnya.



Kami menyadari, bahwa laporan ini masih terdapat kekurangan karena keterbatasan kami sebagai manusia dan keterbatasan waktu dan biaya. Kami berharap laporan ini berguna bagi kami dan pembaca. Amin

Wassalamualaikum Wr. Wb.



Yogyakarta, 28 Februari 2005

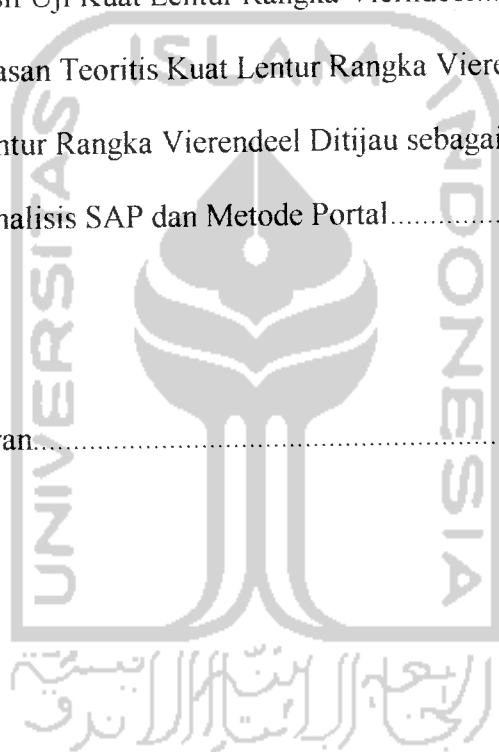
Penulis

## DAFTAR ISI

Halaman Judul.....	i
Lembar Pengesahan .....	ii
Motto dan Persembahan.....	iii
Kata Pengantar .....	iv
Daftar Isi.....	vi
Daftar Lampiran.....	ix
Abstraksi .....	xi
 <b>BAB I</b>	
Pendahuluan.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	2
1.3 Manfaat Penelitian.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
 <b>BAB II</b>	
Tinjauan Pustaka.....	4
 <b>BAB III</b>	
3.1 Pendahuluan.....	6
3.2 Analisis Gaya Batang.....	7
3.2.1 Gaya Geser.....	9

3.2.2 Gaya Aksial.....	12
3.2.3 Momen.....	13
3.3 Pengaruh Rasio $\frac{a}{h}$ terhadap Gaya Aksial dan Kapasitas Momen.....	13
3.4 Batang Lentur.....	15
3.5 Batang Tekan.....	17
3.6 Kombinasi Tekan-Lentur.....	19
3.7 Hubungan Beban-Lendutan.....	21
3.8 Hubungan Momen Kelengkungan.....	25
3.9 Hipotesa.....	27
 <b>BAB IV</b>	
Metode Penelitian.....	28
4.1 Tinjauan Umum.....	28
4.2 Persiapan Alat dan Bahan.....	28
4.2.1 Bahan.....	29
4.2.2 Alat Penelitian.....	30
4.3 Pemeriksaan Pendahuluan.....	34
4.4 Persiapan Pengujian.....	35
4.5 Model Benda Uji.....	36
 <b>BAB V</b>	
Hasil Penelitian dan Pembahasan.....	38
5.1 Hasil Uji Kuat Tekan Beton.....	38

5.2 Hasil Uji Kuat Tarik dan Kuat Leleh Baja Tulangan.....	38
5.3 Hasil Uji Kuat Lentur Struktur Rangka Vierendeel.....	39
5.3.1 Hubungan Beban Deformasi.....	39
5.3.2 Hubungan Momen-Kelengkungan.....	46
5.3.3 Grafik Hubungan Momen-Kelengkungan.....	49
5.4 Pembahasan Hasil Uji Kuat Tekan Beton.....	49
5.5 Pembahasan Hasil Uji Kuat Lentur Rangka Vierendeel.....	49
5.5.1 Pembahasan Teoritis Kuat Lentur Rangka Vierendeel.....	51
5.5.2 Kuat Lentur Rangka Vierendeel Ditinjau sebagai Balok Kolom	53
5.6 Perbandingan Analisis SAP dan Metode Portal.....	63
 <b>BAB VI</b>	
Kesimpulan dan Saran.....	64



## Daftar Lampiran

### Lampiran 1. Kartu Peserta Tugas Akhir

Kartu Peserta Tugas Akhir ..... L1.1

### Lampiran 2. Tabel Hasil Pengujian Kuat Tekan Silinder Beton dan Kuat Tarik Baja

Tabel Hasil Pengujian Kuat Tekan Silinder Beton ..... L2.1

Tabel Hasil Pengujian Kuat Tarik Baja ..... L2.2

### Lampiran 3. Tabel Hasil Pengujian Kuat Lentur Balok Vierendeel Beton

Tabel Hasil Pengujian Kuat Lentur Benda Uji 1 ..... L3.1

Tabel Hasil Pengujian Kuat Lentur Benda Uji 2 ..... L3.2

Tabel Hasil Pengujian Kuat Lentur Benda Uji 3 ..... L3.3

Tabel Regresi Hasil Pengujian Kuat Lentur Benda Uji 1 ..... L3.4

Tabel Regresi Hasil Pengujian Kuat Lentur Benda Uji 2 ..... L3.5

Tabel Regresi Hasil Pengujian Kuat Lentur Benda Uji 3 ..... L3.6

### Lampiran 4. Hasil Perhitungan Mix Design

Perhitungan Mix Design ..... L4.1

### Lampiran 5. Perbandingan Analisis Metode Pendekatan dan Analisis SAP 200

Tabel Perbandingan Benda Uji 1 ..... L5.1

Tabel Perbandingan Benda Uji 1 ..... L5.3

Tabel Perbandingan Benda Uji 1 ..... L5.5

**Lampiran 6.** Hasil Perhitungan SAP 2000

Benda uji 1 .....	L6.1
Benda Uji 2 .....	L6.16
Benda Uji 3 .....	L6.25

**Lampiran 7** Perhitungan Balok Kolom

Perhitungan Balok Kolom.....	L7.1
------------------------------	------



## ABSTRAKSI

Balok Vierendeel dengan rasio  $a/h$  yang semakin besar, kapasitas menahan gaya-gaya luar dan momen semakin kecil. Rasio simpangan hitungan metode portal dan hitungan program SAP 2000 relative kecil, sehingga asumsi titik belok ada di tengah batang adalah benar. Secara umum rasio  $a/h$  berpengaruh terhadap kekakuan balok Vierendeel. Semakin jauh jarak batang transversal atau semakin tinggi rasio  $a/h$ , nilai kekakuan semakin kecil.



**PENGARUH RASIO JARAK BATANG TRANSVERSAL  
DAN TINGGI BALOK ( $a/h$ ) TERHADAP KAPASITAS LENTUR  
BALOK VIERENDEEL BETON**

Oleh :

**SWASTIKO ADI NUGROHO 98 511 069**

**NURCAHYONO SATYO .N. 98 511 163**

**Tugas Akhir**

Diserahkan guna memenuhi sebagian syarat  
yang diperlukan untuk memperoleh derajat Sarjana

**JURUSAN TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**

**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

**2005**



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Beton bertulang telah banyak digunakan sebagai komponen struktur pada bangunan Sipil seperti gedung, jembatan dan dermaga. Dalam perencanaan struktur beton bertulang penampang solid, didasarkan atas beberapa asumsi salah satu diantaranya kekuatan tarik beton diabaikan, sehingga daerah beton yang menerima tarik hanya berfungsi melindungi baja tulangan, dengan demikian keberadaan beton tarik kurang efektif, sehingga perlu dicari bentuk struktur lentur lain yang lebih efektif dengan mengurangi luasan di daerah tarik, salah satunya adalah balok *Vierendeel*.

Balok *Vierendeel* merupakan struktur rangka yang berbentuk susunan pola-pola segiempat, terdiri dari elemen batang-batang tepi (tepi bawah dan tepi atas) dan batang transversal yang dihubungkan secara kaku, sehingga komponen-komponen balok *Vierendeel* mampu menerima gaya aksial (desak dan tarik), gaya geser, momen maupun kombinasi aksial momen.

Informasi tentang perilaku balok *Vierendeel* beton yaitu hubungan antara beban-lendutan, momen-kelengkungan, serta kapasitas lentur dan geser belum banyak dikemukakan. Hal tersebut menarik untuk dilakukan penelitian eksperimental tentang perilaku balok *Vierendeel* beton. Semakin panjang balok, maka jarak antar batang transversal dengan jumlah yang sama dan tinggi ( $h$ ) konstan, momen yang bekerja pada batang tepi semakin besar, sehingga perlu dicari hubungan antara jarak batang transversal terhadap tinggi balok *Vierendeel* ( $a/h$ ) untuk memperoleh kekuatan optimal.

## 1.2 Tujuan Penelitian

Penelitian tentang pengaruh variasi rasio jarak batang transversal terhadap tinggi ( $a/h$ ) bertujuan untuk :

1. mendapatkan dan membandingkan kapasitas lentur balok *Vierendeel* yang mempunyai penampang dan tinggi konstan dengan rasio  $a/h$  bervariasi,
2. mendapatkan dan membandingkan kekakuan balok *Vierendeel* yang mempunyai penampang dan tinggi konstan dengan rasio  $a/h$  bervariasi.

## 1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian balok *Vierendeel* ini:

1. pengembangan dari pengetahuan yang sudah ada,
2. hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai referensi dalam perencanaan balok *Vierendeel*

## 1.4 Batasan Masalah

Pembatasan masalah dilakukan bertujuan untuk mengarahkan hasil penelitian agar dapat mencapai hasil penelitian. Pembatasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. rasio  $a/h$  bervariasi;  $a/h = 1$ ,  $a/h = 2$ , dan  $a/h = 4$  dengan tinggi balok ( $h$ ) tetap,
2. mutu beton rencana adalah  $f_c' = 15$  MPa,
3. mutu baja tulangan rencana ( $f_y$ ) = 240 MPa,
4. perletakan balok sendi-rol,
5. system pembebanan simetris setiap sepertiga bentang dengan beban statis.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

Struktur rangka kaku terbuat dari batang-batang transversal dan batang tepi (tepi atas dan tepi bawah) yang dihubungkan secara kaku. Balok vierendeel yang diberi beban transversal simetris berlaku analog dengan rangka kantilever kaku yang memikul gaya lateral. Dengan anggapan bahwa terbentuk sendi di tengah-tengah elemen batang transversal dan elemen batang tepi, maka metode portal dapat digunakan untuk menganalisis gaya-gaya batang (*Wolfgang Schueller, 1989*).

Sebuah struktur rangka dapat diasumsikan sebagai suatu balok solid dengan dukungan sendi-rol. Dari teori mekanika teknik dapat diketahui bahwa momen lentur akibat beban luar akan menimbulkan gaya-gaya tekan pada bagian atas dan batang transversal serta gaya tarik pada batang bagian bawah dan gaya geser seperti (*Vis dan Gideon, 1993*).

Lentur pada balok merupakan akibat adanya regangan yang timbul karena adanya beban luar. Apabila beban bertambah, maka pada balok terjadi deformasi. Bila bebannya semakin bertambah, pada akhirnya dapat terjadi keruntuhan pada elemen struktur. Tegangan-tegangan lentur merupakan hasil dari momen lentur (*Edward G Nawy, 1990*).

Pada struktur yang sederhana, batang transversal merupakan komponen struktur yang sering menjadi bagian dari struktur rangka. Bila pada batang transversal bagian atas dan bawah berhubungan kaku dengan batang tepi atas dan batang tepi bawah, maka tegangan yang diterima batang transversal, selain tegangan

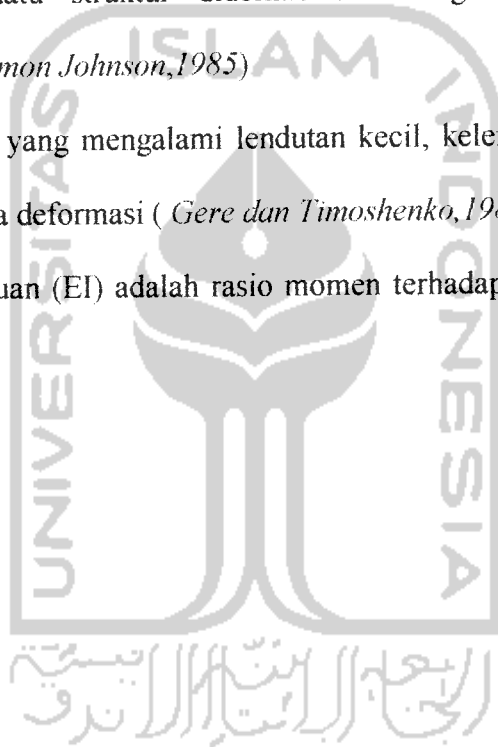
aksial juga terdiri dari tegangan yang disebabkan oleh momen lentur (*Vis dan Gideon, 1993*).

Pada struktur rangka, batang transversal adalah batang tekan yang memikul beban dari batang tepi atas. Karena batang transversal merupakan komponen tekan, maka keruntuhan pada suatu batang transversal merupakan lokasi kritis yang dapat menyebabkan keruntuhan pada seluruh struktur (*Edward G Nawy, 1990*)

Kekakuan suatu struktur didefinisikan sebagai rasio beban terhadap deformasi ( $P/\Delta$ ) (*Salmon Johnson, 1985*)

Pada struktur yang mengalami lendutan kecil, kelengkungan kurva didekati dengan turunan kedua deformasi (*Gere dan Timoshenko, 1987*)

Faktor kekakuan ( $EI$ ) adalah rasio momen terhadap kelengkungan (*R Park and T Pulay, 1975*)

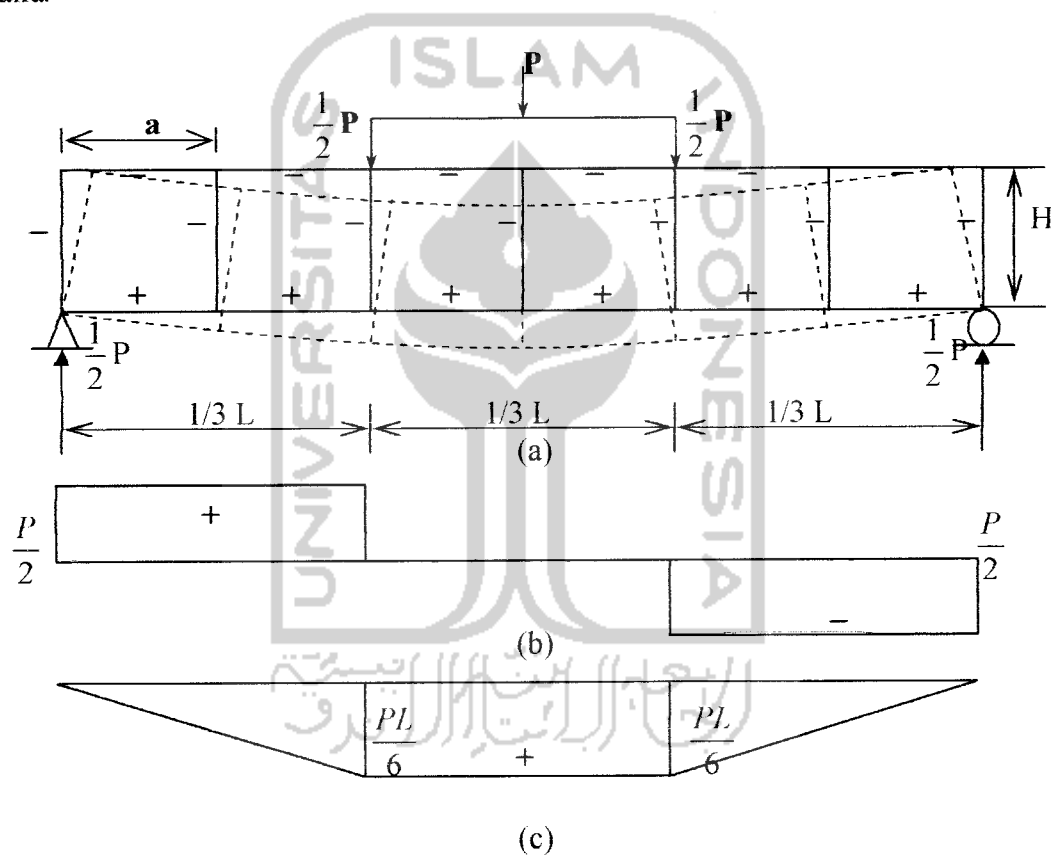


### BAB III

#### LANDASAN TEORI

#### 3.1 Pendahuluan

*Schueller (1989)*, Balok *Vierendeel* terdiri dari batang tepi (tepi atas dan tepi bawah) dan batang transversal yang membentuk pola segi empat dihubungkan secara kaku.

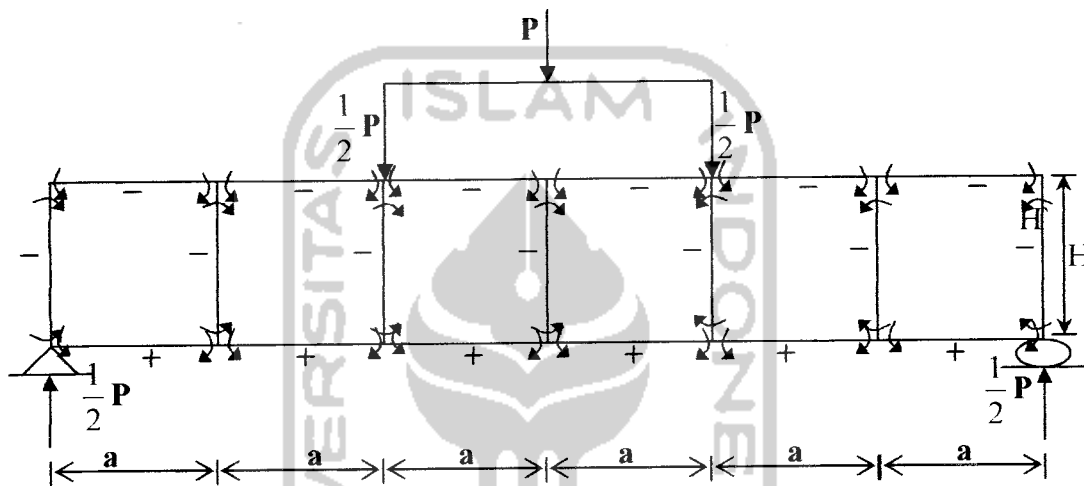


**Gambar (3.1)** (a) Balok vierendeel dianggap sebagai balok solid dengan beban luar; (b) diagram gaya geser; (c) diagram momen

Jika balok *Vierendeel* diberi beban transversal ( $P$ ), akan mengalami deformasi dalam bentuk seperti ditunjukkan garis putus-putus pada Gambar (3.1a). Bila berat sendiri

diabaikan dan *Vierendeel* dianggap tampang solid, maka gaya geser dan momen yang bekerja seperti ditunjukkan Gambar (3.1b) dan Gambar (3.1c).

*Vis dan Gideon (1993)*, Akibat beban ( $P$ ), batang tepi atas dan batang transversal akan menerima gaya tekan dan momen sedangkan batang tepi bawah akan menerima gaya tarik dan momen. Selain itu setiap elemen batang akan menerima gaya geser seperti pada Gambar (3.2).

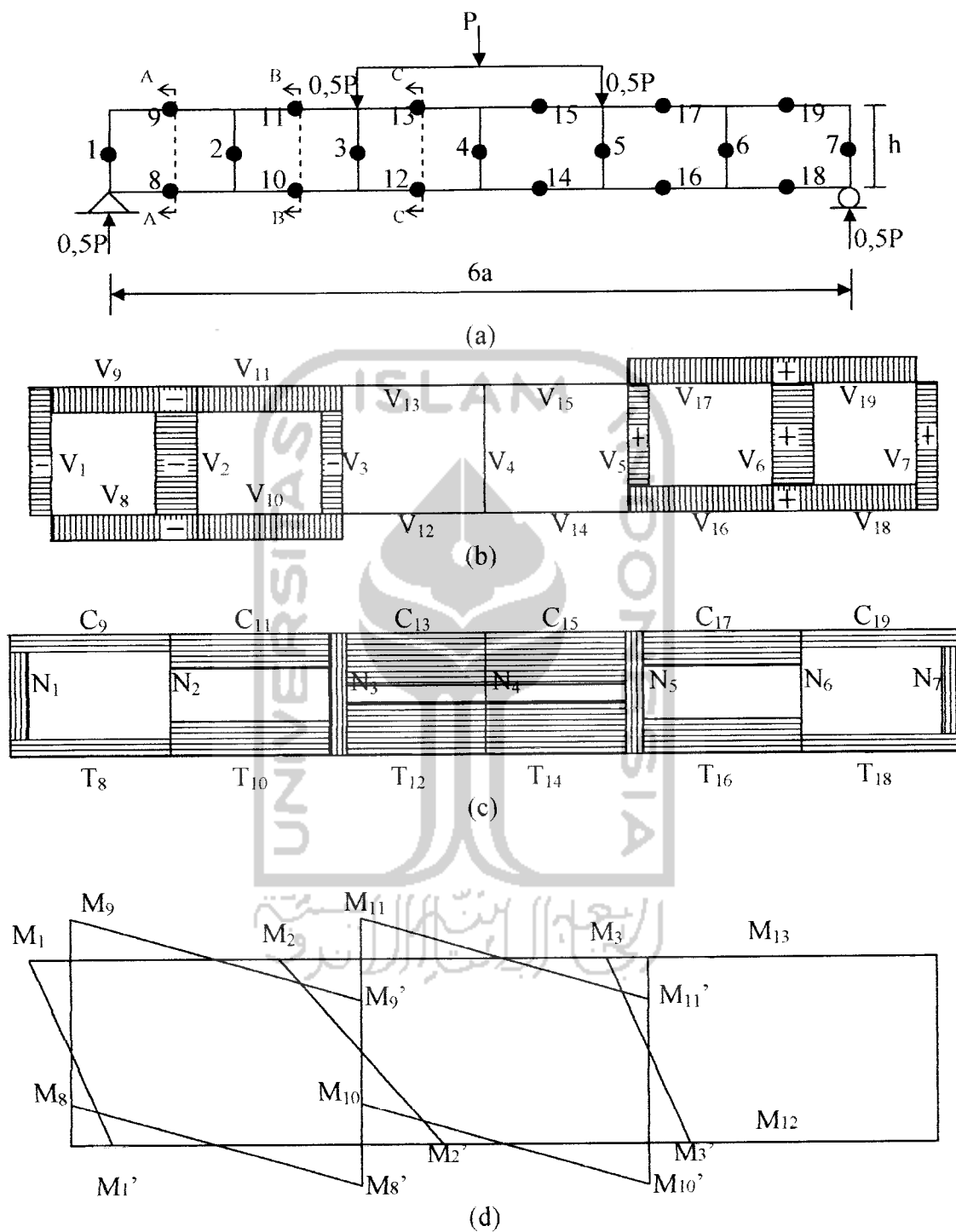


Gambar (3.2) Gaya-gaya dalam pada balok vierendeel

### 3.2 Analisis Gaya Batang

Analisis struktur dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan gaya-gaya dalam seperti gaya geser, gaya aksial (aksial tekan dan aksial tarik) dan momen. Banyak cara untuk menganalisis struktur rangka *Vierendeel*. Satu diantaranya adalah Metode Portal.

*Schueller (1989)*, Metode Portal adalah metode pendekatan dengan anggapan bahwa pada setiap elemen batang (batang tepi dan batang transversal) terdapat titik-titik belok di tengah batang seperti ditunjukkan Gambar (3.3a).

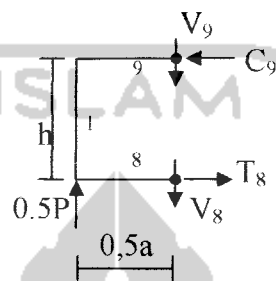


**Gambar (3.3)** (a) Balok *Vierendeel* dengan titik belok  
 (b) Diagram gaya geser balok *Vierendeel*  
 (c) Diagram gaya aksial balok *Vierendeel*  
 (d) Diagram momen balok *Vierendeel*

### 3.2.1 Gaya Geser

#### A. Batang Tepi

Karena bentuk struktur dan sistem pembebanan simetris, analisis dilakukan pada setengah bentang. Besarnya gaya-gaya dalam pada titik-titik belok di setiap elemen batang tepi dapat diketahui.



Gambar (3.4) Potongan A-A

Dari Gambar (3.4) dapat dicari gaya geser pada batang (8) dan batang (9) dengan menggunakan kesetimbangan gaya-gaya vertikal,

$$\sum V = 0$$

$$V_8 + V_9 - 0,5 P = 0$$

$$V_8 + V_9 = 0,5P \quad (1)$$

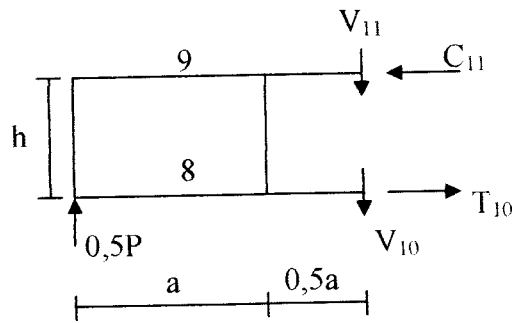
dengan asumsi  $V_8 = V_9$ , maka :

$$0,5P = 2V_8$$

$$V_8 = V_9 = 0,25P \quad (2)$$

Cara yang sama dapat digunakan untuk mencari gaya geser pada batang (10) dan batang (11).





**Gambar (3.5)** Potongan B-B

Dari Gambar (3.5) dapat dicari gaya geser pada batang (10) dan batang (11) dengan menggunakan kesetimbangan gaya-gaya vertikal,

$$\Sigma V = 0$$

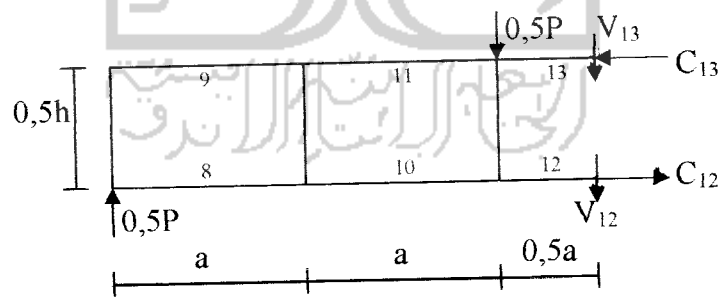
$$V_{11} + V_{10} - 0,5P = 0 \quad (3)$$

dengan asumsi  $V_{11} = V_{10}$ , maka

$$2V_{10} = 0,5P$$

$$V_{11} = V_{10} = 0,25P \quad (4)$$

Seperti cara di atas, gaya geser pada batang (12) dan batang (13) dapat dicari dengan kesetimbangan gaya-gaya vertikal.



**Gambar (3.6)** Potongan C-C

Dari Gambar (3.6), maka:

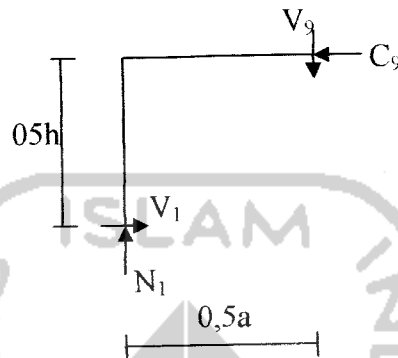
$$\Sigma V = 0$$

$$V_{13} + 0,5P - 0,5P = 0$$

$$V_{13} = 0 \quad (5)$$

## B. Batang Transversal

Seperti pada batang tepi, asumsi bahwa titik belok pada batang transversal terdapat di tengah elemen batang, maka gaya geser pada batang transversal dapat dicari.



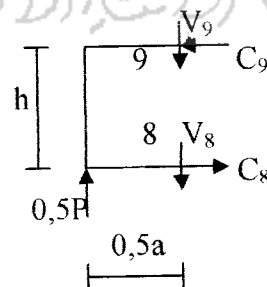
**Gambar (3.7)** Gaya-gaya dalam batang (1) dan batang (9)

Dari Gambar (3.7), gaya geser pada batang (1) dicari dengan menggunakan kesetimbangan gaya-gaya horisontal.

$$\Sigma H = 0$$

$$V_1 - C_9 = 0 \quad (6)$$

Nilai ( $C_9$ ) dapat dicari dengan menggunakan kesetimbangan momen pada titik (8) yang mengacu pada Gambar (3.4) yang ditampilkan kembali pada Gambar (3.8).



**Gambar (3.8)** Potongan A-A

Dari Gambar (3.8) didapat :

$$\Sigma M_8 = 0$$

$$0,5P \cdot 0,5a - C_9 \cdot h = 0$$

$$C_9 = 0,25 \frac{Pa}{h} \quad (7)$$

maka Persamaan (6) menjadi :

$$V_1 - 0,25 \frac{Pa}{h} = 0$$

$$V_1 = 0,25 \frac{Pa}{h} \quad (8)$$

Untuk batang yang lain dicari dengan cara yang sama, sehingga besarnya gaya-gaya geser seperti ditunjukkan Gambar (3.3b)

### 3.2.2 Gaya Aksial

#### A. Batang Tepi

Gaya aksial pada batang (8) dapat dicari dengan mengacu pada Gambar (3.8).

Dengan kesetimbangan gaya-gaya horisontal,

$$\Sigma H = 0$$

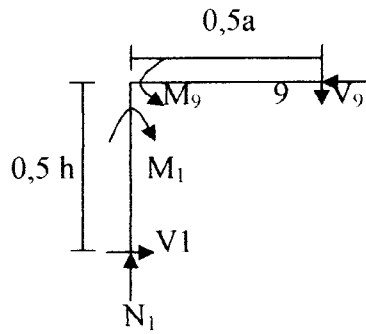
$$T_8 - C_9 = 0$$

$$T_8 = C_9 = 0,25 \frac{Pa}{h} \quad (9)$$

Dengan cara yang sama, besarnya gaya-gaya aksial pada elemen batang tepi seperti ditunjukkan Gambar (3.3c).

#### B. Batang Transversal

Melihat kembali Gambar (3.7) yang ditampilkankan kembali seperti Gambar (3.9), maka gaya aksial dapat dicari dengan kesetimbangan gaya-gaya vertikal.



**Gambar (3.9)** Potongan batang (1) dan batang (9)

Kesetimbangan gaya-gaya vertikal menghasilkan :

$$\begin{aligned} \Sigma V &= 0 \\ N_1 - V_9 &= 0 \\ N_1 - 0,25P &= 0 \\ N_1 &= 0,25P \end{aligned} \quad (10)$$

Dengan cara yang sama, besarnya gaya-gaya aksial pada elemen batang tepi seperti ditunjukkan Gambar (3.3c).

### 3.2.3 Momen

#### A. Batang Tepi

Mengacu Gambar (3.8), dengan mengalikan gaya geser pada batang (9) dengan setengah kali panjang batangnya, maka

$$\begin{aligned} M_9 &= V_9 \times 0,5a \\ M_9 &= 0,25P \times 0,5a \\ M_9 &= 0,125.Pa \end{aligned} \quad (11)$$

Dengan cara yang sama, momen pada elemen batang tepi tampak seperti Gambar (3.3d).

## B. Batang Transversal

Dari Gambar (3.9), Momen pada batang (1) didapat dengan mengalikan gaya geser pada batang (1) dengan setengah tingginya, maka :

$$M_1 = V_1 \times 0,5h$$

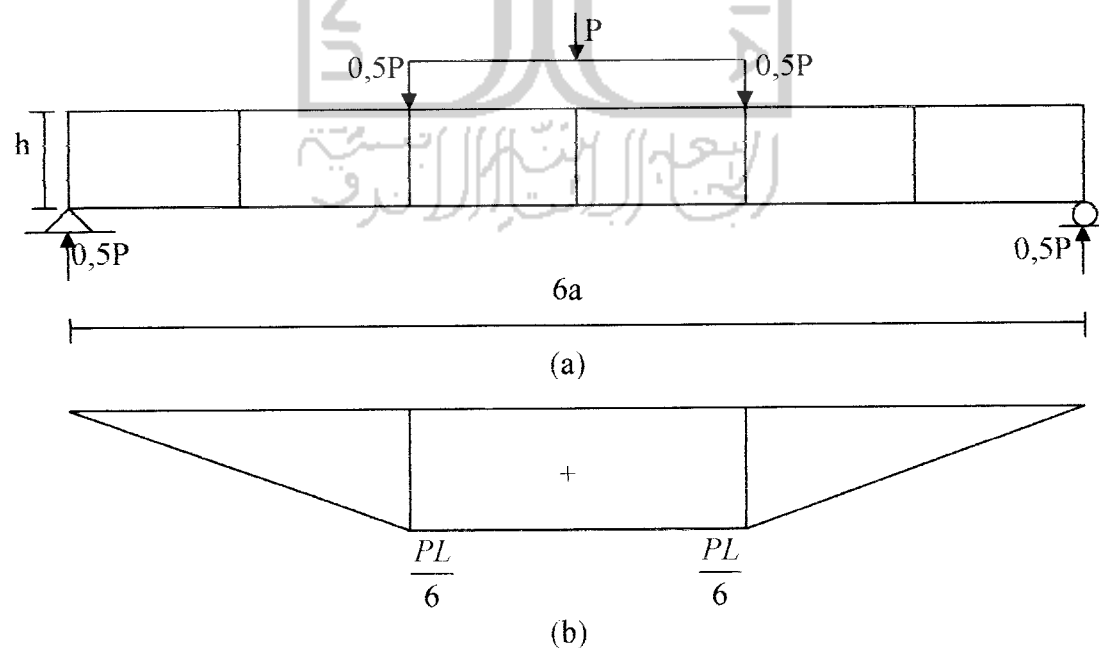
$$M_1 = 0,25 \frac{Pa}{h} \times 0,5h$$

$$M_1 = 0,125 Pa \quad (12)$$

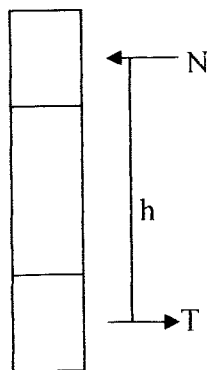
Dengan cara yang sama, momen pada elemen batang transversal tampak seperti ditunjukkan Gambar (3.3d).

### 3.3 Pengaruh Rasio $a/h$ terhadap Gaya Aksial dan Momen

Untuk mengetahui pengaruh ( $a/h$ ) terhadap gaya aksial dan kapasitas momen dapat ditunjukkan oleh Gambar (3.10) dan Gambar (3.11).



**Gambar (3.10)** (a) Balok Vierendeel dengan sistem pembebanan sentris  
(b) Diagram momen



Gambar (3.11) Momen kopel gaya

dari Gambar (3.10b) tampak, bahwa :

$$M_{\max} = \frac{PL}{6} \quad (13)$$

dimana  $L/6 = a$ , maka :

$$M = P \cdot a \quad (14)$$

Gambar (3.11) menunjukkan hubungan momen dan gaya aksial adalah :

$$M = N \cdot h \quad (15)$$

atau

$$M = T \cdot h \quad (16)$$

Dari Persamaan (14) dan Persamaan (15) didapat :

$$P \cdot a = N \cdot h \quad (17)$$

maka :

$$N = P \frac{a}{h} \quad (18)$$

Maka :

$$T = N = P \frac{a}{h} \quad (19)$$

Dari uraian di atas, tampak bahwa semakin tinggi rasio ( $a/h$ ) gaya aksial yang diterima oleh batang tepi semakin besar.

Dengan mensubstitusikan Persamaan (18) ke Persamaan (15), maka akan didapat :

$$M = P \frac{a}{h} \cdot h \quad (20)$$

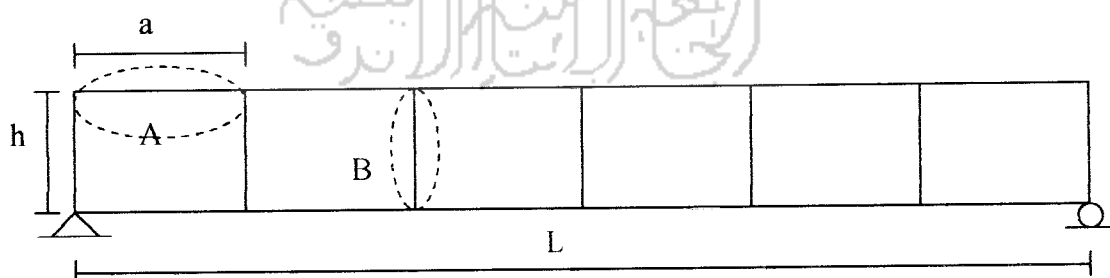
Dari Persamaan (20) tampak, bahwa semakin besar rasio ( $a/h$ ) momen yang diterima batang tepi semakin besar.

### 3.4 Batang Tekan

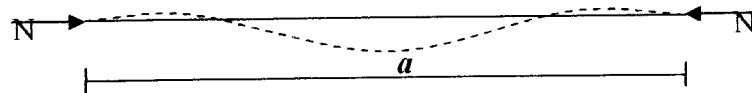
Batang tekan adalah batang struktural yang mengalami gaya tekan aksial. Pada balok Vierendeel, batang yang menerima gaya aksial tekan adalah batang tepi atas dan atang transversal .

Menurut Persamaan *Euler* seperti yang dikemukakan oleh *Salmon dan Johnson* (1980), kekuatan batang tekan dinyatakan dengan Persamaan (21) :

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{(kL)^2} \quad (21)$$



Gambar (3.14) Balok Vierendeel



**Gambar (3.15)** Detail A (batang tepi atas yang menerima aksial tekan)

Dari Persamaan *Euler* nampak bahwa besarnya daya dukung aksial tekan oleh batang tepi atas dipengaruhi oleh panjang batang. Mengacu dari Gambar (3.15), aksial tekan yang diterima oleh batang tepi atas seperti Persamaan (19) menjadi:

$$P_{cr} = N = \frac{\pi^2 EI}{(ka)^2} \quad (22)$$

Untuk batang transversal, Persamaan (20) menjadi :

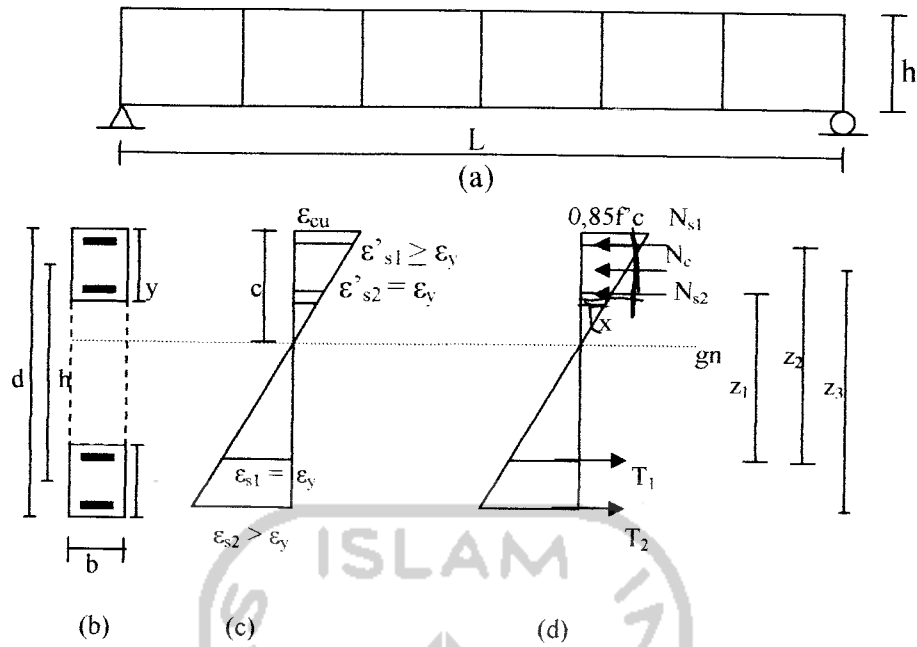
$$P_{cr} = N = \frac{\pi^2 EI}{(k.h)^2} \quad (23)$$

Tampak dari Persamaan (20) dan (21), semakin panjang batang tepi dan batang transversal (semakin besar nilai  $a$  dan  $h$ ), nilai kemampuan batang tekan semakin kecil.

### 3.5 Struktur lentur

*Edward G Nawy (1990)*. Struktur rangka vierendeel mempunyai joint kaku, akibat kekakuan pada joint menyebabkan hampir semua elemen struktur mengalami lentur. Jika struktur menerima beban yang dapat menimbulkan momen lentur, maka akan terjadi deformasi (regangan) lentur di dalam batang tersebut. Bila bebannya semakin bertambah, pada akhirnya dapat terjadi keruntuhan pada elemen struktur.





**Gambar (3.16)** (a) balok *Vierendeel*; (b) tampang melintang balok *Vierendeel* beton; (c) diagram regangan; (d) diagram tegangan elastis

Dari Gambar (3.16.c) tampak, bahwa

$$N = N_c + N_{s1} + N_{s2} \quad (24)$$

Untuk

$$N_c = f'_{c \text{ rerata}} \cdot b \cdot y$$

$$f'_{c \text{ rerata}} = \frac{0,85 f'_c}{2} + \frac{1}{2} x \quad (25)$$

$$N_{s1} = A_{s1}' ( f_y - 0,85 f'_c )$$

$$N_{s2} = A_{s2}' ( f_s' - 0,85 f'_c )$$

Sedang :

$$T = T_1 + T_2$$

Dimana :

$$T_1 = A_{s1} \cdot f_y$$

$$T_2 = A_{s2} \cdot f_y$$

Dari Gambar ( c ) tampak, bahwa :

$$c = \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \cdot d \quad (26)$$

Keseimbangan gaya – gaya dalam :

$$T = C \quad (27)$$

$$M = N \cdot h = T \cdot h$$

Untuk gaya aksial ekivalen (  $N_{ekiv}$  ) adalah :

$$N_{ekiv} = \frac{M}{L} \quad (28)$$

Karena (  $l/r$  ) yang cukup besar, akibat gaya aksial tekan akan mengakibatkan struktur tertekuk. Menurut persamaan *Euler* seperti yang dikemukakan *Park and Paulay* (1975), besarnya gaya aksial yang menyebabkan tekuk adalah seperti persamaan :

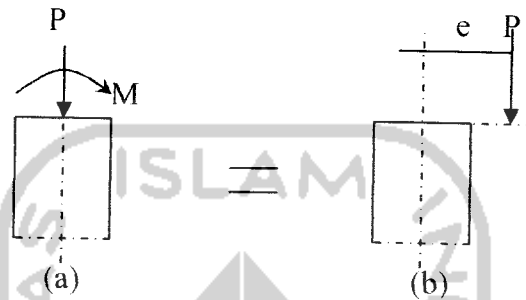
$$N_{cr} = P_{cr} = \pi^2 \frac{EI}{L^2} \quad (29)$$

Untuk mendapatkan  $N_{aktual}$ , maka :

$$N_{aktual} = N_{cr} - N_{ekiv}$$

### 3.6 Kombinasi Tekan-Lentur

*Vis dan Gideon (1993)*, Pada struktur *Vierendeel*, batang transversal berhubungan secara kaku dengan batang-batang tepi. Karena hubungan kaku tersebut, maka tegangan yang diterima batang transversal dan batang tepi, selain tegangan aksial juga terdiri dari tegangan yang disebabkan oleh momen lentur.



**Gambar (3.17)** Batang Tekan-Lentur

Apabila gaya aksial  $N$  dan momen  $M$  bekerja pada suatu tampang batang seperti Gambar (3.17a), maka ekuivalen dengan gaya aksial  $N$  yang bekerja penampang batang berjarak  $e$  terhadap sumbu seperti terlihat pada Gambar (3.17b), sehingga didapat hubungan aksial-momen seperti Persamaan (31)

$$M = N \cdot e \quad (31)$$

akibat gaya aksial yang bekerja akan menimbulkan perubahan panjang ( $\Delta$ ) pada elemen batang tekan lentur sebesar :

$$\Delta = \frac{PL}{EA} \quad (32)$$

Akibat efek  $\Delta$  akan menyebabkan terjadinya momen sekunder ( $M_s$ ) yang besarnya seperti pada Persamaan (33)

$$M_s = P \Delta \quad (33)$$

Kekuatan suatu elemen balok-kolom dipengaruhi oleh kelangsingan ( $K/r$ ) elemen balok-kolom. Bila nilai kelangsingan ( $K/r$ ) semakin besar, maka gaya aksial yang bekerja akan menyebabkan tekuk. Sehingga diperlukan suatu amplifikasi momen seperti Persamaan (34)

$$M_1 = M \delta$$

dimana :

$$M_1 = M \left( \frac{1}{1 - P/P_c} \right) \quad (34)$$

Sehingga

$$M_t = M_1 + M_s \quad (35)$$

dengan :

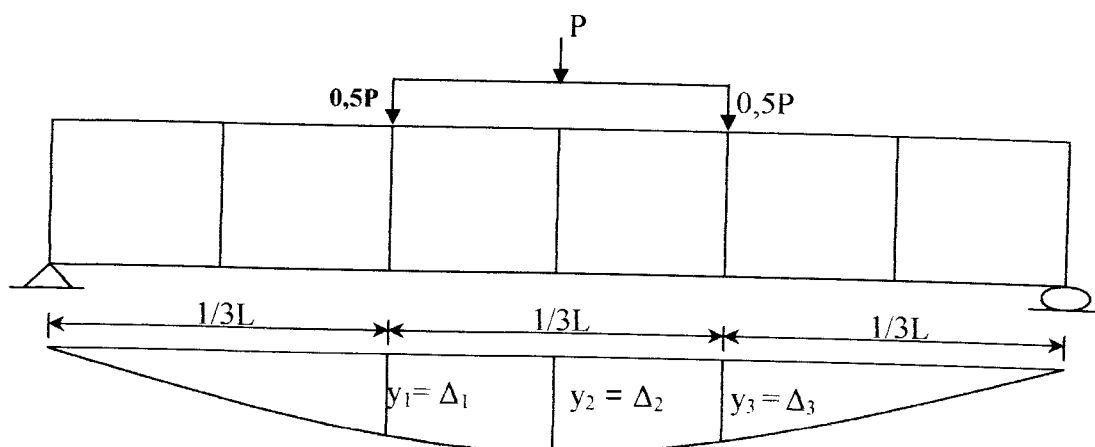
- P = gaya aksial
- $\delta$  = faktor pembesaran
- $M_1$  = pembesaran momen
- $M_s$  = momen sekunder

*Vis dan Gideon* (1993) mengungkapkan, bahwa dasar-dasar anggapan dalam perhitungan suatu tampang yang diberi beban lentur dan aksial, pada prinsipnya sesuai dengan dasar-dasar anggapan yang menyatakan, bahwa:

1. Beton tidak dapat melawan tegangan tarik.
2. Perpanjangan dan perpendekan yang terjadi dalam beton serta tulangan dianggap berbanding lurus dengan jaraknya terhadap garis netral.

### 3.7 Hubungan Beban-Lendutan

Sebuah balok yang menerima beban akan mengalami lendutan. Untuk pembebanan terpusat seperti pada Gambar (3.18) dapat dilihat terjadinya lendutan.



**Gambar (3.18)** Defleksi pada balok Vierendeel

Banyak cara yang digunakan untuk menghitung besarnya landutan balok, satu diantaranya adalah dengan metode integrasi ganda. Metode integrasi ganda diterapkan pada persamaan momen seperti Persamaan (37) berikut :

$$Ely(x) = \iint M dx dx + c_1 x + c_2 \quad (36)$$

di mana :

$$M = \frac{1}{2}Px - \frac{1}{2}P\left(x - \frac{1}{3}L\right) - \frac{1}{2}P\left(x - \frac{2}{3}L\right)$$

Sehingga :

$$Ely(x) = \iint \left( \frac{1}{2}Px - \frac{1}{2}P\left(x - \frac{1}{3}L\right) - \frac{1}{2}P\left(x - \frac{2}{3}L\right) \right) dx dx$$

$$Ely(x) = \frac{1}{12}Px^3 - \frac{1}{12}P\left(x - \frac{1}{3}L\right)^3 - \frac{1}{12}P\left(x - \frac{2}{3}L\right)^3 + C_1x + C_2 \quad (37)$$

untuk  $y(x) = 0$  dan  $x = 0$

maka :

$$C_2 = 0$$

Persamaan (37) menjadi :

$$EIy(x) = \frac{1}{12}Px^3 - \frac{1}{12}P\left(x - \frac{1}{3}L\right)^3 - \frac{1}{12}P\left(x - \frac{2}{3}L\right)^3 + C_1x \quad (38)$$

untuk  $y(x) = 0$  dan  $x = L$

maka :

$$EIy(L) = \frac{1}{12}PL^3 - \frac{1}{12}P\left(\frac{2}{3}L\right)^3 - \frac{1}{12}P\left(\frac{1}{3}L\right)^3 + C_1L$$

$$EIy(L) = \frac{1}{12}PL^3 - \frac{8}{324}PL^3 - \frac{1}{324}PL^3 + C_1L \quad (39)$$

karena  $y(L) = 0$

maka :

$$C_1L = -\frac{1}{12}PL^3 + \frac{8}{324}PL^3 + \frac{1}{324}PL^3$$

$$C_1L = -\frac{1}{18}PL^3$$

$$C_1 = -\frac{1}{18}PL^2 \quad (40)$$

Persamaan (38) menjadi :

$$EIy(x) = \frac{1}{12}Px^3 - \frac{1}{12}P\left(x - \frac{1}{3}L\right)^3 - \frac{1}{12}P\left(x - \frac{2}{3}L\right)^3 - \frac{1}{18}PL^2x \quad (41)$$

untuk  $x = \frac{1}{2}L$

Persamaan (38) menjadi :

$$EIy\left(\frac{1}{2}L\right) = \frac{1}{12}P\left(\frac{1}{2}L\right)^3 - \frac{1}{12}P\left(\frac{1}{6}L\right)^3 - \frac{1}{18}PL^2\left(\frac{1}{2}L\right)$$

$$EIy\left(\frac{1}{2}L\right) = \frac{1}{96}PL^3 - \frac{1}{2592}PL^3 - \frac{1}{36}PL^3$$

$$EIy\left(\frac{1}{2}L\right) = -\frac{23}{1296}PL^3 \quad (42)$$

karena  $\Delta = y(x)$

maka :

$$\text{Lendutan pada } \frac{1}{2} L : \Delta = -\frac{23}{1296} \frac{PL^3}{EI} \quad (43)$$

**untuk  $x = \frac{1}{3} L$**

Persamaan (38) menjadi :

$$\begin{aligned} Ely\left(\frac{1}{3}L\right) &= \frac{1}{12}P\left(\frac{1}{3}L\right)^3 - \frac{1}{18}PL^2\left(\frac{1}{3}L\right) \\ Ely\left(\frac{1}{3}L\right) &= \frac{1}{324}PL^3 - \frac{1}{54}PL^3 = \left(\frac{1-6}{324}\right)PL^3 \\ Ely\left(\frac{1}{3}L\right) &= -\frac{5}{324}PL^3 \end{aligned} \quad (44)$$

maka :

$$\text{Lendutan pada } \frac{1}{3} L : \Delta = -\frac{5}{324} \frac{PL^3}{EI}$$

**untuk  $x = \frac{2}{3} L$**

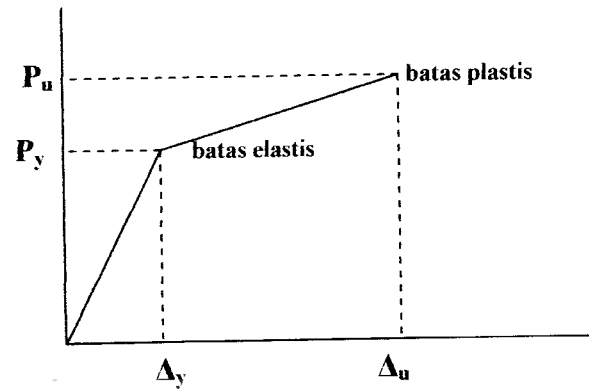
Persamaan (38) menjadi :

$$\begin{aligned} Ely\left(\frac{2}{3}L\right) &= \frac{1}{12}P\left(\frac{2}{3}L\right)^3 - \frac{1}{12}P\left(\frac{1}{3}L\right)^3 - \frac{1}{18}PL^2\left(\frac{2}{3}L\right) \\ Ely\left(\frac{2}{3}L\right) &= \frac{8}{324}PL^3 - \frac{1}{324}PL^3 - \frac{2}{54}PL^3 \\ Ely\left(\frac{2}{3}L\right) &= \frac{8-1-12}{324}PL^3 \\ Ely\left(\frac{2}{3}L\right) &= -\frac{5}{324}PL^3 \end{aligned} \quad (45)$$

maka :

$$\text{Lendutan pada } \frac{2}{3} L : \Delta = -\frac{5}{324} \frac{PL^3}{EI}$$

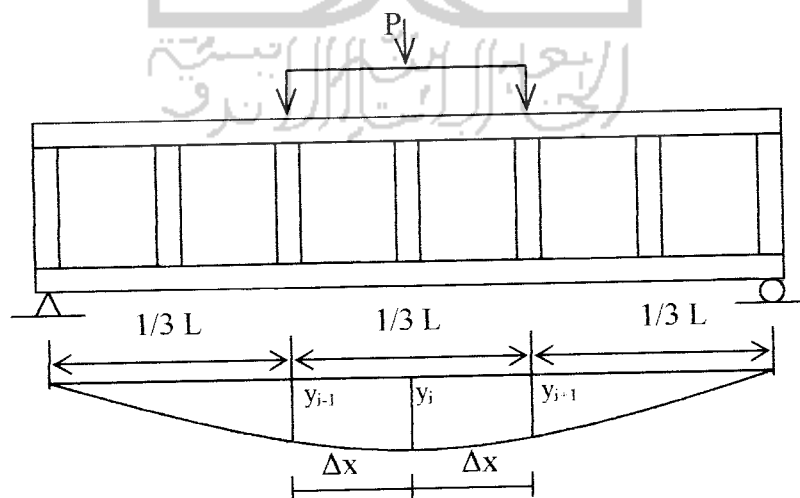
dengan :  $\Delta$  = defleksi balok  
 $I$  = momen inersia tampang  
 $P$  = beban  
 $E$  = modulus elastis  
 $L$  = panjang bentang



Gambar (3.19) Grafik hubungan beban-deformasi

### 3.8 Hubungan Momen-Kelengkungan

Balok adalah salah satu diantara elemen-elemen struktur yang paling banyak dijumpai pada setiap struktur. Momen lentur timbul pada balok sebagai akibat adanya beban pada balok. Apabila balok Vierendeel dengan tumpuan sederhana seperti pada Gambar (3.20) mengalami dua beban transversal terpusat simetris, balok akan melentur atau mengalami defleksi.



Gambar (3.20) Defleksi pada balok vierendeel



Dari Gambar (3.20),  $dy/dx$  dapat didekati dengan persamaan :

$$\frac{dy}{dx} = \frac{y_{i+1} - y_{i-1}}{2\Delta x} \quad (46)$$

turunan persamaan (46) adalah :

$$\frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{(2\Delta x) \frac{d}{dx} (y_{i+1} - y_{i-1}) - (y_{i+1} - y_{i-1}) \frac{d}{dx} (2\Delta x)}{(2\Delta x)^2} \quad (47)$$

karena  $2\Delta x$  adalah konstanta, maka:

$$\frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{(2\Delta x) \frac{d}{dx} (y_{i+1} - y_{i-1})}{(2\Delta x)^2} \quad (48)$$

selanjutnya didapat :

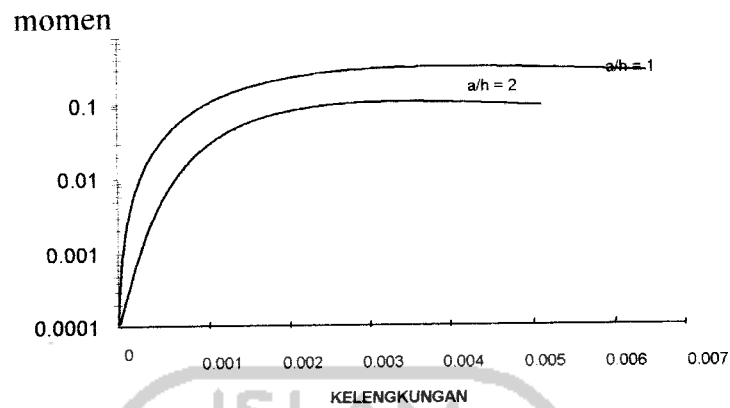
$$\frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{(y_{i+2} - 2y_i - y_{i-2})}{(\Delta x)^2} \quad (49)$$

persamaan (49) dapat disederhanakan menjadi :

$$\frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{(y_{i+1} - 2y_i - y_{i-1})}{(\Delta x)^2} \quad (50)$$

persamaan differensial untuk balok elastis adalah :

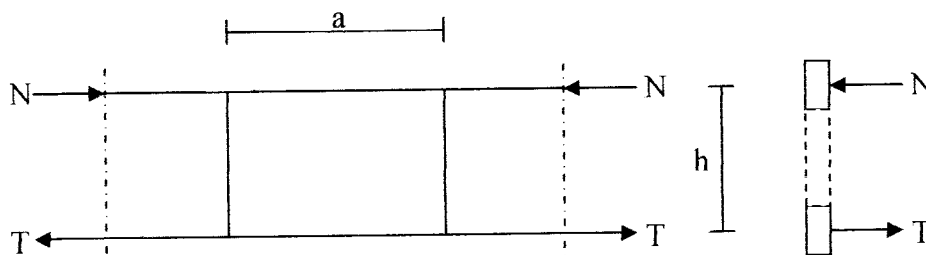
$$\frac{d^2 y}{dx^2} = \Phi = \frac{M}{EI} \quad (56)$$



Gambar (3.21) Hubungan momen-kelengkungan

### 3.9 Hipotesa

Rasio jarak batang transversal terhadap tinggi balok *Vierendeel* ( $a/h$ ) yang bervariasi, berpengaruh cukup besar terhadap kapasitas lentur balok *Vierendeel*. Hubungan rasio  $a/h$  dan kapasitas momen lentur ditunjukkan Gambar (3.22)



Gambar (3.22) Gaya-gaya dalam pada balok *Vierendeel*

Dari Gambar (3.22), keseimbangan gaya-gaya dalam  $N = T$ , memberikan hubungan kopel momen :

$$M = N h = T h$$

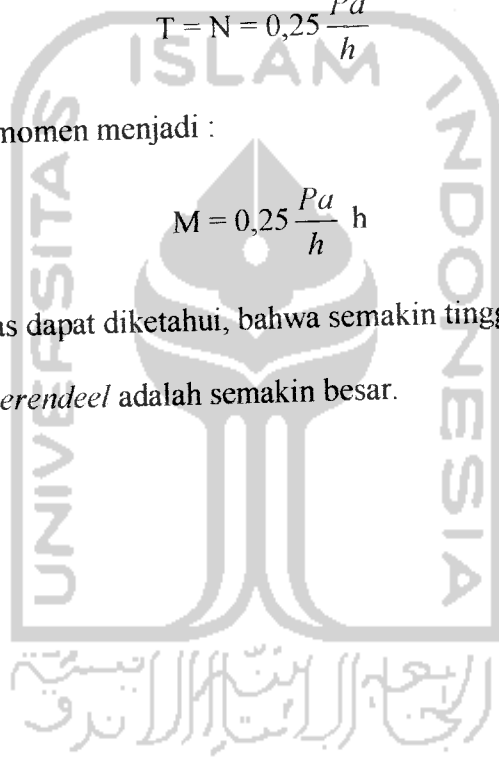
Dimana  $N$  dan  $T$  adalah gaya aksial pada batang tepi balok *Vierendeel* yang disebabkan oleh beban luar  $P$ . Dari analisis gaya batang, besarnya nilai  $N$  dan  $T$  yang ditulis kembali adalah ;

$$T = N = 0,25 \frac{Pa}{h}$$

Sehingga persamaan momen menjadi :

$$M = 0,25 \frac{Pa}{h} h$$

Dari persamaan di atas dapat diketahui, bahwa semakin tinggi rasio  $a/h$  momen yang ditahan oleh balok *Vierendeel* adalah semakin besar.



## **BAB IV**

### **METODE PENELITIAN**

#### **1.1. Tinjauan Umum**

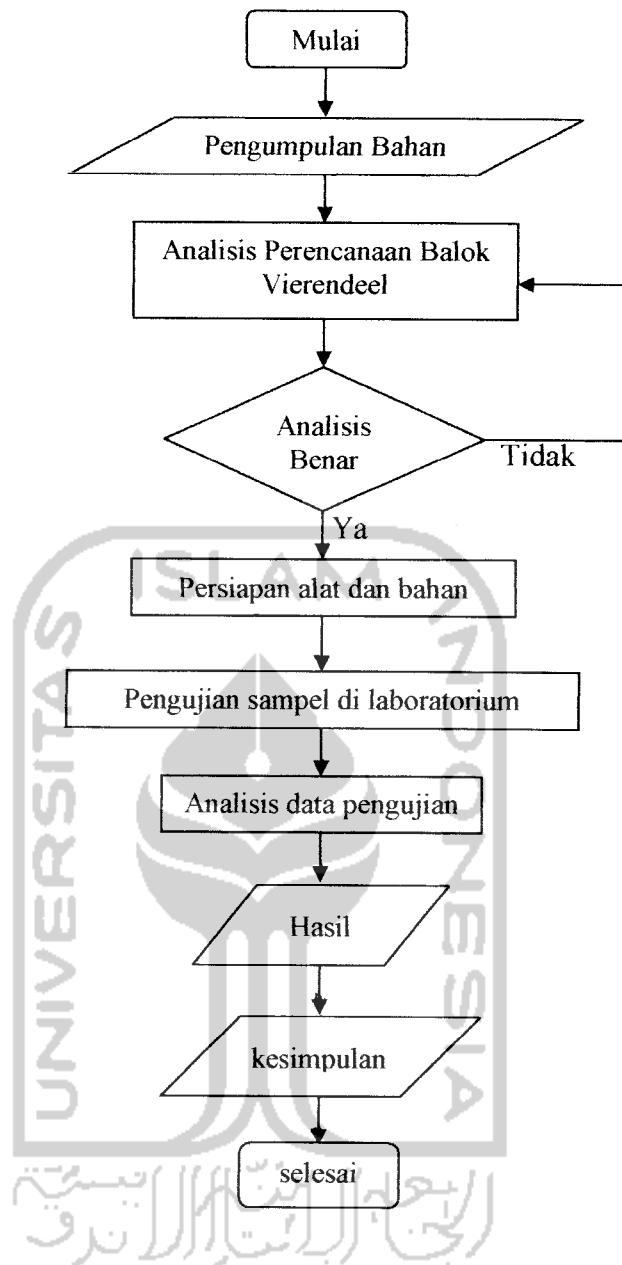
Metode penelitian merupakan suatu sistem yang digunakan dalam pelaksanaan sebuah penelitian untuk mendapatkan hasil akhir atau jawaban permasalahan penelitian. Adapun system atau cara yang digunakan meliputi hal-hal sebagaimana dalam flowchart (Gambar 4.1).

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah beton bertulang berbentuk balok vierendeel yang akan dicor secara serentak untuk menjaga agar elemen-elemen struktur beton bertulang menjadi satu kesatuan yang monolit.

Pada penelitian kali ini akan dilakukan dengan pengujian pendahuluan yang terdiri dari pengujian kuat desak beton ( $f_c'$ ) dan kuat tarik baja ( $f_y$ ). setelah dilakukan pengujian pendahuluan dilanjutkan dengan pengujian kuat tekan beton dari balok vierendeel di laboratorium.

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

Sebelum melaksanakan penelitian perlu diadakan persiapan bahan dan alat yang akan digunakan sebagai sarana mencapai maksud dan tujuan penelitian.



**Gambar (4.1)** flowchart metode penelitian

#### 4.2.1 Bahan

Bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah :

- a. Semen

Semen yang digunakan adalah semen Portland merek Nusantara

b. Agregat

Agregat yang digunakan meliputi agregat kasar dari kali Clereng dan agregat halus yang berasal dari kali Boyong.

c. Baja tulangan

Baja tulangan yang digunakan adalah jenis baja polos dengan diameter 5.7 mm.

d. Air

Air yang digunakan diambil dari laboratorium Bahan Konstruksi Teknik FTSP UII

e. Bekisting

Terbuat dari kayu dan triplek yang digunakan untuk membuat cetakan sampel

#### 4.2.2 Peralatan Penelitian

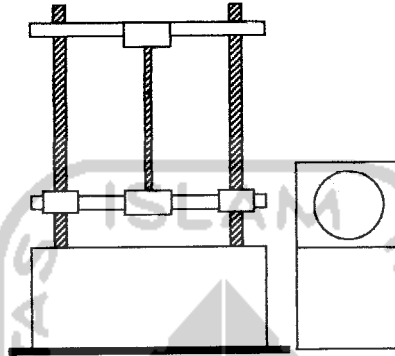
Beberapa alat-alat yang akan digunakan dalam penelitian meliputi alat untuk mempersiapkan material dan benda uji untuk pengujian. Peralatan yang akan dipakai tersebut berada di laboratorium Bahan Konstruksi Teknik dan Struktur FTSP UII.

##### 1. Mesin Uji Kuat Desak

Mesin uji kuat desak merk Control kapasitas 2000 kN, digunakan untuk menguji kuat desak dan tarik belah silinder beton. Dalam pengujian desak beton, silinder beton ditekan pada ujungnya. Dimana tujuannya untuk memperoleh hubungan tegangan-regangan sehingga dapat diketahui nilai modulus elastis beton.

## 2. Mesin Uji Kuat Tarik

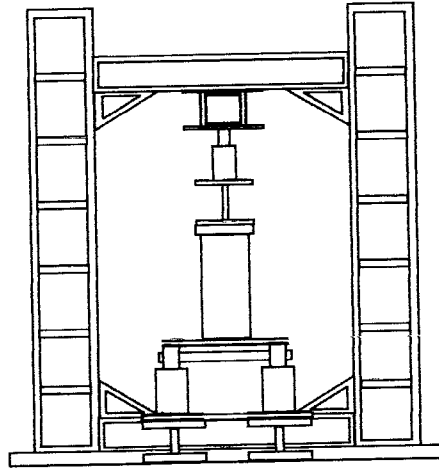
Alat yang digunakan adalah Universal Testing Material (UTM) merk Shimadzu type UMH – 30 dengan kapasitas 30 ton. Alat ini digunakan untuk mengetahui kuat tarik dan leleh baja.



**Gambar (4.1)** Universal Testing Machine (UTM)

## 3. LoadingFrame

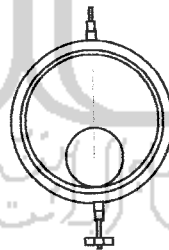
Alat yang digunakan untuk keperluan uji pembebanan adalah loading frame yang terbuat dari baja profil wf 450 x 200 x 9 x 14 mm. Loading Frame ini mempunyai bentuk portal segi empat yang diletakan diatas lantai beton dengan perantara dari besi setebal 14 mm. Agar Lading Frame ini stabil pada waktu pembebanan dilakukan maka [elat dasar dibaut kelantai beton dan kedua kolomnya dihubungkan oleh balok WF 450 x 200 x 9 x 14 mm.susunan balok portal ini dapat diubah – ubah sesuai dengan bentuk dan ukuran dari model benda uji dengan cara melepaskan sambungan baut.



**Gambar (4.2)** Loading Frame

#### 4. *Dial Gauge*

Dial Gauge adalah alat yang digunakan untuk mengukur besarnya lendutan yang terjadi dengan kapasitas lendutan maksimum 50mm dan ketelitian pembacaan dial 0,01 mm, digunakan 4 buah.

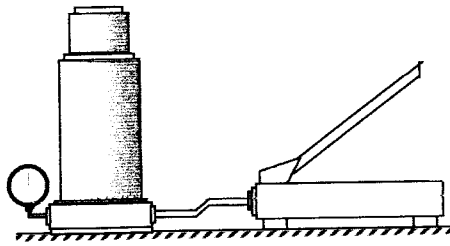


**Gambar (4.3)** Dial gauge

#### 5. *Hidraulick Jack*

Hidraulick Jack adalah alat yang digunakan untuk memberikan pembebanan pada pengujian lentur dengan beban sentris P yang mempunyai kapasitas maksimum 30 ton dan ketelitian pembacaan sebesar 0,5 ton.





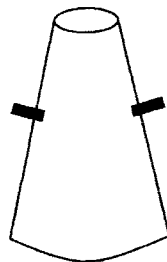
**Gambar (4.6)** Hydraulic Jack

#### 6. Mesin Aduk Beton

Mesin ini digunakan untuk mengaduk bahan susun beton seperti semen, kerikil, dan air. Kecepatan putaran dapat diatur sehingga memudahkan bahan penyusun beton diaduk menjadi campuran yang homogen.

#### 7. Kerucut Abrams

Pengukuran kelecakan adukan beton dalam percobaan *slump* digunakan kerucut Abrams. Kerucut yang berlubang pada kedua ujungnya mempunyai diameter bawah 20 cm, diameter atas 10 cm, serta tinggi 30 cm. Alat ini dilengkapi tongkat baja berdiameter 1,6 cm, panjang 60 cm serta bagian ujung tongkat dibulatkan.



**Gambar (4.7)** Kerucut Abrams

#### 8. Saringan (ayakan)

Saringan ini dipakai untuk memperoleh diameter kerikil maksimal 10 mm.

#### 9. Timbangan

Timbangan digunakan untuk mengukur berat bahan penyusun beton (semen, pasir, kerikil dan air). Di dalam penelitian ini digunakan timbangan merk Fagani kapasitas 150 kg.

### 4.3 Pemeriksaan Pendahuluan

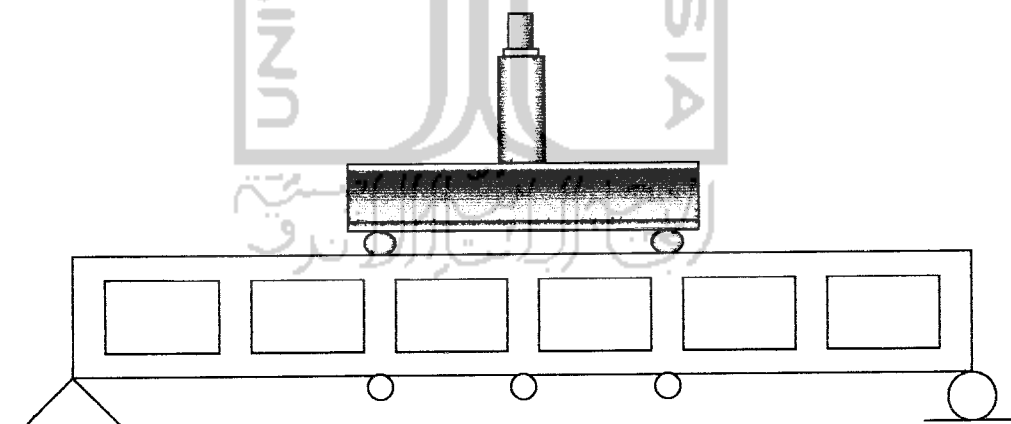
Sebelum pencampuran adukan beton, dilakukan terlebih dahulu terhadap bahan-bahan penyusun campuran adukan beton. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian terhadap bahan penyusun beton yang meliputi pemeriksaan SSD, berat jenis, dan modulus halus butir.

Setelah pengujian bahan penyusun, dilakukan perencanaan pencampuran adukan ( Mix Design) dengan metode *DOE* untuk mengetahui proporsi perbandingan bahan penyusun yang meliputi perbandingan berat PC : pasir : agregat : air. Selanjutnya dilakukan pengujian nilai slump untuk mengetahui kekentalan adukan beton. Alat yang digunakan adalah corong baja bentuk kerucut atau dikenal dengan kerucut Abrams yang kedua ujungnya berlubang. Pada lubang atas mempunyai diameter 10 cm, sedangkan pada lubang bawah berdiameter 20 cm, serta tinggi 30 cm. Selain itu digunakan juga tongkat baja berdiameter 16 mm dengan panjang 60 cm yang digunakan untuk menusuk campuran beton agar menjadi padat.

#### 4.4 Persiapan Pengujian

Persiapan pengujian dilakukan dengan tujuan untuk memperlancar jalannya pengujian. Adapun tahapan persiapan pengujian antara lain :

1. Mengatur alat dukungan sendi-rol yang akan digunakan sebagai dukungan benda uji balok Vierendeel yang meliputi, pengaturan jarak antara sendi-rol yang disesuaikan dengan panjang benda uji, pengukuran tinggi balok dan tinggi *Hidroulic Jack* terhadap tumpuan pada *Loading Frame*.
2. Menempatkan benda uji di atas dukungan pada *Loading Frame* yang telah diatur, kemudian benda uji diatur agar tepat lurus dan simetri.
3. Menempatkan balok pembebanan di atas benda uji dan dilanjutkan pemasangan *Hidroulic Jack* di atas balok pembebanan.

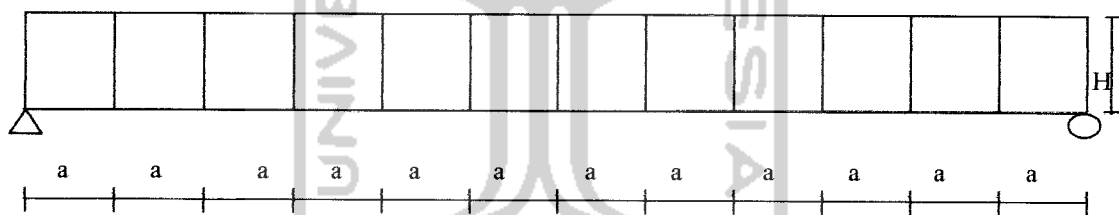


**Gambar (4.8)** Balok Vierendeel dengan beban terpusat setiap  $1/3$  bentang

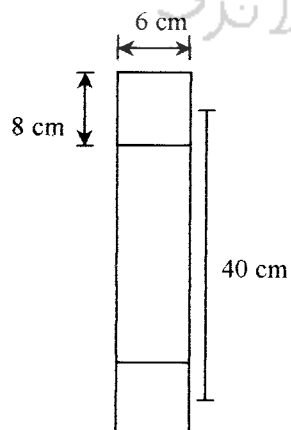
#### 4.5 Model Benda Uji

Pada penelitian kali ini akan digunakan sampel berupa balok vierendeel dengan panjang bentang ( $L$ ) = 4,80 m dan  $H = 0,4$  m. dengan tebal balok tepi dan batang transfersal = 0.1 m. Sampel yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Benda uji I :  $B = 6$  cm,  $H = 40$  cm, rasio  $a/h = 1$  dengan tulangan diameter 6 mm dan  $f_c' = 15$  Mpa.
2. Benda uji II :  $B = 6$  cm,  $H = 40$  cm, rasio  $a/h = 2$  dengan tulangan diameter 6 mm dan  $f_c' = 15$  Mpa.
3. Benda uji III :  $B = 6$  cm,  $H = 40$  cm, rasio  $a/h = 4$  dengan tulangan diameter 6 mm dan  $f_c' = 15$  Mpa.

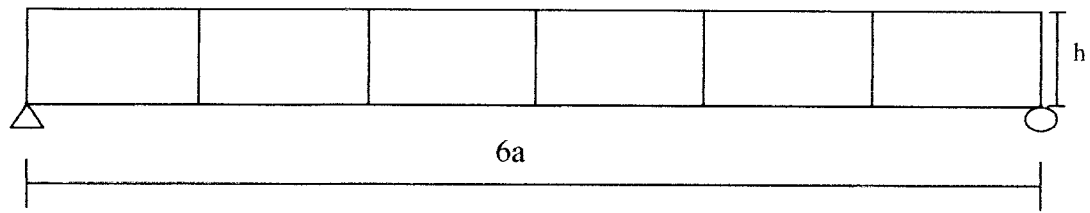


(a) balok *Vierendeel* dengan rasio  $\lambda/H = 1$

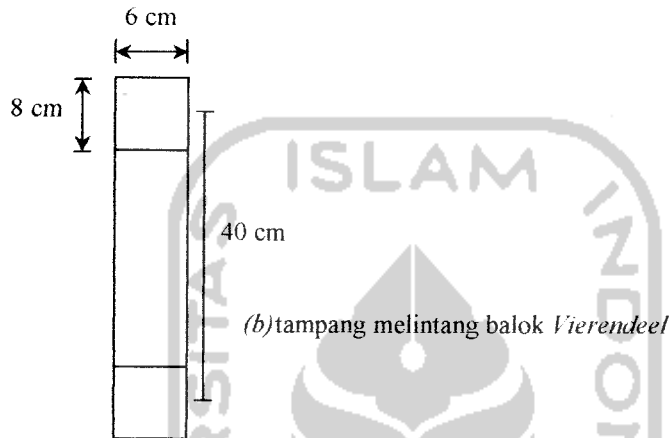


(b) tampak melintang balok *Vierendeel*

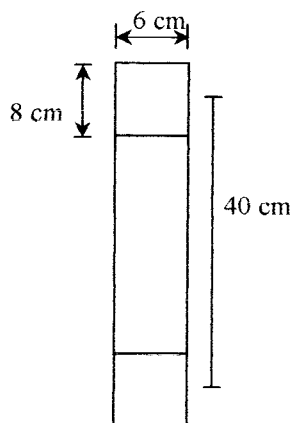
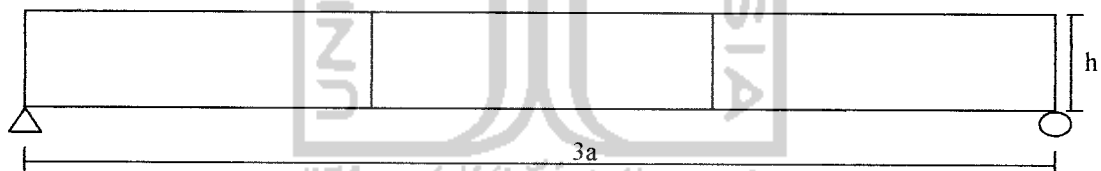
**Gambar (4.8)** Benda uji I



(a) balok Vierendeel dengan rasio  $\lambda/H = 2$



Gambar (4.9) Benda uji II



Gambar (4.10) Benda uji III

## BAB V

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### 5.1 Hasil Uji Kuat Tekan Beton

Pelaksanaan pengujian kuat tekan beton dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Universitas Islam Indonesia. Pengujian dilaksanakan dengan maksud untuk mengetahui mutu beton yang digunakan dalam penelitian. Hasil pengujian kuat tekan beton dapat ditunjukkan pada Tabel (5.1).

Tabel (5.1) Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Benda Uji Silinder	D cm	Luas cm <sup>2</sup>	h cm	Volume cm <sup>3</sup>	Berat kg	Bj kN/m <sup>3</sup>	Bj rata-rata	Beban	Fc'	Fc' rata-rata
								kN	MPa	
1	A	14.6	167.1	29.3	4883.8	12.1	24.78	216	12.932	13.058
	B	14.5	163.8	30	4914.9	12	24.42		13.184	
2	A	14.5	165.2	29.8	4931.1	12.4	25.15	305	14.861	14.785
	B	14.3	159.8	29.7	4751.6	12.4	26.09		14.708	
3	A	14.4	162.5	30	4874.2	12	24.62	216	12.679	12.549
	B	14.5	165.9	29.5	4893.5	11.9	24.32		12.419	

Benda uji 1 diambil  $fc' = 13,05$  MPa

Benda uji 2 diambil  $fc' = 14,78$  MPa

Benda uji 3 diambil  $fc' = 12,55$  MPa

#### 5.2 Hasil Uji Kuat Tarik dan Kuat Leleh Baja Tulangan

Pelaksanaan pengujian kuat tarik baja dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Universitas Islam Indonesia. Pengujian dilaksanakan dengan maksud untuk mengetahui mutu baja tulangan yang digunakan dalam penelitian. Hasil pengujian kuat tarik dan kuat leleh baja dapat ditunjukkan pada Tabel (5.2)

**Tabel (5.2)** Hasil pengujian kuat tarik dan kuat leleh baja

Benda uji	D	D rata-rata	A Tampang	Beban			Fy	Fy	Fu
				Max	leleh	putus			
	cm	cm	cm <sup>2</sup>	kg	kg	kg	kg/cm <sup>2</sup>	MPa	MPa
1	Atas	0,575	0,260	640	1015	750	3907.201	288,709	246,365
	Tengah	0,575							
	Bawah	0,575							
2	Atas	0,575	0,254	655	1020	750	4019.104	295,523	258,090
	Tengah	0,575							
	Bawah	0,555							
Rata-rata							3963.152	292,116	252.227

Mutu baja tulangan untuk semua benda uji diambil Fy rata-rata = 292,116 MPa

### 5.3 Hasil Uji Kuat Lentur Struktur Rangka Vierendeel

Pengujian kuat lentur Balok Vierendeel dilakukan di Laboratorium Mekanika Rekayasa, Universitas Islam Indonesia. Hasil pengujian kuat lentur didapat data beban dan lendutan seperti pada Tabel (5.3), (5.4), dan Tabel (5.5). Data pengujian tersebut digunakan dalam pembuatan grafik hubungan beban-lendutan (P- $\Delta$ )

#### 5.3.1 Hubungan Beban-Deformasi

Pada pengujian kuat lentur, benda uji balok Vierendeel beton diberi baban setiap sepertiga bentang. Pada setiap bentang 1/3L diberi alat pengukur lendutan (Dial Gauge). Dengan pembebanan bertahap akan didapat data lendutan.

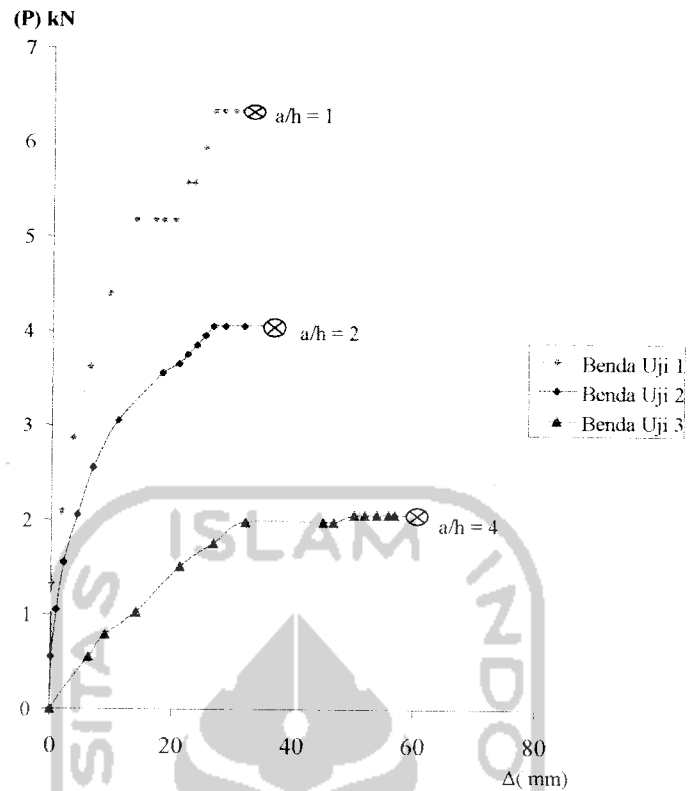
### A. Dial 1

Data pembacaan lendutan pada Dial 1 didapat data-data seperti terlihat pada Tabel (5.3). Dari data tersebut dibuat hubungan beban-lendutan seperti Gambar (5.1).

**Tabel (5.3)** Hasil uji kuat lentur benda uji pada dial 1

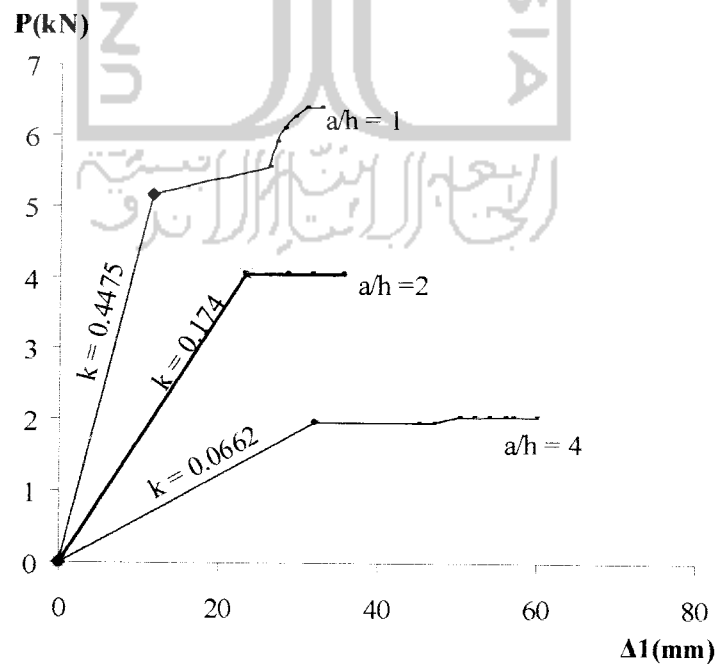
Benda Uji 1 (a/h = 1)		Benda Uji 2 (a/h = 2)		Benda Uji 3 (a/h = 4)	
P	$\Delta$	P	$\Delta$	P	$\Delta$
(kN)	(mm)	(kN)	(mm)	(kN)	(mm)
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.550	0.170	0.550	0.200	0.550	6.180
1.320	0.290	1.050	0.930	0.790	9.100
2.091	1.720	1.550	2.100	1.030	14.180
2.861	3.440	2.050	4.310	1.510	21.280
3.631	6.360	2.550	6.960	1.750	26.950
4.401	9.420	3.050	10.920	1.970	32.130
5.172	13.820	3.550	18.230	1.970	45.090
5.172	16.765	3.650	20.910	1.970	46.900
5.172	18.220	3.750	22.340	2.050	50.120
5.172	20.185	3.850	23.930	2.050	51.960
5.557	22.170	3.950	25.220	2.050	53.920
5.557	23.420	4.050	26.650	2.050	55.920
5.942	25.070	4.050	28.650	2.050	56.920
6.327	26.750	4.050	31.800	2.050	59.920
6.327	28.240	4.050	35.800		
6.327	29.905				
6.327	31.520				





**Gambar (5.1)** Grafik hubungan beban-deformasi benda uji pada  $\Delta 1$

Hasil regresi dari Gambar (5.1) ditunjukkan oleh Gambar (5.2).



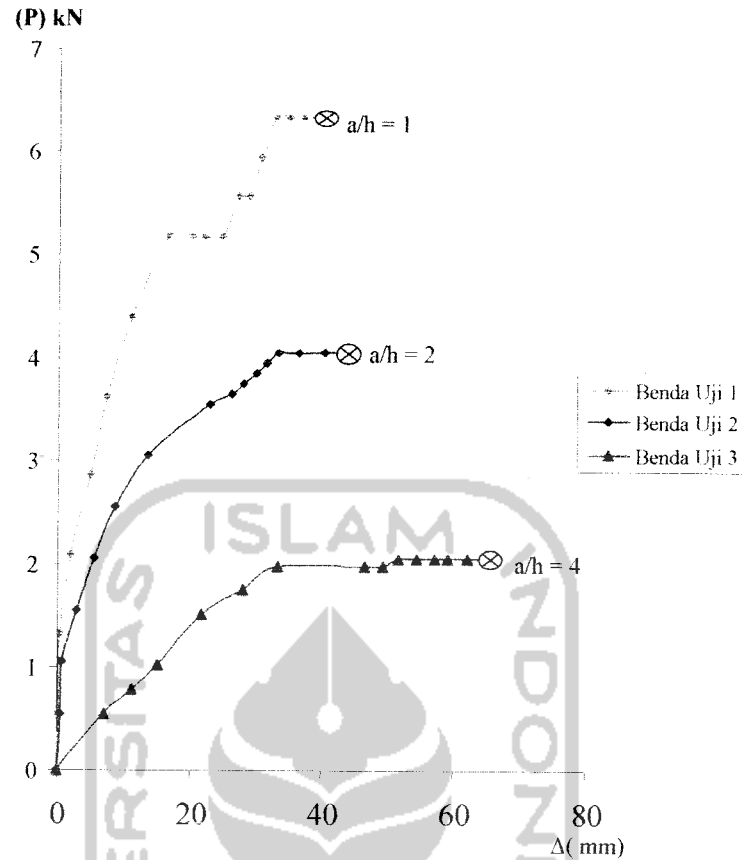
**Gambar (5.2)** Grafik regresi hubungan beban-deformasi pada  $\Delta 1$

## B. Dial 2

Data hasil pengujian kuat lentur ditunjukkan oleh Tabel (5.4)

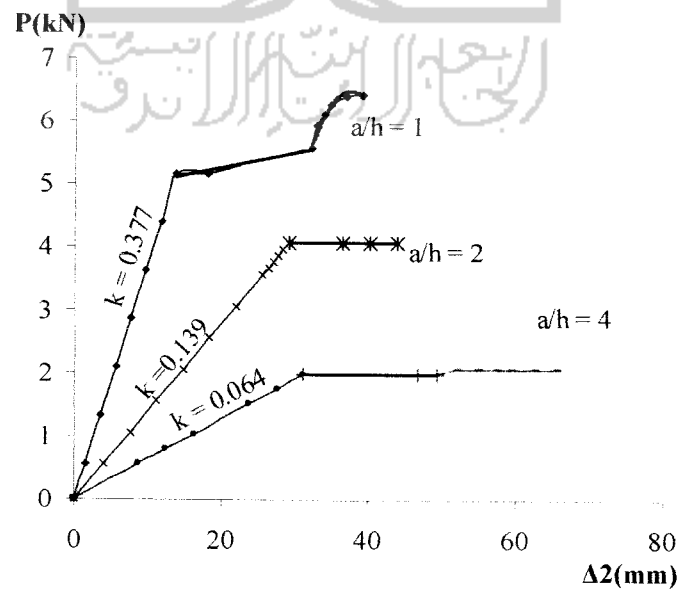
**Tabel (5.4)** Hasil uji kuat lentur benda uji pada dial 2

Benda Uji 1 (a/h = 1)		Benda Uji 2 (a/h = 2)		Benda Uji 3 (a/h = 4)	
P (kN)	$\Delta$ (mm)	P (kN)	$\Delta$ (mm)	P (kN)	$\Delta$ (mm)
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.550	0.280	0.550	0.050	0.550	7.140
1.320	0.420	1.050	0.730	0.790	11.100
2.091	1.990	1.550	2.960	1.030	15.040
2.861	4.980	2.050	5.560	1.510	21.780
3.631	7.340	2.550	8.700	1.750	28.000
4.401	11.000	3.050	13.490	1.970	33.250
5.172	16.510	3.550	22.860	1.970	46.690
5.172	20.250	3.650	26.240	1.970	49.330
5.172	22.050	3.750	28.080	2.050	51.710
5.172	24.650	3.850	29.910	2.050	54.520
5.557	27.200	3.950	31.500	2.050	57.220
5.557	28.800	4.050	33.260	2.050	59.220
5.942	30.640	4.050	36.510	2.050	62.220
6.327	32.670	4.050	40.310	2.050	65.220
6.327	34.830	4.050	43.810		
6.327	37.040				
6.327	39.220				



**Gambar (5.3)** Grafik hubungan beban-deformasi benda uji pada  $\Delta 2$

Hasil regresi dari Gambar (5.3) ditunjukkan oleh Gambar (5.4).



**Gambar (5.4)** Grafik regresi hubungan beban-deformasi pada  $\Delta 2$

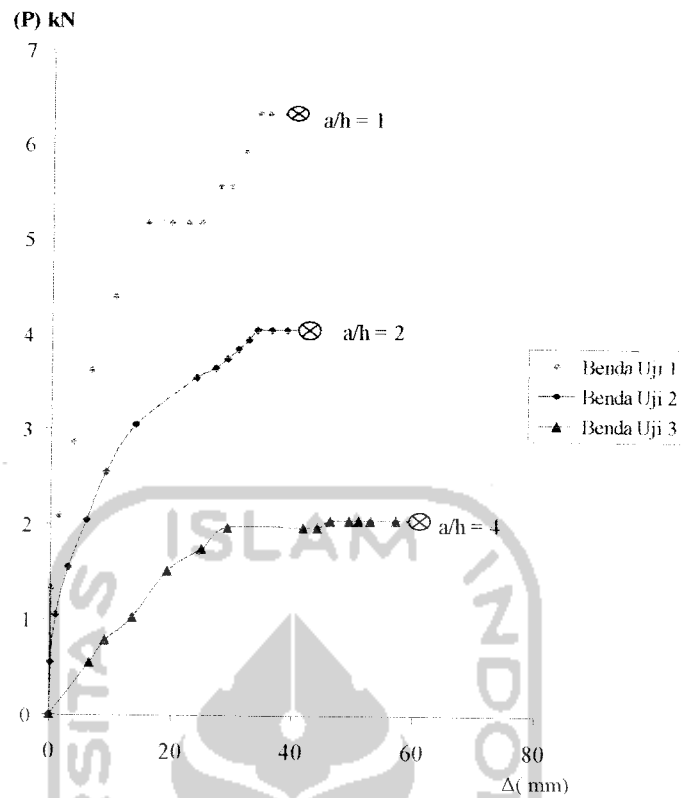
### C. Dial 3

Data hasil pengujian kuat lentur ditunjukkan oleh Tabel (5.5)

**Tabel (5.5)** Hasil uji kuat lentur benda uji pada dial 3

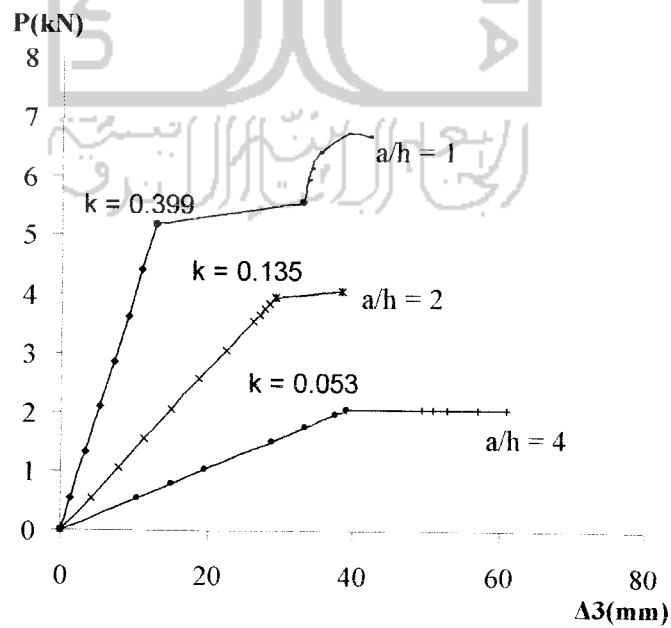
Benda Uji 1 (a/h = 1)		Benda Uji 2 (a/h = 2)		Benda Uji 3 (a/h = 4)	
P (kN)	$\Delta$ (mm)	P (kN)	$\Delta$ (mm)	P (kN)	$\Delta$ (mm)
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.550	0.200	0.550	0.110	0.550	6.480
1.320	0.290	1.050	0.920	0.790	9.070
2.091	1.460	1.550	3.000	1.030	13.450
2.861	3.720	2.050	5.940	1.510	19.230
3.631	6.480	2.550	8.950	1.750	24.900
4.401	10.380	3.050	13.910	1.970	29.190
5.172	15.670	3.550	24.000	1.970	41.700
5.172	19.550	3.650	27.100	1.970	44.040
5.172	22.310	3.750	28.950	2.050	46.210
5.172	24.500	3.850	30.785	2.050	49.450
5.557	27.550	3.950	32.640	2.050	50.980
5.557	29.400	4.050	33.930	2.050	52.980
5.942	31.770	4.050	36.180	2.050	56.980
6.327	33.880	4.050	38.740	2.050	60.980
6.327	35.610	4.050	41.990		
6.327	38.780				
6.327	40.600				

Hubungan antara beban-deformasi (P- $\Delta$ ) ditunjukkan oleh Gambar 5.5



**Gambar (5.5)** Grafik hubungan beban-deformasi benda uji pada  $\Delta 3$

Hasil regresi dari Gambar (5.5) ditunjukkan oleh Gambar (5.6).



**Gambar (5.6)** Grafik regresi hubungan beban-deformasi pada  $\Delta 3$



keterangan gambar :  $\otimes$  = batas pengujian

Pengujian dihentikan sampai pada batas pengujian seperti tampak pada Gambar (5.1), (5.3), dan (5.5), karena kondisi benda uji telah mengalami kerusakan pada ketiak-ketiak (joint) rangka Vierendeel.

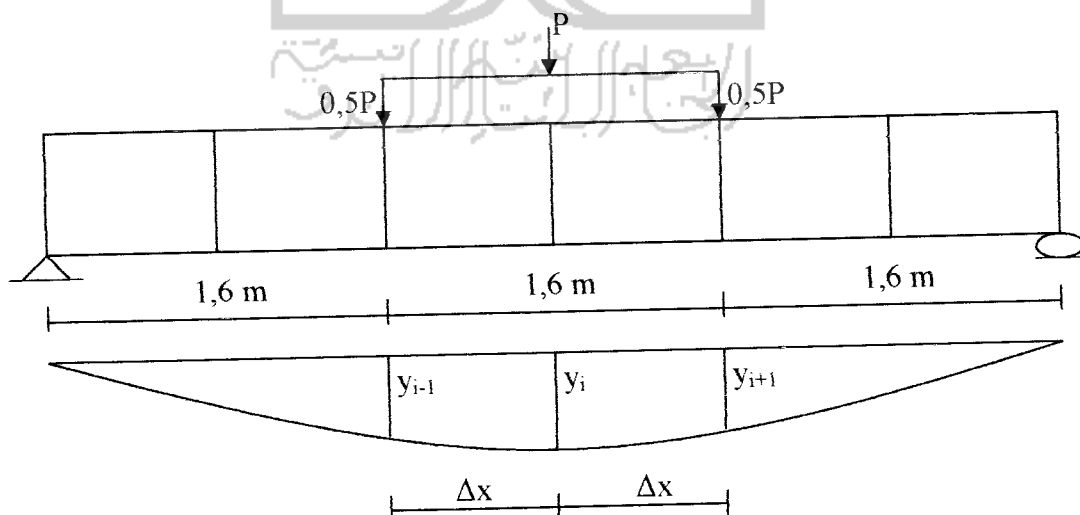
### 5.3.2 Hubungan Momen-Kelengkungan

Hubungan momen ( $M$ ) dan kelengkungan ( $\Phi$ ) dapat dicari setelah data hubungan  $P-\Delta$  pada Tabel (5.3), (5.4), dan Tabel (5.5) yang didapat dari hasil pengujian kuat lentur struktur rangka Vierendeel.

Untuk mendapatkan nilai momen dan kelengkungan dapat menggunakan Persamaan (49) yang ditulis kembali pada Persamaan (51):

$$\Phi = \frac{y_{i+1} - 2y_i - y_{i-1}}{(\Delta x)^2} \quad (51)$$

yang didapat berdasar Gambar (5.7)



**Gambar (5.7)** Diagram hubungan beban-lendutan dan momen-kelengkungan

## A. Benda uji 1

Tabel (5.6) Hubungan Momen-Kelengkungan

No	Beban (kN)	Deformasi ( $\Delta$ )			Momen (kN m)	$\Phi$ (1/m)
		Yi-1 (m)	Yi (m)	Yi+1 (m)		
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1	0	0	0	0	0	0
2	0.550	0.170	0.280	0.200	0.440	0.0000008
3	1.320	0.290	0.420	0.290	1.056	0.0000013
4	2.091	1.720	1.990	1.460	1.672	0.0000066
5	2.861	3.440	4.980	3.720	2.289	0.0000151
6	3.631	6.360	7.340	6.480	2.905	0.0000228
7	4.401	9.420	11.000	10.380	3.521	0.0000329
8	5.172	13.820	16.510	15.670	4.137	0.0000487
9	5.172	16.765	20.250	19.550	4.137	0.0000589
10	5.172	18.220	22.050	22.310	4.137	0.0000625
11	5.172	20.185	24.650	24.500	4.137	0.0000703
12	5.557	22.170	27.200	27.550	4.445	0.0000766
13	5.557	23.420	28.800	29.400	4.445	0.0000807
14	5.942	25.070	30.640	31.770	4.753	0.0000853
15	6.327	26.750	32.670	33.880	5.062	0.0000910
16	6.327	28.240	34.830	35.610	5.062	0.00097300
17	6.327	29.905	37.040	38.780	5.062	0.0101900
18	6.327	31.520	39.220	40.600	5.062	0.0108400

## B. Benda uji 2

Tabel (5.7) Hubungan Momen-Kelengkungan

No	Beban (kN)	Deformasi ( $\Delta$ )			Momen (kN m)	$\Phi$ (1/m)
		Yi-1 (m)	Yi (m)	Yi+1 (m)		
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1	0	0	0	0	0	0
2	0.550	0.200	0.500	0.110	0.000	0.0000000
3	1.050	0.930	0.730	0.920	0.440	0.0000017
4	1.550	2.100	2.960	3.000	0.840	0.0000023
5	2.050	4.310	5.560	5.940	1.240	0.0000078
6	2.550	6.960	8.700	8.950	1.640	0.0000148
7	3.050	10.920	13.490	13.910	2.040	0.0000241
8	3.550	18.230	22.860	24.000	2.440	0.0000375
9	3.650	20.910	26.240	27.100	2.840	0.0000624
10	3.750	22.340	28.080	28.950	2.920	0.0000723

Lanjutan

No	Beban (kN)	Deformasi ( $\Delta$ )			Momen (kN m)	$\Phi$ (1/m)
		Yi-1 (m)	Yi (m)	Yi+1 (m)		
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(1)	(2)
11	3.850	23.930	29.910	30.785	3.000	0.0000774
12	3.950	25.220	31.500	32.640	3.080	0.0000828
13	4.050	26.650	33.260	33.930	3.160	0.0000868
14	4.050	28.650	36.510	36.180	3.240	0.0000926
15	4.050	31.800	40.310	38.740	3.240	0.0001023
16	4.050	35.800	43.810	41.990	3.240	0.0001151

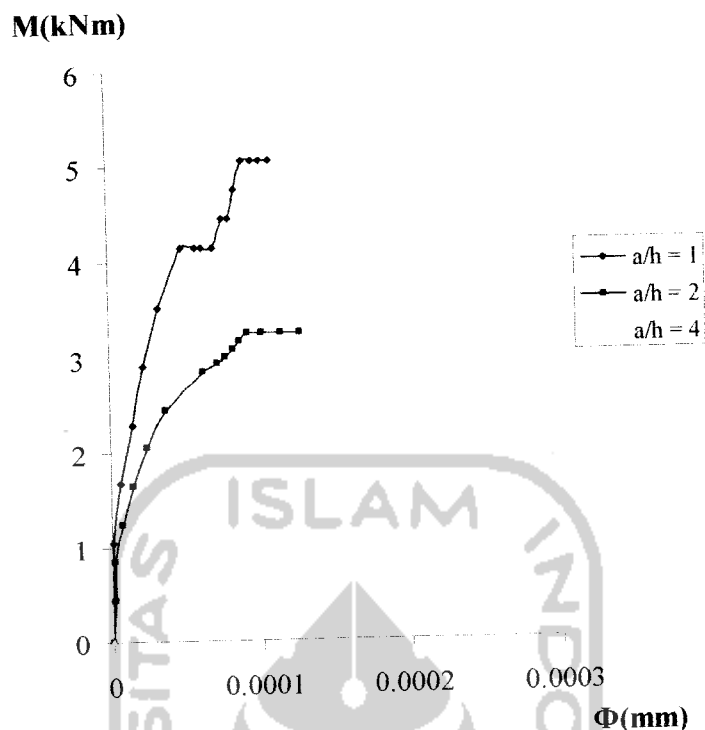
C. Benda uji 3

Tabel (5.8) Hubungan Momen-Kelengkungan

No	Beban (kN)	Deformasi ( $\Delta$ )			Momen (kN m)	$\Phi$ (1/m)
		Yi-1 (m)	Yi (m)	Yi+1 (m)		
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1	0	0	0	0	0	0
2	0.550	6.180	7.140	6.480	0.440	0.0000218
3	0.790	9.100	11.100	9.070	0.632	0.0000347
4	1.030	14.180	15.040	13.450	0.824	0.0000481
5	1.510	21.280	21.780	19.230	1.208	0.0000713
6	1.750	26.950	28.000	24.900	1.400	0.0000907
7	1.970	32.130	33.250	29.190	1.576	0.0001085
8	1.970	45.090	46.690	41.700	1.576	0.0001512
9	1.970	46.900	49.330	44.040	1.576	0.0001586
10	2.050	50.120	51.710	46.210	1.640	0.0001677
11	2.050	51.960	54.520	49.450	1.640	0.0001743
12	2.050	53.920	57.220	50.980	1.640	0.0001834
13	2.050	55.920	59.220	52.980	1.640	0.0001897
14	2.050	56.920	62.220	56.980	1.640	0.0001943
15	2.050	59.920	65.220	60.980	1.640	0.0002022

Hubungan momen-kelengkungan yang didapat dari Tabel (5.6), (5.7), (5.8) dapat dibuat grafik hubungan seperti Gambar (5.8)





Gambar (5.8) Grafik hubungan momen-kelengkungan

#### 5.4 Pembahasan Hasil Uji Kuat Tekan Beton

Berdasarkan data hasil pengujian silinder beton yang dilakukan di laboratorium, mutu beton yang digunakan dalam penelitian ini adalah beton dengan  $f_c' = 13.5 \text{ MPa} < f_c'_{\text{rencana}} = 15 \text{ MPa}$ . Tidak terpenuhinya  $f_c'_{\text{rencana}}$  karena beberapa hal, diantaranya :

- kesalahan dalam mix design karena  $f_{as}$  rencana tidak terpenuhi,
- kurangnya pepadatan pada saat pengecoran.

#### 5.5 Pembahasan Hasil Uji Kuat Lentur Rangka *Vierendeel*

Grafik hubungan beban-deformasi Gambar (5.1), Gambar (5.3) dan Gambar (5.5) menunjukkan bahwa pengaruh rasio  $a/h$  cukup besar pada benda uji 3 dengan

rasio  $a/h = 4$ . Dari gambar-gambar tersebut terlihat jelas pada saat pembebanan awal terjadi deformasi yang relative besar pada benda uji 3 dibanding dengan benda uji 1 dan benda uji 2. Hal ini bisa disebabkan oleh factor kekakuan masing-masing benda uji.

Dari grafik hubungan beban-deformasi seperti Gambar (5.2), (5.4), dan Gambar (5.6) nilai kekakuan masing-masing benda uji dengan Persamaan (25) yang ditulis kembali pada Persamaan (52):

$$K = \frac{P}{\Delta} \quad (52)$$

Data nilai kekakuan setiap benda uji ditunjukkan oleh Tabel (5.9)

**Tabel (5.9)** Nilai kekakuan benda uji Vierendeel

Benda uji		Beban (Py)	Deformasi (Δy)	Kekakuan $K_i = \frac{Py}{\Delta y}$	$K_i$ rata-rata	$\frac{K_i}{K_1}$	Keterangan
		kN	mm	kN/mm			
I	Dial 1	5,172	11,551	0,448	0,401	1	$a/h = 1$
	Dial 2	5,172	13,721	0,377			
	Dial 3	5,172	12,938	0,399			
II	Dial 1	4,050	23,249	0,174	0,151	0,377	$a/h = 2$
	Dial 2	4,050	29,074	0,139			
	Dial 3	4,050	29,238	0,138			
III	Dial 1	1,970	32,130	0,066	0,061	0,152	$a/h = 4$
	Dial 2	1,970	31,024	0,064			
	Dial 3	1,970	39,048	0,051			

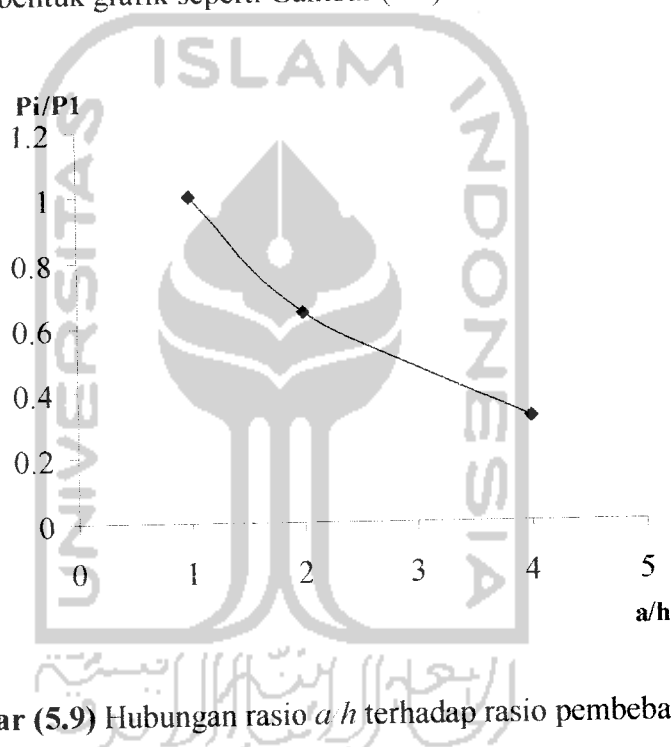
Berdasarkan Tabel (5.9) terlihat, bahwa rasio  $a/h$  mempengaruhi nilai kekakuan. Semakin kecil rasio  $a/h$  akan menghasilkan nilai kekakuan serta kekuatan menahan beban yang besar. Hal ini disebabkan oleh factor kelangsingan batang. Semakin besar rasio  $a/h$ , batang menjadi langsing.

Rasio  $a/h$  juga berpengaruh pada beban maksimum yang mampu ditahan oleh rangka Vierendeel seperti ditunjukkan Tabel (5.10)

**Tabel (5.10)** Beban transversal maksimum balok Vierendeel dengan rasio  $a/h$

Benda uji	Rasio $a/h$	Pmax (kN)	Rasio Pmax
1	1	6.33	1.00
2	2	4.05	0.64
3	4	2.05	0.32

atau dalam bentuk grafik seperti Gambar (5.9)



**Gambar (5.9)** Hubungan rasio  $a/h$  terhadap rasio pembebanan

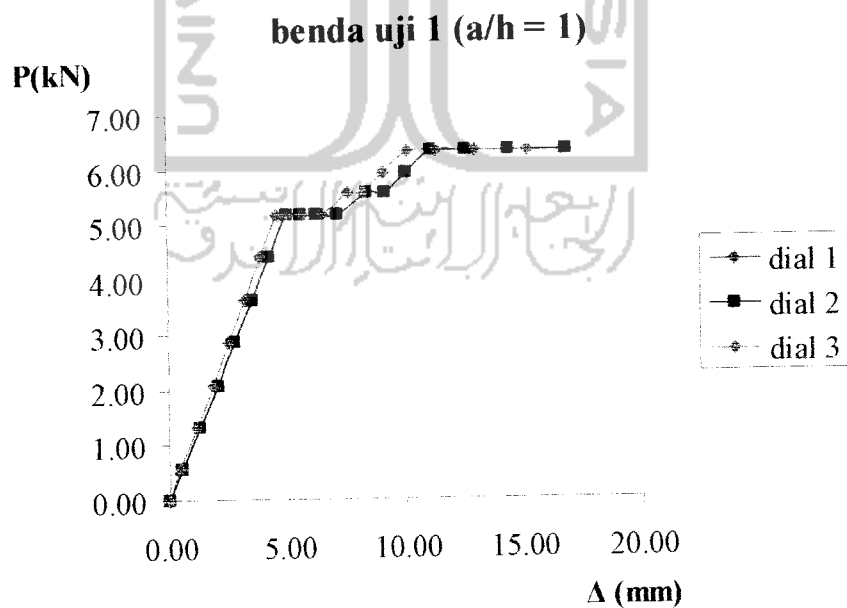
Dari Gambar (5.9) terlihat, bahwa semakin tinggi rasio  $a/h$ , kemampuan menahan gaya transeversal semakin kecil. Hal ini disebabkan oleh kelangsing batang. Semakin besar  $a/h$ , kelangsingan semakin tinggi.

### 5.5.1 Pembahasan Teoritis Kuat Lentur Rangka *Vierendeel*

Nilai hasil perhitungan kuat lentur secara teoritis didapat dari hasil perhitungan dengan program SAP 2000.

Tabel (5.11) Perhitungan teoritis benda uji 1

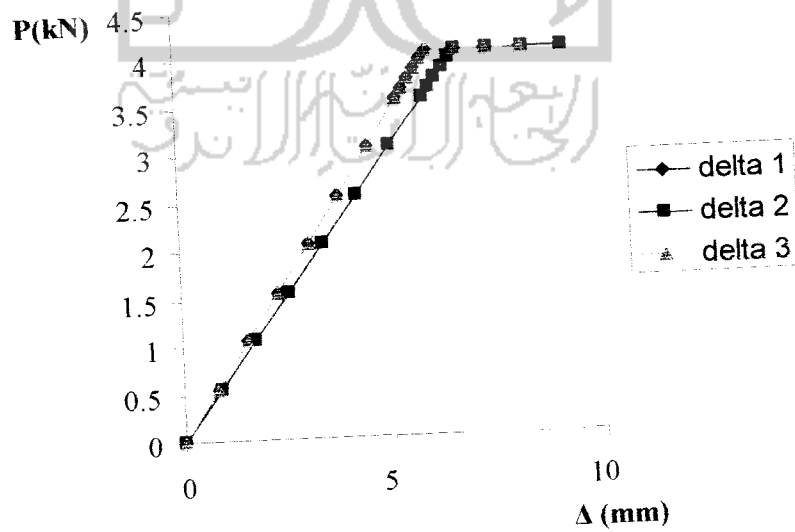
P kn	Delta 1 (mm)	Delta 2 (mm)	Delta 3 (mm)
0.000	0.000	0.000	0.000
0.550	0.489	0.540	0.489
1.320	1.173	1.297	1.173
2.091	1.857	2.054	1.857
2.861	2.541	2.810	2.541
3.631	3.226	3.567	3.226
4.401	3.910	4.324	3.910
5.172	4.594	5.080	4.594
5.172	5.105	5.645	5.105
5.172	5.743	6.350	5.743
5.172	6.563	7.258	6.563
5.557	7.657	8.467	7.657
5.557	8.353	9.237	8.353
5.942	9.188	10.161	9.188
6.327	10.209	11.290	10.209
6.327	11.485	12.701	11.485
6.327	13.126	14.515	13.126
6.327	15.314	16.934	15.314



Gambar 5.10 Grafik hubungan beban-deformasi pada benda uji 1

Tabel (5.12) Perhitungan teoritis benda uji 2

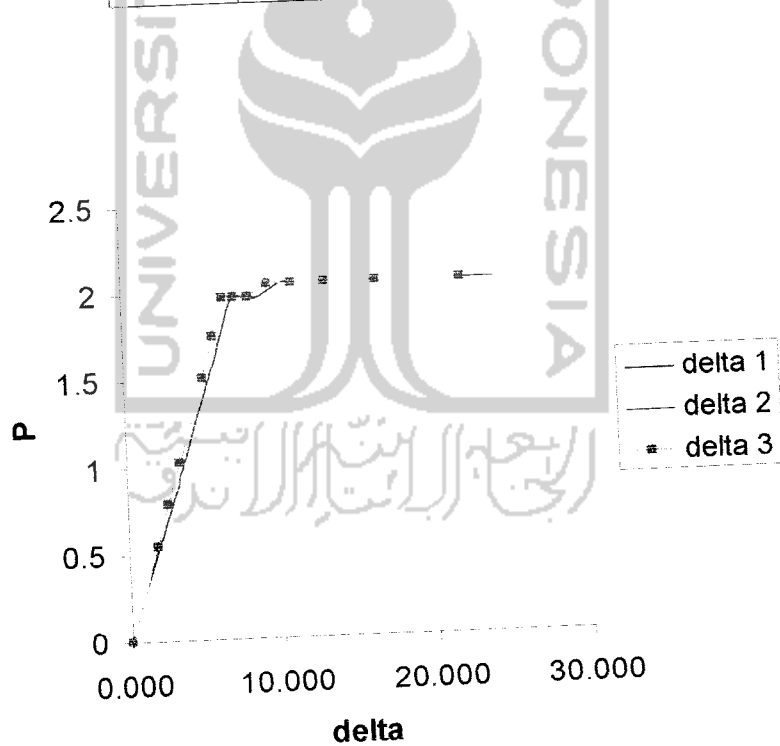
P kn	Delta 1	Delta 2	Delta 3
0	0	0	0
0.55	0.821	0.916	0.821
1.05	1.568	1.749	1.568
1.55	2.314	2.582	2.314
2.05	3.061	3.415	3.061
2.55	3.807	4.248	3.807
3.05	4.554	5.081	4.554
3.55	5.300	5.913	5.300
3.65	5.450	6.080	5.450
3.75	5.599	6.246	5.599
3.85	5.748	6.413	5.748
3.95	5.897	6.580	5.897
4.05	6.047	6.747	6.047
4.05	6.719	7.496	6.719
4.05	7.465	8.329	7.465
4.05	8.295	9.255	8.295



Gambar 5.11 Grafik hubungan beban-deformasi pada benda uji 2

Tabel (5.13) Perhitungan teoritis benda uji 3

P kn	Delta 1	Delta 2	Delta 3
0	0.000	0.000	0.000
0.55	1.857	2.026	1.857
0.79	2.667	2.910	2.667
1.03	3.478	3.794	3.478
1.51	5.098	5.563	5.098
1.75	5.909	6.447	5.909
1.97	6.651	7.257	6.651
1.97	7.390	8.063	7.390
1.97	8.314	9.071	8.314
2.05	9.502	10.367	9.502
2.05	11.086	12.095	11.086
2.05	13.303	14.514	13.303
2.05	16.628	18.143	16.628
2.05	22.171	24.190	22.171



Gambar 5.11 Grafik hubungan beban-deformasi pada benda uji 2

### 5.5.2 Kuat Lentur Rangka *Vierendeel* Ditinjau Sebagai Balok-Kolom

Rangka *Vierendeel* sebagai balok-kolom menerima gaya aksial dan momen lentur untuk setiap batang. Analisis sebagai balok-kolom dipengaruhi oleh factor kelangsingan. Kolom langsing yang menahan kombinasi beban aksial-lentur akan mendapatkan momen lentur tambahan (momen sekunder) akibat efek  $P-\Delta$  dan mengalami deformasi arah lateral, dimana  $P$  adalah beban aksial dan  $\Delta$  adalah defleksi kolom arah lateral pada penampang yang ditinjau.

Tingkat kelangsingan suatu kolom dinyatakan sebagai rasio kelangsingan seperti Persamaan (53)

$$\frac{kl}{r} \quad (53)$$

dengan ketentuan :

$$\frac{kl}{r} > 22 \quad \text{kelangsingan diperhitungkan}$$

$$\frac{kl}{r} < 22 \quad \text{kelangsingan diabaikan}$$

Rasio kelangsingan untuk masing-masing benda uji ditunjukkan Tabel 5.11

**Tabel 5.14 Rasio kelangsingan untuk masing-masing benda uji**

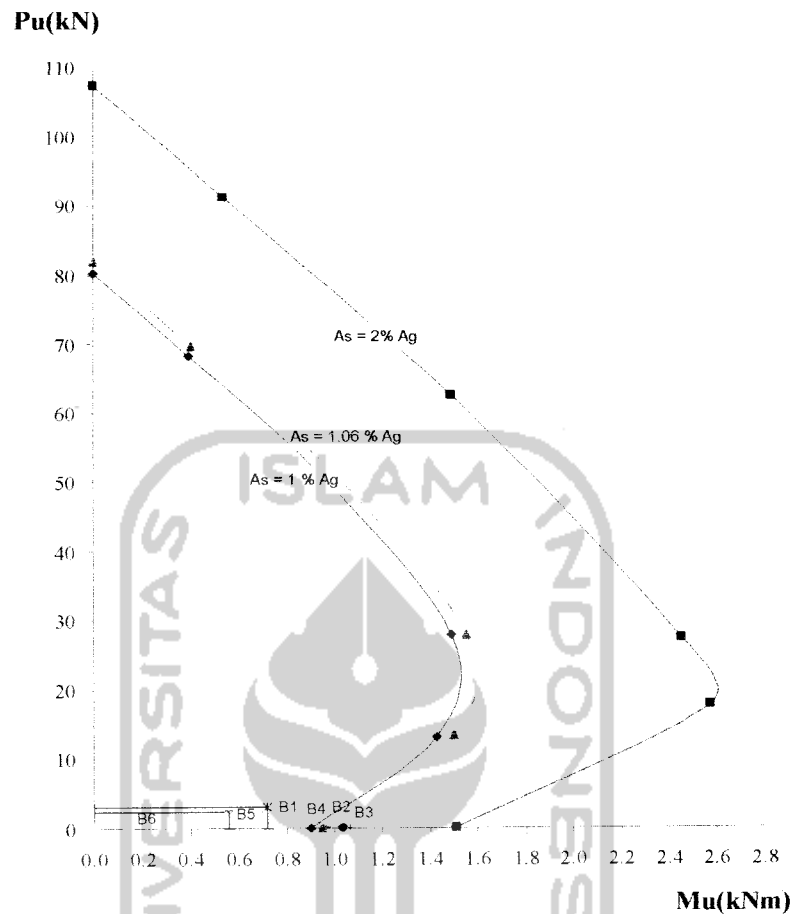
Benda uji	$\frac{\lambda}{h}$	Kl/r		keterangan	
		Tepi	Transversal	Kl/r	
				Tepi	Transversal
1	1	8.660	11.547	diabaikan	diabaikan
2	2	17.320	11.547	diabaikan	diabaikan
3	4	34.640	11.547	diperhitungkan	diabaikan

Besarnya gaya-gaya aksial dan momen yang diterima oleh rangka *Vierendeel* sebagai balok kolom akibat beban maksimum dapat ditunjukkan oleh Tabel (5.14), Tabel (5.15) dan Tabel (5.16).

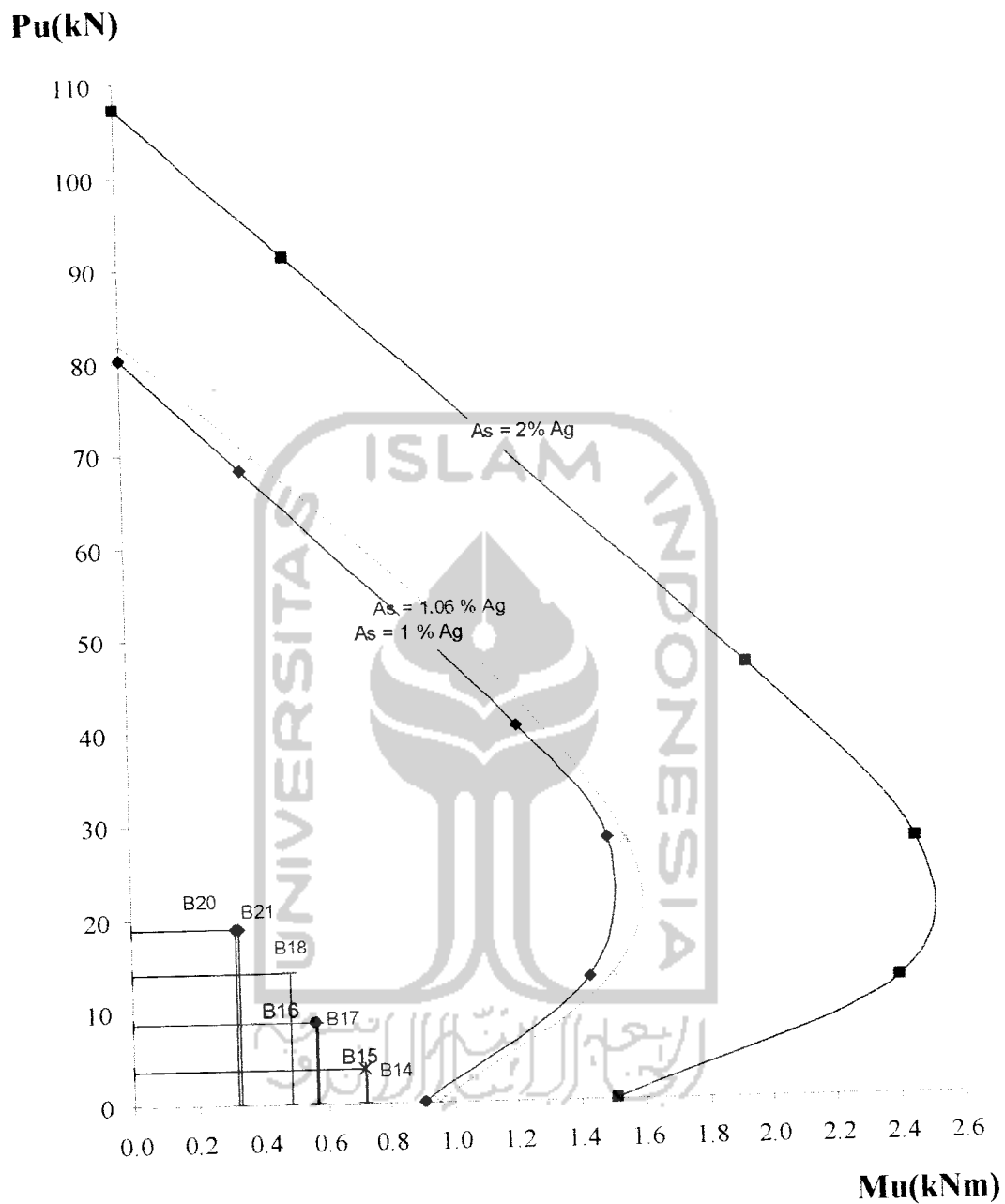
Tabel (5.14) Gaya aksial dan momen pada benda uji 1

Batang	Gaya aksial (kN)	Momen (kNm)	Keterangan
<b>Transversal</b>			
1	3.015	0.721	tekan
2	0.055	1.036	tekan
3	0.011	1.067	tarik
4	0.076	0.964	tekan
5	2.476	0.558	tekan
6	0.077	0.145	tekan
7	0.077	0	tekan
8	0.077	0.145	tekan
9	2.476	0.558	tekan
10	0.076	0.964	tekan
11	0.011	1.067	tarik
12	0.055	1.036	tekan
13	3.015	0.721	tekan
<b>Tepi</b>			
14	3.591	0.721	tarik
15	3.591	0.716	tekan
16	8.769	0.565	tarik
17	8.769	0.573	tekan
18	14.105	0.484	tarik
19	14.105	0.481	tekan
20	18.932	0.319	tarik
21	18.932	0.332	tekan
22	21.723	0.197	tarik
23	21.723	0.216	tekan
24	22.441	0.115	tarik
25	22.441	0.106	tekan
26	22.441	0.106	tarik
27	22.441	0.106	tekan
28	21.723	0.216	tarik
29	21.723	0.197	tekan
30	18.932	0.332	tarik
31	18.932	0.319	tekan
32	14.105	0.481	tarik
33	14.105	0.484	tekan
34	8.769	0.573	tarik
35	8.769	0.565	tekan
36	3.591	0.716	tarik
37	3.591	0.721	tekan





**Gambar (5.10)** Hubungan Mn-Pn Tinjauan Dimensi Batang Transversal Benda uji 1  
 Dari Gambar (5.10) tampak, bahwa batang tepi yang mengalami kerusakan adalah Batang 2, Batang 3, Batang 11 dan Batang 12 akibat momen.



Gambar (5.11) Hubungan Mn-Pn Tinjauan Dimensi Batang Tepi Benda uji 1

Dari Gambar (5.11) tampak, bahwa semua batang masih aman menerima gaya aksial dan momen.

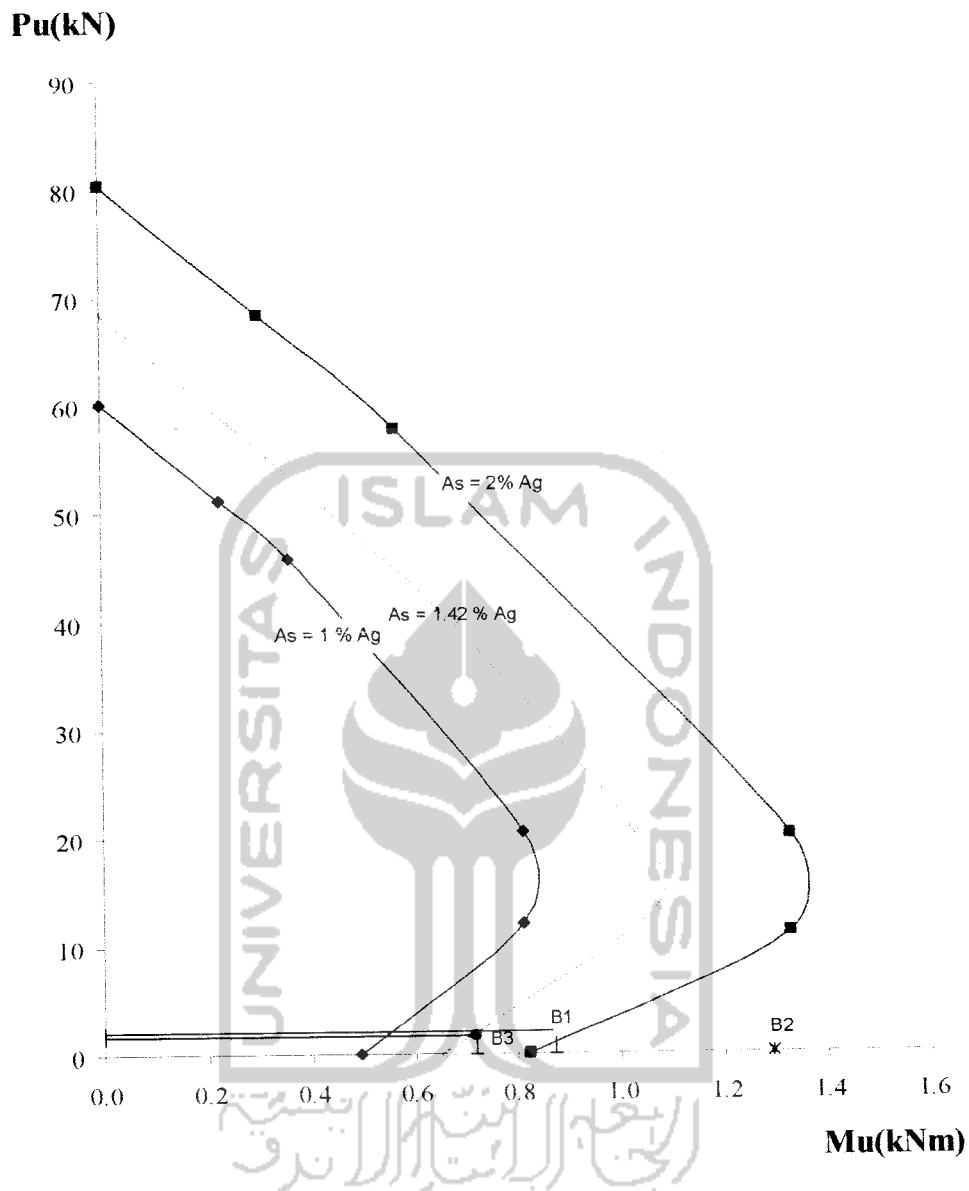
### A. Benda uji 2

Tinjauan sebagai balok-kolom ditunjukkan oleh hubungan M-P sebagai berikut :

**Tabel (5.15)** Gaya aksial dan momen pada benda uji 2

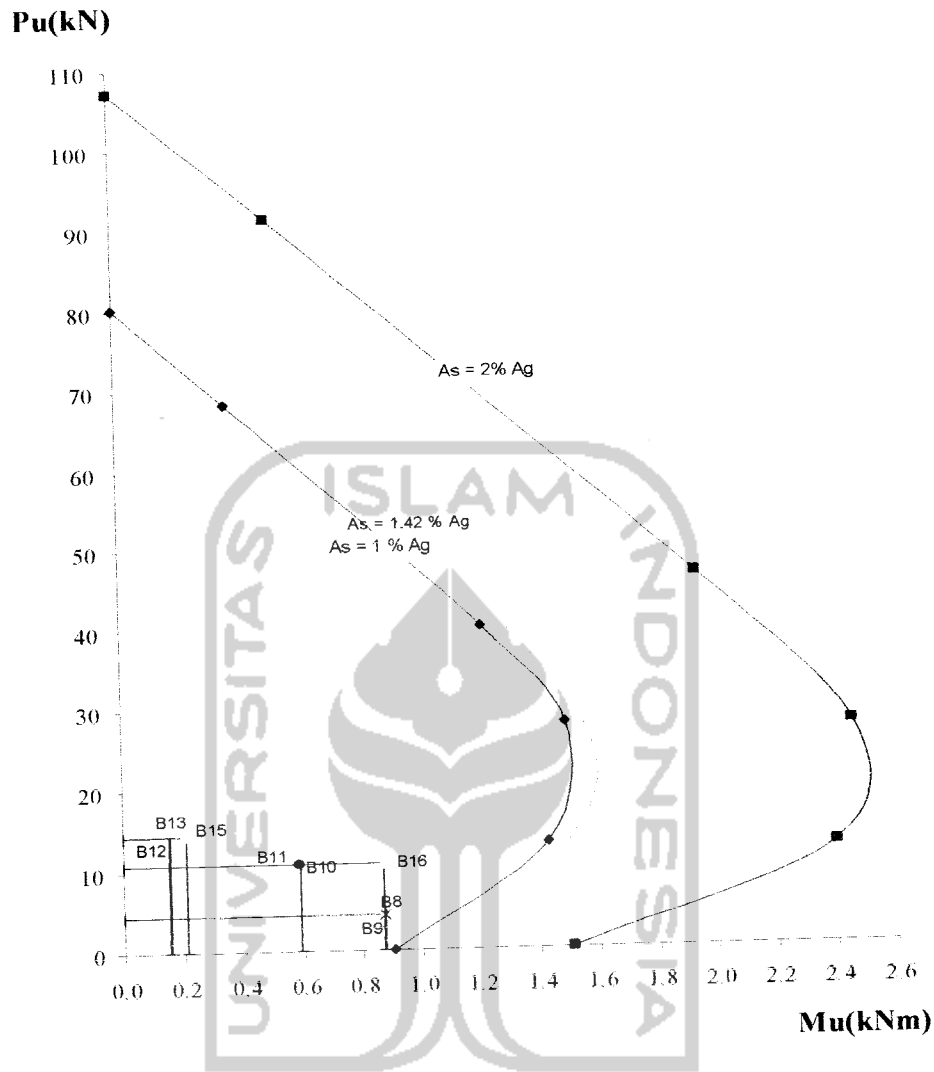
Batang Transversal	Gaya aksial (kN)	Momen (kNm)	Keterangan
1	2.070	0.874	tekan
2	0.030	1.294	tekan
3	1.632	0.720	tekan
4	0.032	0	tekan
5	1.632	0.720	tekan
6	0.030	1.294	tekan
7	2.070	0.874	tekan
<b>Tepi</b>			
8	4.365	0.874	tarik
9	4.365	0.872	tekan
10	10.834	0.588	tarik
11	10.834	0.592	tekan
12	14.433	0.152	tarik
13	14.433	0.156	tekan
14	14.433	0.152	tarik
15	14.433	0.156	tekan
16	10.834	0.588	tarik
17	10.834	0.592	tekan
18	4.365	0.874	tarik
19	4.365	0.872	tekan

Hubungan aksial-momen dari analisis balok kolom untuk setiap tampang ditunjukkan oleh Gambar (5.12) dan Gambar (5.13). Dari Gambar (5.12) tampak, bahwa pada batang transversal Batang (1), Batang (2) dan Batang (3) menerima momen yang cukup besar melebihi kapasitas tampangnya.



**Gambar (5.12)** Hubungan Mn-Pn Tinjauan Batang Transversal Benda uji 2

Dari Gambar (5.13) tampak bahwa, gaya aksial dan momen yang diterima setiap elemen batang transversal lebih kecil dari kapasitas tampangnya.



Gambar (5.13) Hubungan Mn-Pn Tinjauan Dimensi Batang Tepi Benda uji 2

### B. Benda uji 3

Tinjauan sebagai balok-kolom ditunjukkan oleh hubungan M-P sebagai berikut :

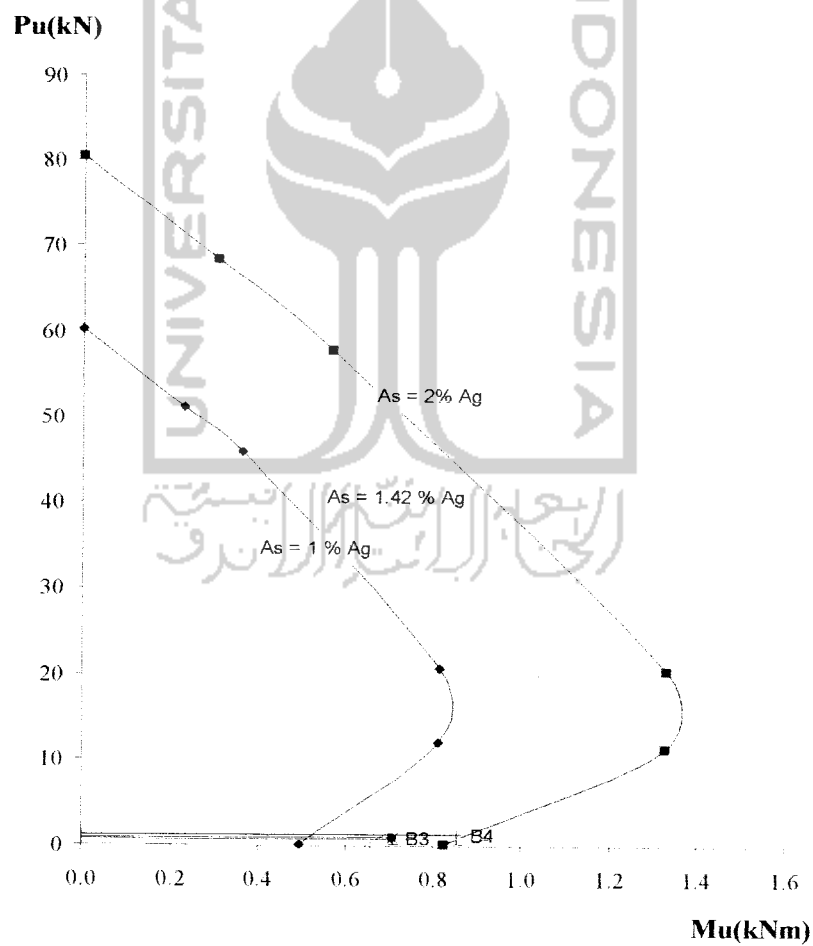
Tabel (5.16) Gaya aksial dan momen pada benda uji 3

Batang Transversal	Gaya aksial (kN)	Momen (kNm)	Keterangan
1	1.222	0.857	tekan
2	0.841	0.710	tekan
3	0.841	0.710	tekan
4	1.222	0.857	tekan

## Lanjutan

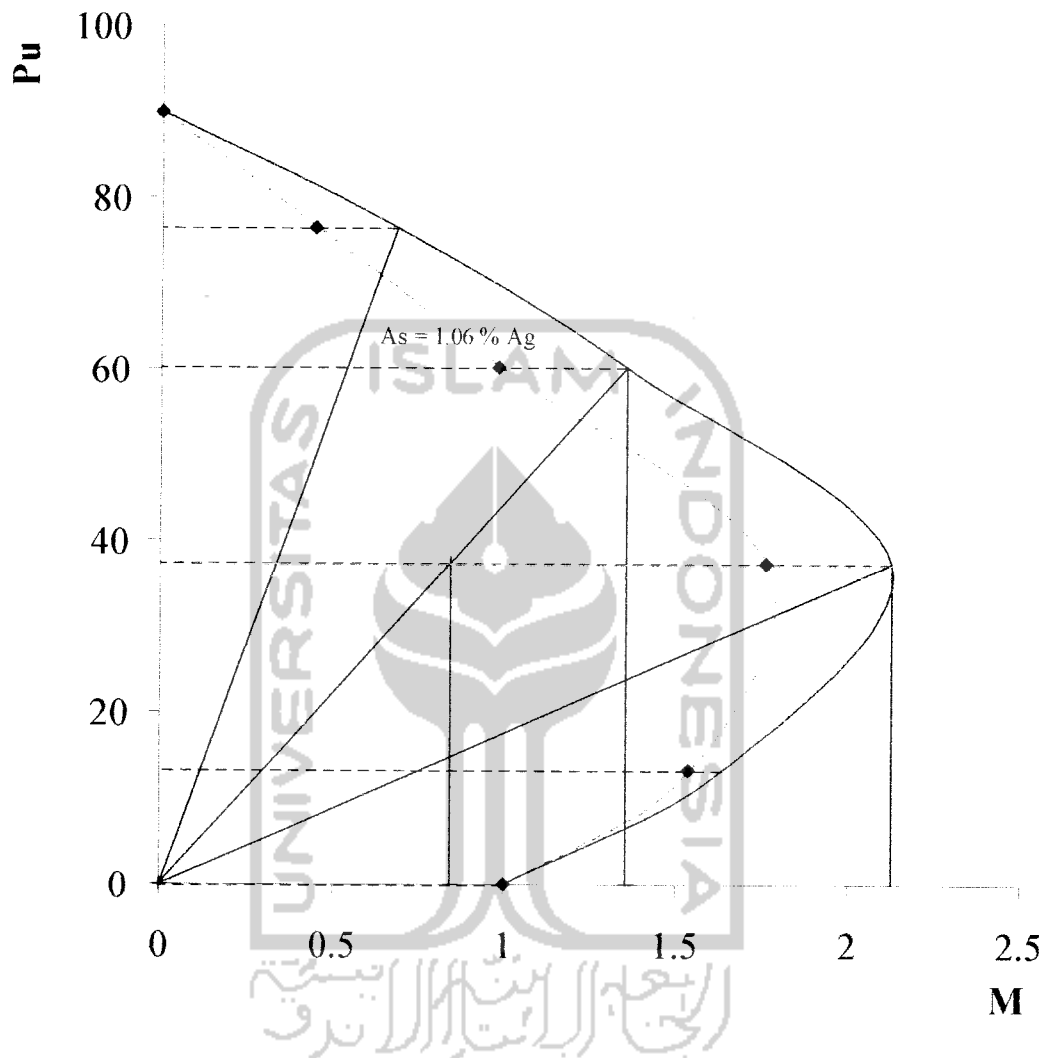
Batang	Gaya aksial (kN)	Momen (kNm)	Keterangan
tepi			
5	4.283	0.857	tarik
6	4.283	0.857	tekan
7	7.833	0.140	tarik
8	7.833	0.140	tekan
9	4.283	0.850	tarik
10	4.283	0.850	tekan

Hubungan aksial-momen dari analisis balok kolom untuk setiap tampang ditunjukkan oleh Gambar (5.14) dan Gambar (5.15)



**Gambar (5.14)** Hubungan Mn-Pn Tinjauan Batang Transversal Benda uji 3

Dari Gambar (5.14) tampak, bahwa semua batang tepi mengalami kerusakan akibat momen yang diterima melebihi kapasitas tampangnya.



**Gambar (5.15)** Hubungan Mn-Pn Tinjauan Dimensi Batang Tepi Benda uji 3

Dari Gambar (5.15) tampak, bahwa gaya aksial dan momen yang diterima oleh setiap elemen batang tepi masih lebih kecil dari kapasitas tampangnya.

## 5.6 Perbandingan Analisis SAP dan Metode Portal

Perhitungan rasio analisis SAP dan metode portal dilakukan dengan tujuan untuk memperoleh besarnya penyimpangan yang terjadi terhadap asumsi bahwa titik-titik belok berada di tengah elemen batang. Seperti ditunjukkan oleh Tabel perbandingan Analisis SAP dan metode Portal pada Lampiran (5). Dari hasil perhitungan pada Lampiran didapat nilai penyimpangan atau standar deviasi seperti ditunjukkan oleh Tabel 5.15 yang didapat dari rumus :

$$SD (\delta) = \sqrt{\frac{\sum FX^2}{\sum F} - \left(\frac{\sum FX}{\sum F}\right)^2} \quad (54)$$

dimana :

**$\delta$**  : besar penyimpangan (standar deviasi)  
**x** : rasio analisis SAP terhadap metode portal  
**F** : frekuensi rasio

Tabel (5.15) Nilai penyimpangan ( $\delta$ ) pada masing-masing benda uji

Benda uji	Rasio $a/h$	Gaya aksial	Gaya geser	momen
1	1	0.078	0.067	0.067
2	2	0.064	0.067	0.506
3	4	0.040	0.367	0.220

Dari data Tabel 5.15 dapat dilihat, bahwa nilai penyimpangan relative kecil. Oleh karena itu asumsi titik belok ada ditengah bentang elemen batang masih bisa digunakan.



## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 6.1 Kesimpulan

Berdasar perhitungan dan pembahasan pada bab sebelumnya dapat disimpulkan bahwa :

1. balok Vierendeel dengan rasio  $a/h$  yang semakin besar, mempunyai kapasitas lentur semakin kecil,
2. diasumsikan balok Vierendeel dengan rasio  $a/h$  1 nilai kekakuan strukturnya 1 maka nilai kekakuan rasio  $a/h$  2 adalah 0.377 dan rasio  $a/h$  3 nilai kekakuannya 0.152 sehingga secara umum rasio  $a/h$  berpengaruh terhadap kekakuan balok Vierendeel. Semakin jauh jarak batang transversal atau semakin tinggi rasio  $a/h$ , nilai kekakuan semakin kecil.
3. berdasar data perbandingan hasil hitungan metode portal dan hitungan program SAP, rasio pesimpangan relative kecil sehingga asumsi titik belok ada di tengah batang adalah benar.

#### 6.2 Saran

1. perlu dilakukan penelitian pengembangan tentang balok Vierendeel beton dengan variasi yang lain,
2. perlu dilakukan penelitian ulang tentang balok Vierendeel terhadap tinjauan geser pada sudut-sudut joint.
3. perlu diadakan penelitian balok vierendeel dengan luas tulangan yang lebih besar pada batang tepi bawah

**DAFTAR PUSTAKA**

- Edward G Nawy , 1990 , Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar, PT Eresco  
Bandung
- Gere, dan Timoshenko, 1987 , Mekanika Bahan , Penerbit Erlangga Jakarta
- Vis, dan Gideon , 1993 , Struktur Beton Bertulang ,
- Wolfgang Schueller , 1989 , High Risk Building ,







**LAMPIRAN 2**  
**TABEL HASIL PENGUJIAN KUAT DESAK BETON DAN**  
**KUAT TARIK BAJA**

## HASIL PENGUJIAN KUAT DESAK SILINDER BETON

Benda Uji Silinder		D	Luas	h	Volume	Berat	Bj	Bj rata-rata	Beban	Fe'	Fe' rata-rata
		cm	cm <sup>2</sup>	cm	cm <sup>3</sup>	kg	kN/m <sup>3</sup>		kN	MPa	
1	A	14.6	167.1	29.3	4883.8	12.1	24.78	24.6	216	12.932	13.058
	B	14.5	163.8	30	4914.9	12	24.42		216	13.184	
2	A	14.5	165.2	29.8	4931.1	12.4	25.15	25.6	305	14.861	14.785
	B	14.3	159.8	29.7	4751.6	12.4	26.09		305	14.708	
3	A	14.4	162.5	30	4874.2	12	24.62	24.5	216	12.679	12.549
	B	14.5	165.9	29.5	4893.5	11.9	24.32		216	12.419	



Yogyakarta,

**Kepala Lab. Bahan Konstruksi  
Teknik**

**(Ir. H. Ilman Noor, MSCE)**

**Mengetahui,  
Laboran**

**(Suwarno)**

## HASIL PENGUJIAN KUAT TARIK BAJA

Benda uji	D	D rata-rata	A Tampang	Beban			Fy	Fy	Fu
				Max	leleh	putus			
				kg	kg	kg			
cm	cm	cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	MPa	MPa				
1	Atas	0,575	0,260	640	1015	750	3907.201	288,709	246,365
	Tengah	0,575							
	Bawah	0,575							
2	Atas	0,575	0,254	655	1020	750	4019.104	295,523	258,090
	Tengah	0,575							
	Bawah	0,555							
Rata-rata							3963.152	292,116	252.227



Yogyakarta,

Kepala Lab. Bahan Konstruksi Teknik

Mengetahui,  
Laboran

(Ir. H. Ilman Noor, MSCE)

(Suwarno)



## HASIL PENGUJIAN KUAT LENTUR BENDA UJI 1

P (kN)	DIAL 1	DIAL 2	DIAL 3
	$\Delta_1$ (mm)	$\Delta_2$ (mm)	$\Delta_3$ (mm)
0.000	0.000	0.000	0.000
0.550	0.170	0.280	0.200
1.320	0.290	0.420	0.290
2.091	1.720	1.990	1.460
2.861	3.440	4.980	3.720
3.631	6.360	7.340	6.480
4.401	9.420	11.000	10.380
5.172	13.820	16.510	15.670
5.172	16.765	20.250	19.550
5.172	18.220	22.050	22.310
5.172	20.185	24.650	24.500
5.557	22.170	27.200	27.550
5.557	23.420	28.800	29.400
5.942	25.070	30.640	31.770
6.327	26.750	32.670	33.880
6.327	28.240	34.830	35.610
6.327	29.905	37.040	38.780
6.327	31.520	39.220	40.600

Yogyakarta,

Kepala Lab. Mekanika Rekayasa

Mengetahui,  
Laboran

(Ir. Fatkhurrohman N, MT)

(Aris Sunanto)



## HASIL PENGUJIAN KUAT LENTUR BENDA UJI 2

P (kN)	DIAL 1	DIAL 2	DIAL 3
	$\Delta_1$ (mm)	$\Delta_2$ (mm)	$\Delta_3$ (mm)
0.000	0.000	0.000	0.000
0.550	0.200	0.500	0.110
1.050	0.930	0.730	0.920
1.550	2.100	2.960	3.000
2.050	4.310	5.560	5.940
2.550	6.960	8.700	8.950
3.050	10.920	13.490	13.910
3.550	18.230	22.860	24.000
3.650	20.910	26.240	27.100
3.750	22.340	28.080	28.950
3.850	23.930	29.910	30.785
3.950	25.220	31.500	32.640
4.050	26.650	33.260	33.930
4.050	28.650	36.510	36.180
4.050	31.800	40.310	38.740
4.050	35.800	43.810	41.990

Yogyakarta,

Kepala Lab. Mekanika Rekayasa

Mengetahui,  
Laboran

(Ir. Fatkhurrohman N, MT)

(Aris Sunanto)

### HASIL PENGUJIAN KUAT LENTUR BENDA UJI 3

P (kN)	DIAL 1	DIAL 2	DIAL 3
	$\Delta_1$ (mm)	$\Delta_2$ (mm)	$\Delta_3$ (mm)
0.000	0.000	0.000	0.000
0.550	6.180	7.140	6.480
0.790	9.100	11.100	9.070
1.030	14.180	15.040	13.450
1.510	21.280	21.780	19.230
1.750	26.950	28.000	24.900
1.970	32.130	33.250	29.190
1.970	45.090	46.690	41.700
1.970	46.900	49.330	44.040
2.050	50.120	51.710	46.210
2.050	51.960	54.520	49.450
2.050	53.920	57.220	50.980
2.050	55.920	59.220	52.980
2.050	56.920	62.220	56.980
2.050	59.920	65.220	60.980



Yogyakarta,

Kepala Lab. Mekanika Rekayasa

Mengetahui,  
Laboran

(Ir. Fatkhurrohman N, MT)

(Aris Sunanto)

## HASIL REGRESI PENGUJIAN KUAT LENTUR BENDA UJI 1

P kN	$\Delta 1$	$\Delta 2$	$\Delta 3$
0.000	0.000	0.000	0.000
0.550	1.229	1.459	1.376
1.320	2.950	3.503	3.303
2.091	4.672	5.547	5.230
2.861	6.393	7.590	7.157
3.631	8.114	9.634	9.084
4.401	9.835	11.678	11.011
5.172	11.551	13.721	12.938
5.172	11.551	18.063	12.938
5.172	11.551	18.063	12.938
5.172	11.551	18.063	12.938
5.557	26.195	32.274	32.933
5.557	26.195	32.274	32.933
5.920	27.000	32.900	33.700
6.110	28.000	33.900	34.100
6.400	29.200	34.830	35.300
6.710	30.800	37.040	39.100
6.680	32.600	39.220	41.900



### HASIL REGRESI PENGUJIAN KUAT LENTUR BENDA UJI 3

P kN	$\Delta 1$	$\Delta 2$	$\Delta 3$
0.000	0.000	0.000	0.000
0.550	8.308	8.661	10.476
0.790	11.934	12.441	15.048
1.030	15.559	16.220	19.619
1.510	22.810	23.780	28.762
1.750	26.435	27.559	33.333
1.970	32.130	31.024	37.524
1.970	45.090	46.690	37.524
1.970	46.900	49.330	37.524
2.050	50.120	51.710	39.048
2.050	51.960	54.520	49.450
2.050	53.920	57.220	50.980
2.050	55.920	59.220	52.980
2.050	56.920	62.220	56.980
2.050	59.920	65.220	60.980





**LAMPIRAN 4**

**HASIL PERHITUNGAN MIX DESIGN**

## Perhitungan Mix Design Beton

Perhitungan mix design yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan metoda DOE :

1. Kuat desak yang dikehendaki pada umur 28 hari sebesar 20 Mpa
2. Deviasi standar = 7 Mpa, karena tanpa pengalaman.
3. Nilai tambah = 12 Mpa karena tidak punya data.
4. Kuat tekan yang direncanakan  $f'_{cr} = 20 + 12 = 32$  Mpa
5. Jenis semen yang digunakan = semen biasa.
6. Jenis kerikil yang digunakan = batu pecah.
7. Faktor air semen (dari grafik) = 0,64 dan 0,54
8. Faktor air semen (dari tabel) = 0,60  
Dipakai fas yang rendah = 0,54
9. Nilai slump (dari tabel) = 10 cm (ditentukan)
10. Ukuran maksimum butiran kerikil = 20 mm
11. Kebutuhan air (dari tabel) = 180 liter
12. Kebutuhan semen =  $\frac{180}{0,54} = 334$  kg
13. Kebutuhan semen minimum (dari tabel) = 275 kg  
Semen yang dipakai = 334 kg
14. Penyesuaian jumlah air atau faktor semen, karena pada no. 13 tidak merubah besarnya nilai semen yang dipakai maka tidak perlu ada penyesuaian
15. Golongan pasir yang digunakan.
16. Persentase pasir terhadap campuran (dari grafik) = 46,5 %

17. Berat jenis campuran pasir dan kerikil, karena tidak ada data maka digunakan nilai sebesar 2,6
18. Berat beton campuran (dari grafik ) =  $2375 \text{ kg/m}^3$
19. Berat pasir dan kerikil dicari dengan :  $2375 - 180 - 334 = 1861 \text{ kg}$
20. Kebutuhan pasir campuran sebesar :  $(\frac{46,5}{100}) \times 1861 \text{ kg} = 865,365 \text{ kg}$
21. Kebutuhan kerikil sebesar  $1861 \text{ kg} - 865,365 \text{ kg} = 995,635 \text{ kg/m}^3$

Formulir perancangan adukan beton normal

No	Uraian	Nilai
1	Kuat tekan yang diisyaratkan pada umur 28 hari	20 MPa
2	Deviasi standar ( s )	7 Mpa
3	Nilai tambah ( m )	12 Mpa
4	Kuat tekan yang ditargetkan ( fcr )	32 Mpa
5	Jenis semen	biasa
6	Jenis kerikil	Batu pecah
7	Faktor air semen (grafik)	0,64 & 0,54
8	Faktor air semen maks (tabel)	0,6
9	Nilai slump (tabel)	10 cm
10	Ukuran butir maksimum kerikil	10 mm
11	Kebutuhan air	180 lt
12	Kebutuhan semen portland	334 kg
13	Kebutuhan semen portland minimum (tabel)	275 kg
14	Penyesuaian jumlah air atau fas	tetap
15	Pasir masuk golongan	zona 2
16	Persentase pasir terhadap agregat	46,50%
17	Dihitung bila tidak ada = 2,6	2,6
18	Berat beton (grafik)	$2375 \text{ kg/m}^3$
19	Kebutuhan campuran pasir dan kerikil (dihitung)	$1861 \text{ kg/m}^3$
20	Kebutuhan pasir (dihitung)	$865,365 \text{ kg/m}^3$
21	Kebutuhan kerikil (dihitung)	$995,635 \text{ kg/m}^3$

Kesimpulan :

Tiap  $1\text{m}^3$  dibutuhkan :

- air = 180 lt

- pasir = 865,365 kg

- semen = 334 kg

- kerikil = 995,635 kg

Volume sampel I = Batang tepi 2 x 4,8 x 0,08 x 0,06 = 0,0461 m<sup>3</sup>

Batang transversal = (0,4-0,16) x 0,06 x 0,06 x 13 = 0,0123 m<sup>3</sup>

Volume total = 0,0461 + 0,0123 = 0,05733 m<sup>3</sup>

Jadi kebutuhan air = 180 x 0,05733 = 10,32 lt

Semen = 334 x 0,05733 = 19,15 kg

Pasir = 865,365 x 0,05733 = 49,61 kg

Kerikil = 995,635 x 0,05733 = 57,08 kg







**PERBANDINGAN HASIL ANALISIS SAP 2000 TERHADAP HASIL ANALISIS METODE PORTAL**

**TABEL PERBANDINGAN BENDA UJI 1**

(akibat beban luar 1 kN)

Batang	Gaya Aksial			Gaya Geser			Momen						
	Transversal	Metode Portal	SAP	rasio	Metode Portal	SAP	rasio	Metode Portal	SAP(M <sub>j</sub> )	SAP(M <sub>j</sub> )	rasio(M <sub>j</sub> )	rasio(M <sub>j</sub> )	Rata-rata
1	0.250	0.248	0.992	0.250	0.305	1.220	0.050	0.061	0.061	0.061	1.224	1.216	1.220
2	0	0.003	1.000	0.500	0.445	0.890	0.100	0.089	0.089	0.089	0.891	0.889	0.890
3	0	0.003	1.000	0.500	0.468	0.936	0.100	0.094	0.094	0.094	0.937	0.937	0.937
4	0	0.005	1.000	0.500	0.431	0.862	0.100	0.086	0.086	0.086	0.862	0.864	0.863
5	0.250	0.243	0.972	0.250	0.245	0.980	0.050	0.049	0.049	0.049	0.982	0.982	0.982
6	0	0.005	1.000	0	0.056	1.000	0	0.011	0.011	0.011	1.000	1.000	1.000
7	0	0.003	1.000	0	0.000	1.000	0	0.000	0.000	0.000	1.000	1.000	1.000
8	0	0.005	1.000	0	0.056	1.000	0	0.011	0.011	0.011	1.000	1.000	1.000
9	0.250	0.243	0.972	0.250	0.245	0.980	0.050	0.049	0.049	0.049	0.982	0.982	0.982
10	0	0.005	1.000	0.500	0.431	0.862	0.100	0.086	0.086	0.086	0.862	0.864	0.863
11	0	0.003	1.000	0.500	0.468	0.936	0.100	0.094	0.094	0.094	0.937	0.937	0.937
12	0	0.003	1.000	0.500	0.445	0.890	0.100	0.089	0.089	0.089	0.891	0.889	0.890
13	0.250	0.248	0.992	0.250	0.305	1.220	0.050	0.061	0.061	0.061	1.224	1.216	1.220
tepi													
14	0.250	0.305	1.220	0.250	0.252	1.008	0.050	0.061	0.061	0.061	1.224	1.216	1.220
15	0.250	0.305	1.220	0.250	0.248	0.992	0.050	0.061	0.061	0.061	1.224	1.216	1.220
16	0.750	0.750	1.000	0.250	0.249	0.996	0.050	0.050	0.050	0.050	0.992	0.998	0.995
17	0.750	0.750	1.000	0.250	0.251	1.004	0.050	0.050	0.050	0.050	1.006	1.004	1.005

Tabel lanjutan

Batang	Gaya Aksial			Gaya Geser			Momen						Rata-rata
	Metode Portal	SAP	rasio	Metode Portal	SAP	rasio	Metode Portal	SAP(M <sub>j</sub> )	SAP(M <sub>j</sub> )	rasio(M <sub>j</sub> )	rasio(M <sub>j</sub> )		
18	1.250	1.218	0.974	0.250	0.252	1.008	0.050	0.044	0.057	0.876	1.136	1.006	
19	1.250	1.218	0.974	0.250	0.248	0.992	0.050	0.044	0.056	0.870	1.118	0.994	
20	1.750	1.650	0.943	0.250	0.246	0.984	0.050	0.029	0.069	0.586	1.384	0.985	
21	1.750	1.650	0.943	0.250	0.254	1.016	0.050	0.031	0.071	0.610	1.420	1.015	
22	2.000	1.895	0.948	0.000	0.004	1.000	0.000	0.020	0.022	1.000	1.000	1.000	
23	2.000	1.895	0.948	0.000	0.004	1.000	0.000	0.022	0.020	1.000	1.000	1.000	
24	2.000	1.951	0.976	0.000	0.002	1.000	0.000	0.010	0.010	1.000	1.000	1.000	
25	2.000	1.951	0.976	0.000	0.002	1.000	0.000	0.009	0.010	1.000	1.000	1.000	
26	2.000	1.951	0.976	0.000	0.002	1.000	0.000	0.010	0.010	1.000	1.000	1.000	
27	2.000	1.951	0.976	0.000	0.002	1.000	0.000	0.010	0.009	1.000	1.000	1.000	
28	2.000	1.895	0.948	0.000	0.004	1.000	0.000	0.022	0.020	1.000	1.000	1.000	
29	2.000	1.895	0.948	0.000	0.004	1.000	0.000	0.022	0.022	1.000	1.000	1.000	
30	1.750	1.650	0.943	0.250	0.246	0.984	0.050	0.069	0.029	1.384	0.586	0.985	
31	1.750	1.650	0.943	0.250	0.254	1.016	0.050	0.071	0.031	1.420	0.610	1.015	
32	1.250	1.218	0.974	0.250	0.252	1.008	0.050	0.057	0.044	1.136	0.876	1.006	
33	1.250	1.218	0.974	0.250	0.248	0.992	0.050	0.056	0.044	1.118	0.870	0.994	
34	0.750	0.750	1.000	0.250	0.249	0.996	0.050	0.050	0.050	0.998	0.992	0.995	
35	0.750	0.750	1.000	0.250	0.251	1.004	0.050	0.050	0.050	1.004	1.006	1.005	
36	0.250	0.305	1.220	0.250	0.252	1.008	0.050	0.040	0.061	0.790	1.224	1.007	
37	0.250	0.305	1.220	0.250	0.248	0.992	0.050	0.039	0.061	0.772	1.216	0.994	

**PERBANDINGAN HASIL ANALISIS SAP 2000 TERHADAP HASIL ANALISIS METODE PORTAL**  
**TABEL PERBANDINGAN BENDA UJI 2**  
 (akibat beban luar 1 kN)

Batang	Gaya Aksial				Gaya Geser				Momen				
	Trans versal	Metode Portal	SAP	rasio	Metode Portal	SAP	rasio	Metode Portal	SAP(M <sub>i</sub> )	SAP(M <sub>j</sub> )	rasio(M <sub>i</sub> )	rasio(M <sub>j</sub> )	Rata-rata
1	0.250	0.250	1.000	0.500	0.554	0.903	0.100	0.111	0.111	0.111	0.250	0.250	1.000
2	0	0.001	1.000	1.000	0.848	1.179	0.200	0.170	0.170	0	0.001	0	0
3	0.250	0.248	0.992	0.500	0.473	1.057	0.100	0.095	0.095	0.095	0.250	0.248	0.992
4	0	0.002	1.000	0	0	1.000	0	0	0	0	1.000	1.000	1.000
5	0.250	0.248	0.992	0.500	0.473	1.057	0.100	0.095	0.095	0.095	0.250	0.248	0.992
6	0	0.001	1.000	1.000	0.848	1.179	0.200	0.170	0.170	0.170	0.001	0.001	0.001
7	0.250	0.250	1.000	0.500	0.554	0.903	0.100	0.111	0.111	0.111	0.250	0.250	1.000
8	0.500	0.554	1.108	0.250	0.250	1.000	0.050	0.111	0.089	0.089	0.500	0.554	1.108
9	0.500	0.554	1.108	0.250	0.250	1.000	0.050	0.111	0.089	0.089	0.500	0.554	1.108
10	1.500	1.402	0.935	0.250	0.249	1.004	0.050	0.080	0.119	0.119	1.500	1.402	0.935
11	1.500	1.402	0.935	0.250	0.251	0.996	0.050	0.081	0.120	0.120	1.500	1.402	0.935
12	2.000	1.875	0.938	1.000	0.001	1.000	0	0.025	0.025	0.025	2.000	1.875	0.938
13	2.000	1.875	0.938	1.000	0.001	1.000	0	0.025	0.025	0.025	2.000	1.875	0.938
14	2.000	1.875	0.938	1.000	0.001	1.000	0	0.025	0.025	0.025	2.000	1.875	0.938
15	2.000	1.875	0.938	1.000	0.001	1.000	0	0.025	0.025	0.025	2.000	1.875	0.938
16	1.500	1.402	0.935	0.250	0.249	1.004	0.050	0.119	0.080	0.080	1.500	1.402	0.935

Tabel lanjutan

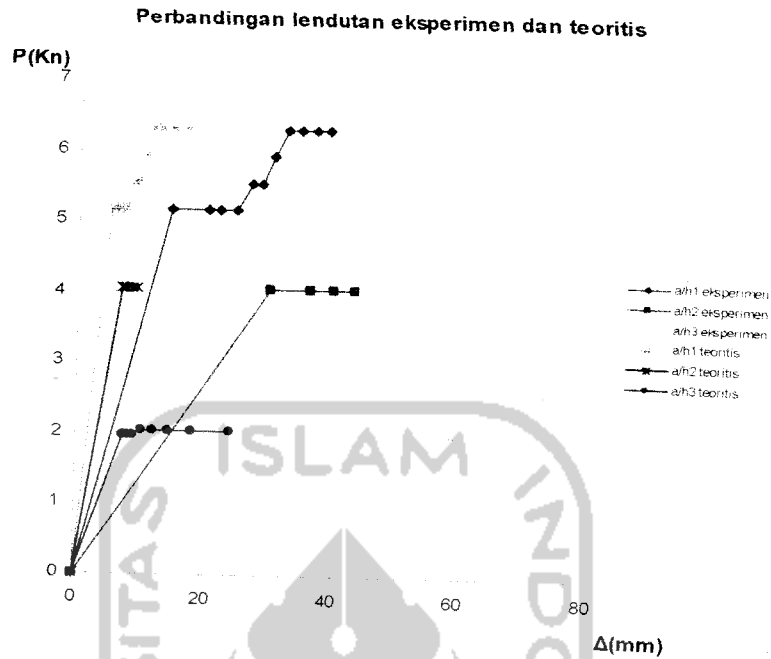
Batang	Gaya Aksial			Gaya Geser			Momen					
	Metode Portal	SAP	rasio	Metode Portal	SAP	rasio	Metode Portal	SAP(M <sub>j</sub> )	SAP(M <sub>j</sub> )	rasio(M <sub>j</sub> )	rasio(M <sub>j</sub> )	Rata-rata
17	1.500	1.402	0.935	0.250	0.251	0.996	0.050	0.120	0.081	2.396	1.616	2.006
18	0.500	0.554	1.108	0.250	0.250	1.000	0.050	0.089	0.111	1.788	2.220	2.004
19	0.500	0.554	1.108	0.250	0.250	1.000	0.050	0.089	0.111	1.778	2.216	1.997



**PERBANDINGAN HASIL ANALISIS SAP 2000 TERHADAP HASIL ANALISIS METODE PORTAL**  
**TABEL PERBANDINGAN BENDA UJI 3**  
**(akibat beban luar 1 kN)**

Batang	Gaya Aksial			Gaya Geser			Momen						
	Transversal	Metode Portal	SAP	rasio	Metode Portal	SAP	rasio	Metode Portal	SAP(M <sub>i</sub> )	SAP(M <sub>j</sub> )	rasio(M <sub>i</sub> )	rasio(M <sub>j</sub> )	Rata-rata
1	0.250	0.250	1.000	1.000	0.972	1.029	0.200	0.194	0.194	0.194	0.972	0.972	0.972
2	0.250	0.250	1.000	1.000	0.829	1.206	0.200	0.166	0.166	0.166	0.830	0.830	0.830
3	0.250	0.250	1.000	1.000	0.829	1.206	0.200	0.166	0.166	0.166	0.830	0.830	0.830
4	0.250	0.250	1.000	1.000	0.972	1.029	0.200	0.194	0.194	0.194	0.972	0.972	0.972
Tepi													
5	1.000	0.972	1.029	0.250	0.250	1.000	0.400	0.194	0.206	0.206	0.486	0.514	0.500
6	1.000	0.972	1.029	0.250	0.250	1.000	0.400	0.194	0.206	0.206	0.486	0.514	0.500
7	2.000	1.802	1.110	0.000	0.000	1.000	0.000	0.040	0.040	0.040	0.000	0.000	0.000
8	2.000	1.802	1.110	0.000	0.000	1.000	0.000	0.040	0.040	0.040	0.000	0.000	0.000
9	1.000	0.972	1.029	0.250	0.250	1.000	0.400	0.206	0.194	0.194	0.514	0.486	0.500
10	1.000	0.972	1.029	0.250	0.250	1.000	0.400	0.206	0.194	0.194	0.514	0.486	0.500

## Grafik regresi beban lendutan eksperimen dan teoritis



### Nilai kekakuan balok Vierendeel hasil eksperimen

Benda uji	$K = P/\Delta$	$K_i/K_1$	ket
	kN/mm		
1	0.377	1	a/h = 1
2	0.139	0.369	a/h = 2
3	0.064	0.170	a/h = 4

### Nilai kekakuan balok Vierendeel teoritis

Benda uji	$K = P/\Delta$	$K_i/K_1$	ket
	kN/mm		
1	1.018	1.000	a/h = 1
2	0.600	0.589	a/h = 2
3	0.271	0.266	a/h = 4

### Rasio K teoritis terhadap K hasil eksperimen

Benda uji	$K \text{ teori} / K \text{ eksperimen}$	$R_i/R_1$
1	2.653	1.000
2	4.240	1.599
3	4.160	1.568

Kapasitas lentur batang tepi atas teoritis

benda uji	Ncr	N	M	Nekiv	Naktual	M	keterangan
	kN	kNm	kNm	kN	kN	kNm	
1	10,485	6,005	4,194	0,874	9,611	3,845	a/h = 1
2	11,157	6,349	4,463	0,930	10,227	4,091	a/h = 2
3	10,278	5,903	4,111	0,857	9,422	3,769	a/h = 4

Kapasitas lentur batang tepi bawah

benda uji	T	M
	kN	kNm
1	29,828	11,931
2	29,828	11,931
3	29,828	11,931

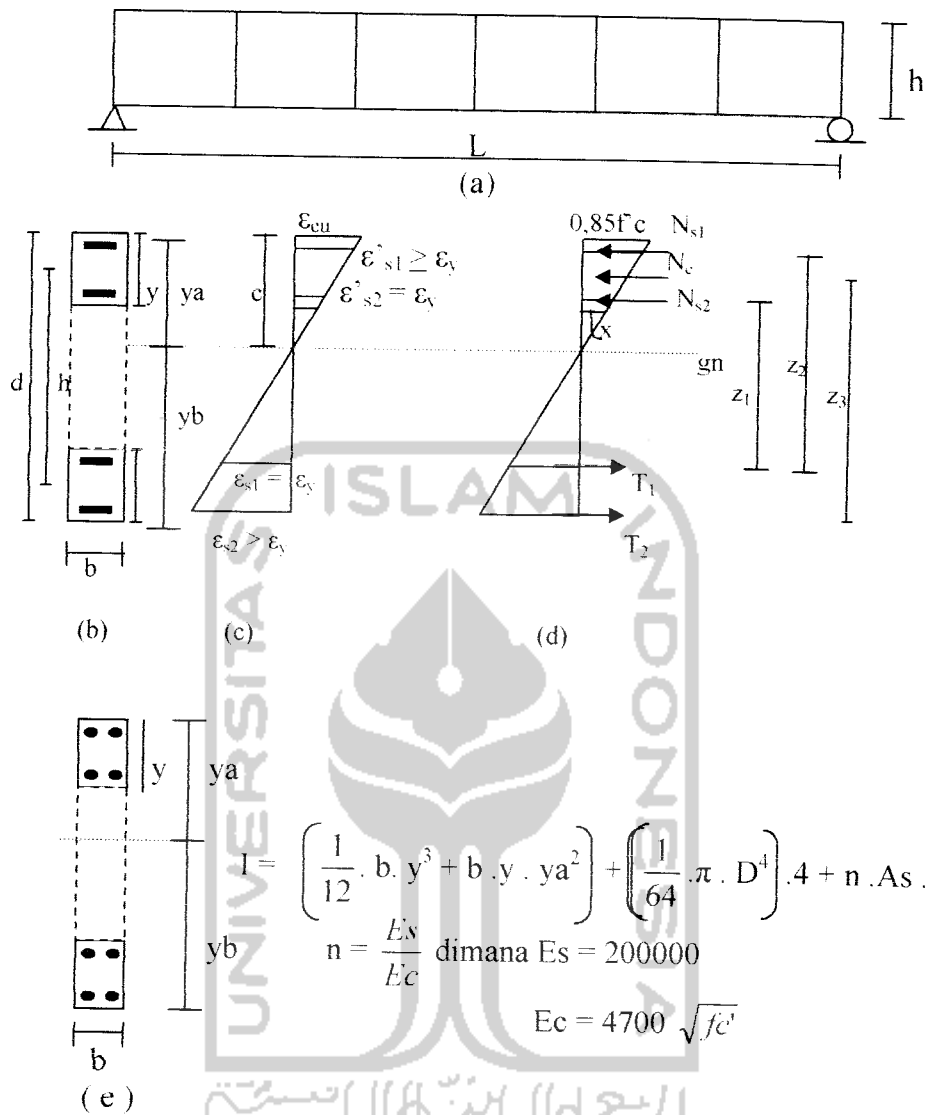
Momen lentur hasil eksperimen

benda uji	P	M	keterangan
	kN	kNm	
1	5,172	4,138	a/h = 1
2	4,050	3,240	a/h = 2
3	1,970	1,576	a/h = 4

Rasio momen lentur teoritis terhadap momen lentur eksperimen

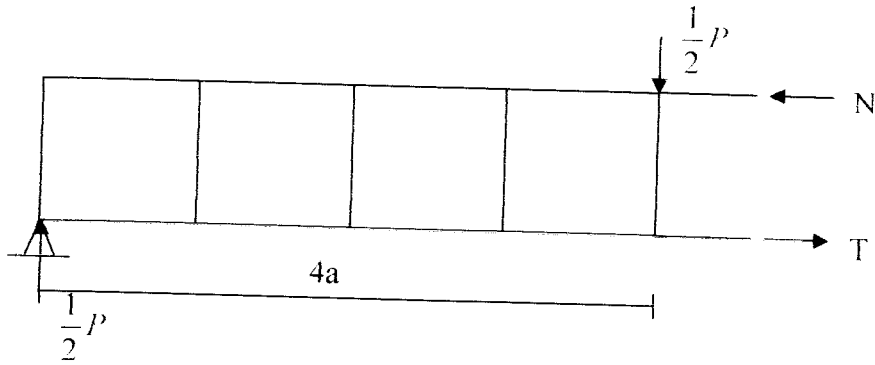
benda uji	Mteori	Mekp	rasio
	kNm	kNm	
1	3,845	4,138	0,929164
2	4,091	3,240	1,262584
3	3,769	1,576	2,39135





Kapasitas lentur balok Vierendeel

benda uji	N <sub>cr</sub>	N	T	M	N <sub>ekiv</sub>	N <sub>aktual</sub>	M	keterangan
1	1,083	7,042	2,588	1,035	0,216	0,867	0,347	a/h = 1
2	2,301	7,042	2,588	1,035	0,216	2,085	0,834	a/h = 2
3	4,236	7,042	2,588	1,035	0,216	4,020	1,608	a/h = 4

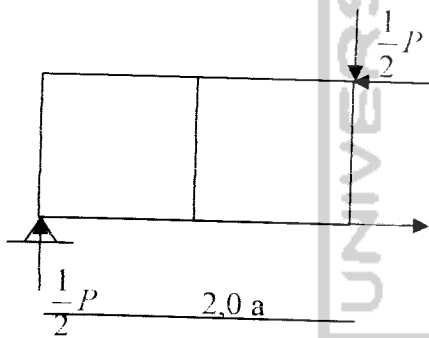


$$\frac{1}{2}P \cdot 4 \frac{1}{2}a - \frac{1}{2}P \times \frac{1}{2}a - N \cdot h = 0$$

$$2 \frac{1}{4}Pa - \frac{1}{4}Pa = N \cdot h$$

$$2Pa = N \cdot h$$

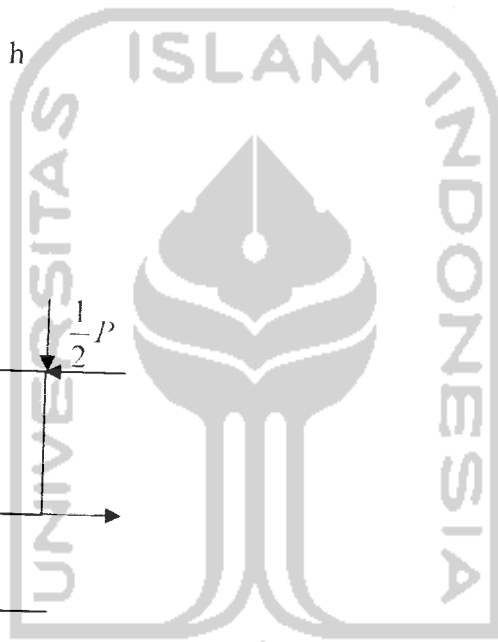
$$N = 2 \frac{Pa}{h}$$



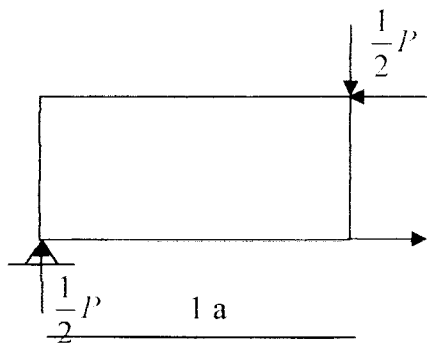
$$\frac{1}{2}P \cdot 2 \frac{1}{2}a - \frac{1}{2}P \times \frac{1}{2}a - N \cdot h = 0$$

$$1 \frac{1}{4}Pa - \frac{1}{4}Pa = N \cdot h$$

$$N = \frac{Pa}{h}$$



الجامعة الإسلامية  
الابن سينا



$$\frac{1}{2}P \times \frac{1}{2}a - \frac{1}{2}P \times \frac{1}{2}a - N \cdot h = 0$$

$$\frac{3}{4}Pa - \frac{1}{4}Pa = N \cdot h$$

$$N = \frac{1}{2} \frac{Pa}{h}$$

Momen lentur hasil eksperimen

benda uji	P kN	M kNm	keterangan
1	5,172	12,654	a/h = 1
2	4,050	8,1	a/h = 2
3	1,970	3,94	a/h = 4



**LAMPIRAN 6**  
**HASIL HITUNGAN SAP**

**TABLE: Element Forces - Frames**  
**Benda Uji 1 P = 6,33 kN**

Frame	Station	OutputCase	P	V2	M3
			kN	kN	kN
Transversal					
1	0,000	COMB1	-3,341	-3,992	-0,8008
1	0,200	COMB1	-3,320	-3,992	-0,0025
1	0,400	COMB1	-3,298	-3,992	0,7958
2	0,000	COMB1	-0,059	-5,762	-1,1535
2	0,200	COMB1	-0,038	-5,762	-0,0011
2	0,400	COMB1	-0,016	-5,762	1,1513
3	0,000	COMB1	0,015	-5,953	-1,1906
3	0,200	COMB1	0,036	-5,953	0,0000
3	0,400	COMB1	0,057	-5,953	1,1906
4	0,000	COMB1	-0,083	-5,395	-1,0776
4	0,200	COMB1	-0,062	-5,395	0,0014
4	0,400	COMB1	-0,041	-5,395	1,0804
5	0,000	COMB1	-2,798	-3,114	-0,6228
5	0,200	COMB1	-2,776	-3,114	0,0000
5	0,400	COMB1	-2,755	-3,114	0,6228
6	0,000	COMB1	-0,084	-0,790	-0,1595
6	0,200	COMB1	-0,062	-0,790	-0,0014
6	0,400	COMB1	-0,041	-0,790	0,1567
7	0,000	COMB1	0,018	0,000	0,0000
7	0,200	COMB1	0,039	0,000	0,0000
7	0,400	COMB1	0,060	0,000	0,0000
8	0,000	COMB1	-0,084	0,790	0,1595
8	0,200	COMB1	-0,062	0,790	0,0014
8	0,400	COMB1	-0,041	0,790	-0,1567
9	0,000	COMB1	-2,798	3,114	0,6228
9	0,200	COMB1	-2,776	3,114	0,0000
9	0,400	COMB1	-2,755	3,114	-0,6228
10	0,000	COMB1	-0,083	5,395	1,0776
10	0,200	COMB1	-0,062	5,395	-0,0014
10	0,400	COMB1	-0,041	5,395	-1,0804
11	0,000	COMB1	0,015	5,953	1,1906
11	0,200	COMB1	0,036	5,953	0,0000
11	0,400	COMB1	0,057	5,953	-1,1906
12	0,000	COMB1	-0,059	5,762	1,1535
12	0,200	COMB1	-0,038	5,762	0,0011
12	0,400	COMB1	-0,016	5,762	-1,1513
13	0,000	COMB1	-3,341	3,992	0,8008
13	0,200	COMB1	-3,320	3,992	0,0025
13	0,400	COMB1	-3,298	3,992	-0,7958
Tepi					
14	0,000	COMB1	3,992	-3,340	-0,8008
14	0,400	COMB1	3,992	-3,283	0,5237
15	0,000	COMB1	-3,992	-3,298	-0,7958
15	0,400	COMB1	-3,992	-3,242	0,5122
16	0,000	COMB1	9,754	-3,224	-0,6298
16	0,400	COMB1	9,754	-3,168	0,6485
17	0,000	COMB1	-9,754	-3,258	-0,6391
17	0,400	COMB1	-9,754	-3,201	0,6527
18	0,000	COMB1	15,707	-3,182	-0,5421

Tabel Lanjutan

18	0,400	COMB1	15,707	-3,126	0,7194
19	0,000	COMB1	-15,707	-3,144	-0,5379
19	0,400	COMB1	-15,707	-3,087	0,7084
20	0,000	COMB1	21,102	-3,042	-0,3582
20	0,400	COMB1	21,102	-2,986	0,8474
21	0,000	COMB1	-21,102	-3,128	-0,3720
21	0,400	COMB1	-21,102	-3,071	0,8678
22	0,000	COMB1	24,216	-0,188	0,2246
22	0,400	COMB1	24,216	-0,131	0,2885
23	0,000	COMB1	-24,216	-0,102	0,2450
23	0,400	COMB1	-24,216	-0,046	0,2746
24	0,000	COMB1	25,006	-0,048	0,1291
24	0,400	COMB1	25,006	0,009	0,1368
25	0,000	COMB1	-25,006	-0,087	0,1179
25	0,400	COMB1	-25,006	-0,030	0,1414
26	0,000	COMB1	25,006	-0,009	0,1368
26	0,400	COMB1	25,006	0,048	0,1291
27	0,000	COMB1	-25,006	0,030	0,1414
27	0,400	COMB1	-25,006	0,087	0,1179
28	0,000	COMB1	24,216	0,131	0,2885
28	0,400	COMB1	24,216	0,188	0,2246
29	0,000	COMB1	-24,216	0,046	0,2746
29	0,400	COMB1	-24,216	0,102	0,2450
30	0,000	COMB1	21,102	2,986	0,8474
30	0,400	COMB1	21,102	3,042	-0,3582
31	0,000	COMB1	-21,102	3,071	0,8678
31	0,400	COMB1	-21,102	3,128	-0,3720
32	0,000	COMB1	15,707	3,126	0,7194
32	0,400	COMB1	15,707	3,182	-0,5421
33	0,000	COMB1	-15,707	3,087	0,7084
33	0,400	COMB1	-15,707	3,144	-0,5379
34	0,000	COMB1	9,754	3,168	0,6485
34	0,400	COMB1	9,754	3,224	-0,6298
35	0,000	COMB1	-9,754	3,201	0,6527
35	0,400	COMB1	-9,754	3,258	-0,6391
36	0,000	COMB1	3,992	3,283	0,5237
36	0,400	COMB1	3,992	3,340	-0,8008
37	0,000	COMB1	-3,992	3,242	0,5122
37	0,400	COMB1	-3,992	3,298	-0,7958

**TABLE: Element Forces - Frames**  
**Benda Uji I P = 6,33**

Frame	Station	OutputCase	P kN	V2 kN	M3 kN
Transversal					
1	0,000	LIVE	-1,573	-1,930	-0,3872
1	0,200	LIVE	-1,573	-1,930	-0,0012
1	0,400	LIVE	-1,573	-1,930	0,3848
2	0,000	LIVE	-0,018	-2,817	-0,5639
2	0,200	LIVE	-0,018	-2,817	-0,0005
2	0,400	LIVE	-0,018	-2,817	0,5628
3	0,000	LIVE	0,019	-2,965	-0,5930
3	0,200	LIVE	0,019	-2,965	0,0000
3	0,400	LIVE	0,019	-2,965	0,5929
4	0,000	LIVE	-0,034	-2,731	-0,5455
4	0,200	LIVE	-0,034	-2,731	0,0008
4	0,400	LIVE	-0,034	-2,731	0,5470
5	0,000	LIVE	-1,535	-1,553	-0,3105
5	0,200	LIVE	-1,535	-1,553	0,0000
5	0,400	LIVE	-1,535	-1,553	0,3105
6	0,000	LIVE	-0,035	-0,352	-0,0712
6	0,200	LIVE	-0,035	-0,352	-0,0008
6	0,400	LIVE	-0,035	-0,352	0,0697
7	0,000	LIVE	0,022	0,000	0,0000
7	0,200	LIVE	0,022	0,000	0,0000
7	0,400	LIVE	0,022	0,000	0,0000
8	0,000	LIVE	-0,035	0,352	0,0712
8	0,200	LIVE	-0,035	0,352	0,0008
8	0,400	LIVE	-0,035	0,352	-0,0697
9	0,000	LIVE	-1,535	1,553	0,3105
9	0,200	LIVE	-1,535	1,553	0,0000
9	0,400	LIVE	-1,535	1,553	-0,3105
10	0,000	LIVE	-0,034	2,731	0,5455
10	0,200	LIVE	-0,034	2,731	-0,0008
10	0,400	LIVE	-0,034	2,731	-0,5470
11	0,000	LIVE	0,019	2,965	0,5930
11	0,200	LIVE	0,019	2,965	0,0000
11	0,400	LIVE	0,019	2,965	-0,5929
12	0,000	LIVE	-0,018	2,817	0,5639
12	0,200	LIVE	-0,018	2,817	0,0005
12	0,400	LIVE	-0,018	2,817	-0,5628
13	0,000	LIVE	-1,573	1,930	0,3872
13	0,200	LIVE	-1,573	1,930	0,0012
13	0,400	LIVE	-1,573	1,930	-0,3848
Tepi					
14	0,000	LIVE	1,930	-1,592	-0,3872
14	0,400	LIVE	1,930	-1,592	0,2498
15	0,000	LIVE	-1,930	-1,573	-0,3848
15	0,400	LIVE	-1,930	-1,573	0,2443
16	0,000	LIVE	4,747	-1,574	-0,3141
16	0,400	LIVE	4,747	-1,574	0,3156
17	0,000	LIVE	-4,747	-1,591	-0,3185
17	0,400	LIVE	-4,747	-1,591	0,3178
18	0,000	LIVE	7,711	-1,593	-0,2774

Tabel Lanjutan

18	0,400	LIVE	7,711	-1,593	0,3598
19	0,000	LIVE	-7,711	-1,572	-0,2752
19	0,400	LIVE	-7,711	-1,572	0,3537
20	0,000	LIVE	10,442	-1,559	-0,1857
20	0,400	LIVE	10,442	-1,559	0,4379
21	0,000	LIVE	-10,442	-1,606	-0,1933
21	0,400	LIVE	-10,442	-1,606	0,4491
22	0,000	LIVE	11,995	-0,024	0,1273
22	0,400	LIVE	11,995	-0,024	0,1368
23	0,000	LIVE	-11,995	0,024	0,1386
23	0,400	LIVE	-11,995	0,024	0,1291
24	0,000	LIVE	12,347	0,011	0,0656
24	0,400	LIVE	12,347	0,011	0,0613
25	0,000	LIVE	-12,347	-0,011	0,0595
25	0,400	LIVE	-12,347	-0,011	0,0638
26	0,000	LIVE	12,347	-0,011	0,0613
26	0,400	LIVE	12,347	-0,011	0,0656
27	0,000	LIVE	-12,347	0,011	0,0638
27	0,400	LIVE	-12,347	0,011	0,0595
28	0,000	LIVE	11,995	0,024	0,1368
28	0,400	LIVE	11,995	0,024	0,1273
29	0,000	LIVE	-11,995	-0,024	0,1291
29	0,400	LIVE	-11,995	-0,024	0,1386
30	0,000	LIVE	10,442	1,559	0,4379
30	0,400	LIVE	10,442	1,559	-0,1857
31	0,000	LIVE	-10,442	1,606	0,4491
31	0,400	LIVE	-10,442	1,606	-0,1933
32	0,000	LIVE	7,711	1,593	0,3598
32	0,400	LIVE	7,711	1,593	-0,2774
33	0,000	LIVE	-7,711	1,572	0,3537
33	0,400	LIVE	-7,711	1,572	-0,2752
34	0,000	LIVE	4,747	1,574	0,3156
34	0,400	LIVE	4,747	1,574	-0,3141
35	0,000	LIVE	-4,747	1,591	0,3178
35	0,400	LIVE	-4,747	1,591	-0,3185
36	0,000	LIVE	1,930	1,592	0,2498
36	0,400	LIVE	1,930	1,592	-0,3872
37	0,000	LIVE	-1,930	1,573	0,2443
37	0,400	LIVE	-1,930	1,573	-0,3848



**TABLE: Element Forces - Frames**  
**Benda Uji I P = 6,33 kN**

Frame	Station	OutputCase	P	V2	M3
			kN	kN	kN
Transversal					
1	0,000	DEAD	-0,687	-0,753	-0,1511
1	0,200	DEAD	-0,669	-0,753	-0,0005
1	0,400	DEAD	-0,652	-0,753	0,1501
2	0,000	DEAD	-0,025	-1,046	-0,2095
2	0,200	DEAD	-0,007	-1,046	-0,0002
2	0,400	DEAD	0,011	-1,046	0,2090
3	0,000	DEAD	-0,013	-1,008	-0,2015
3	0,200	DEAD	0,005	-1,008	0,0000
3	0,400	DEAD	0,023	-1,008	0,2016
4	0,000	DEAD	-0,024	-0,854	-0,1707
4	0,200	DEAD	-0,006	-0,854	0,0001
4	0,400	DEAD	0,011	-0,854	0,1710
5	0,000	DEAD	-0,284	-0,525	-0,1050
5	0,200	DEAD	-0,267	-0,525	0,0000
5	0,400	DEAD	-0,249	-0,525	0,1050
6	0,000	DEAD	-0,024	-0,189	-0,0380
6	0,200	DEAD	-0,006	-0,189	-0,0001
6	0,400	DEAD	0,012	-0,189	0,0377
7	0,000	DEAD	-0,014	0,000	0,0000
7	0,200	DEAD	0,004	0,000	0,0000
7	0,400	DEAD	0,021	0,000	0,0000
8	0,000	DEAD	-0,024	0,189	0,0380
8	0,200	DEAD	-0,006	0,189	0,0001
8	0,400	DEAD	0,012	0,189	-0,0377
9	0,000	DEAD	-0,284	0,525	0,1050
9	0,200	DEAD	-0,267	0,525	0,0000
9	0,400	DEAD	-0,249	0,525	-0,1050
10	0,000	DEAD	-0,024	0,854	0,1707
10	0,200	DEAD	-0,006	0,854	-0,0001
10	0,400	DEAD	0,011	0,854	-0,1710
11	0,000	DEAD	-0,013	1,008	0,2015
11	0,200	DEAD	0,005	1,008	0,0000
11	0,400	DEAD	0,023	1,008	-0,2016
12	0,000	DEAD	-0,025	1,046	0,2095
12	0,200	DEAD	-0,007	1,046	0,0002
12	0,400	DEAD	0,011	1,046	-0,2090
13	0,000	DEAD	-0,687	0,753	0,1511
13	0,200	DEAD	-0,669	0,753	0,0005
13	0,400	DEAD	-0,652	0,753	-0,1501
Tepi					
14	0,000	DEAD	0,753	-0,660	-0,1511
14	0,400	DEAD	0,753	-0,613	0,1034
15	0,000	DEAD	-0,753	-0,652	-0,1501
15	0,400	DEAD	-0,753	-0,604	0,1011
16	0,000	DEAD	1,799	-0,588	-0,1061
16	0,400	DEAD	1,799	-0,541	0,1196
17	0,000	DEAD	-1,799	-0,594	-0,1079
17	0,400	DEAD	-1,799	-0,547	0,1202
18	0,000	DEAD	2,807	-0,528	-0,0819

Tabel Lanjutan

18	0,400	DEAD	2,807	-0,481	0,1198
19	0,000	DEAD	-2,807	-0,524	-0,0813
19	0,400	DEAD	-2,807	-0,477	0,1187
20	0,000	DEAD	3,661	-0,457	-0,0509
20	0,400	DEAD	3,661	-0,410	0,1224
21	0,000	DEAD	-3,661	-0,465	-0,0523
21	0,400	DEAD	-3,661	-0,418	0,1243
22	0,000	DEAD	4,186	-0,125	0,0174
22	0,400	DEAD	4,186	-0,078	0,0580
23	0,000	DEAD	-4,186	-0,117	0,0193
23	0,400	DEAD	-4,186	-0,070	0,0567
24	0,000	DEAD	4,375	-0,054	0,0200
24	0,400	DEAD	4,375	-0,007	0,0323
25	0,000	DEAD	-4,375	-0,058	0,0190
25	0,400	DEAD	-4,375	-0,011	0,0327
26	0,000	DEAD	4,375	0,007	0,0323
26	0,400	DEAD	4,375	0,054	0,0200
27	0,000	DEAD	-4,375	0,011	0,0327
27	0,400	DEAD	-4,375	0,058	0,0190
28	0,000	DEAD	4,186	0,078	0,0580
28	0,400	DEAD	4,186	0,125	0,0174
29	0,000	DEAD	-4,186	0,070	0,0567
29	0,400	DEAD	-4,186	0,117	0,0193
30	0,000	DEAD	3,661	0,410	0,1224
30	0,400	DEAD	3,661	0,457	-0,0509
31	0,000	DEAD	-3,661	0,418	0,1243
31	0,400	DEAD	-3,661	0,465	-0,0523
32	0,000	DEAD	2,807	0,481	0,1198
32	0,400	DEAD	2,807	0,528	-0,0819
33	0,000	DEAD	-2,807	0,477	0,1187
33	0,400	DEAD	-2,807	0,524	-0,0813
34	0,000	DEAD	1,799	0,541	0,1196
34	0,400	DEAD	1,799	0,588	-0,1061
35	0,000	DEAD	-1,799	0,547	0,1202
35	0,400	DEAD	-1,799	0,594	-0,1079
36	0,000	DEAD	0,753	0,613	0,1034
36	0,400	DEAD	0,753	0,660	-0,1511
37	0,000	DEAD	-0,753	0,604	0,1011
37	0,400	DEAD	-0,753	0,652	-0,1501

Tabel Lanjutan

18	0,400	COMB1	13,450	-2,659	0,6141
19	0,000	COMB1	-13,450	-2,684	-0,4573
19	0,400	COMB1	-13,450	-2,627	0,6049
20	0,000	COMB1	18,045	-2,586	-0,3038
20	0,400	COMB1	18,045	-2,529	0,7193
21	0,000	COMB1	-18,045	-2,658	-0,3154
21	0,400	COMB1	-18,045	-2,601	0,7364
22	0,000	COMB1	20,705	-0,181	0,1873
22	0,400	COMB1	20,705	-0,124	0,2485
23	0,000	COMB1	-20,705	-0,109	0,2044
23	0,400	COMB1	-20,705	-0,053	0,2368
24	0,000	COMB1	21,392	-0,051	0,1098
24	0,400	COMB1	21,392	0,006	0,1189
25	0,000	COMB1	-21,392	-0,084	0,1005
25	0,400	COMB1	-21,392	-0,027	0,1227
26	0,000	COMB1	21,392	-0,006	0,1189
26	0,400	COMB1	21,392	0,051	0,1098
27	0,000	COMB1	-21,392	0,027	0,1227
27	0,400	COMB1	-21,392	0,084	0,1005
28	0,000	COMB1	20,705	0,124	0,2485
28	0,400	COMB1	20,705	0,181	0,1873
29	0,000	COMB1	-20,705	0,053	0,2368
29	0,400	COMB1	-20,705	0,109	0,2044
30	0,000	COMB1	18,045	2,529	0,7193
30	0,400	COMB1	18,045	2,586	-0,3038
31	0,000	COMB1	-18,045	2,601	0,7364
31	0,400	COMB1	-18,045	2,658	-0,3154
32	0,000	COMB1	13,450	2,659	0,6141
32	0,400	COMB1	13,450	2,716	-0,4609
33	0,000	COMB1	-13,450	2,627	0,6049
33	0,400	COMB1	-13,450	2,684	-0,4573
34	0,000	COMB1	8,364	2,707	0,5561
34	0,400	COMB1	8,364	2,763	-0,5379
35	0,000	COMB1	-8,364	2,736	0,5597
35	0,400	COMB1	-8,364	2,792	-0,5459
36	0,000	COMB1	3,427	2,817	0,4506
36	0,400	COMB1	-3,427	2,874	-0,6875
37	0,000	COMB1	-3,427	2,781	0,4407
37	0,400	COMB1	-3,427	2,838	-0,6832

**TABLE: Element Forces - Frames**  
**Benda Uji I P = 5,172 kN**

Frame	Station	OutputCase	P	V2	M3
			kN	kN	kN
Transversa					
1	0,000	LIVE	-1,285	-1,577	-0,3163
1	0,200	LIVE	-1,285	-1,577	-0,0010
1	0,400	LIVE	-1,285	-1,577	0,3144
2	0,000	LIVE	-0,015	-2,301	-0,4607
2	0,200	LIVE	-0,015	-2,301	-0,0004
2	0,400	LIVE	-0,015	-2,301	0,4599
3	0,000	LIVE	0,015	-2,422	-0,4845
3	0,200	LIVE	0,015	-2,422	0,0000
3	0,400	LIVE	0,015	-2,422	0,4845
4	0,000	LIVE	-0,028	-2,232	-0,4457
4	0,200	LIVE	-0,028	-2,232	0,0006
4	0,400	LIVE	-0,028	-2,232	0,4469
5	0,000	LIVE	-1,254	-1,269	-0,2537
5	0,200	LIVE	-1,254	-1,269	0,0000
5	0,400	LIVE	-1,254	-1,269	0,2537
6	0,000	LIVE	-0,028	-0,288	-0,0582
6	0,200	LIVE	-0,028	-0,288	-0,0006
6	0,400	LIVE	-0,028	-0,288	0,0569
7	0,000	LIVE	0,018	0,000	0,0000
7	0,200	LIVE	0,018	0,000	0,0000
7	0,400	LIVE	0,018	0,000	0,0000
8	0,000	LIVE	-0,028	0,288	0,0582
8	0,200	LIVE	-0,028	0,288	0,0006
8	0,400	LIVE	-0,028	0,288	-0,0569
9	0,000	LIVE	-1,254	1,269	0,2537
9	0,200	LIVE	-1,254	1,269	0,0000
9	0,400	LIVE	-1,254	1,269	-0,2537
10	0,000	LIVE	-0,028	2,232	0,4457
10	0,200	LIVE	-0,028	2,232	-0,0006
10	0,400	LIVE	-0,028	2,232	-0,4469
11	0,000	LIVE	0,015	2,422	0,4845
11	0,200	LIVE	0,015	2,422	0,0000
11	0,400	LIVE	0,015	2,422	-0,4845
12	0,000	LIVE	-0,015	2,301	0,4607
12	0,200	LIVE	-0,015	2,301	0,0004
12	0,400	LIVE	-0,015	2,301	-0,4599
13	0,000	LIVE	-1,285	1,577	0,3163
13	0,200	LIVE	-1,285	1,577	0,0010
13	0,400	LIVE	-1,285	1,577	-0,3144
Tepi					
14	0,000	LIVE	1,577	-1,301	-0,3163
14	0,400	LIVE	1,577	-1,301	0,2041
15	0,000	LIVE	-1,577	-1,285	-0,3144
15	0,400	LIVE	-1,577	-1,285	0,1996
16	0,000	LIVE	3,878	-1,286	-0,2566
16	0,400	LIVE	3,878	-1,286	0,2579
17	0,000	LIVE	-3,878	-1,300	-0,2603
17	0,400	LIVE	-3,878	-1,300	0,2596
18	0,000	LIVE	6,301	-1,301	-0,2266

Tabel Lanjutan

18	0,400	LIVE	6,301	-1,301	0,2939
19	0,000	LIVE	-6,301	-1,285	-0,2248
19	0,400	LIVE	-6,301	-1,285	0,2890
20	0,000	LIVE	8,532	-1,274	-0,1517
20	0,400	LIVE	8,532	-1,274	0,3578
21	0,000	LIVE	-8,532	-1,312	-0,1579
21	0,400	LIVE	-8,532	-1,312	0,3670
22	0,000	LIVE	9,801	-0,019	0,1040
22	0,400	LIVE	9,801	-0,019	0,1118
23	0,000	LIVE	-9,801	0,019	0,1133
23	0,400	LIVE	-9,801	0,019	0,1055
24	0,000	LIVE	10,088	0,009	0,0536
24	0,400	LIVE	10,088	0,009	0,0501
25	0,000	LIVE	-10,088	-0,009	0,0486
25	0,400	LIVE	-10,088	-0,009	0,0521
26	0,000	LIVE	10,088	-0,009	0,0501
26	0,400	LIVE	10,088	-0,009	0,0536
27	0,000	LIVE	-10,088	0,009	0,0521
27	0,400	LIVE	-10,088	0,009	0,0486
28	0,000	LIVE	9,801	0,019	0,1118
28	0,400	LIVE	9,801	0,019	0,1040
29	0,000	LIVE	-9,801	-0,019	0,1055
29	0,400	LIVE	-9,801	-0,019	0,1133
30	0,000	LIVE	8,532	1,274	0,3578
30	0,400	LIVE	8,532	1,274	-0,1517
31	0,000	LIVE	-8,532	1,312	0,3670
31	0,400	LIVE	-8,532	1,312	-0,1579
32	0,000	LIVE	6,301	1,301	0,2939
32	0,400	LIVE	6,301	1,301	-0,2266
33	0,000	LIVE	-6,301	1,285	0,2890
33	0,400	LIVE	-6,301	1,285	-0,2248
34	0,000	LIVE	3,878	1,286	0,2579
34	0,400	LIVE	3,878	1,286	-0,2566
35	0,000	LIVE	-3,878	1,300	0,2596
35	0,400	LIVE	-3,878	1,300	-0,2603
36	0,000	LIVE	1,577	1,301	0,2041
36	0,400	LIVE	1,577	1,301	-0,3163
37	0,000	LIVE	-1,577	1,285	0,1996
37	0,400	LIVE	-1,577	1,285	-0,3144

**TABLE: Element Forces - Frames**  
**Benda Uji I P = 5,172 kN**

Frame	Station	OutputCase	P	V2	M3
			kN	kN	kN
Transversal					
1	0	DEAD	-0,687	-0,753	-0,1511
1	0,2	DEAD	-0,669	-0,753	-0,0005029
1	0,4	DEAD	-0,652	-0,753	0,1501
2	0	DEAD	-0,025	-1,046	-0,2095
2	0,2	DEAD	-0,007192	-1,046	-0,0002319
2	0,4	DEAD	0,011	-1,046	0,209
3	0	DEAD	-0,013	-1,008	-0,2015
3	0,2	DEAD	0,005183	-1,008	0,00002069
3	0,4	DEAD	0,023	-1,008	0,2016
4	0	DEAD	-0,024	-0,854	-0,1707
4	0,2	DEAD	-0,006273	-0,854	0,000129
4	0,4	DEAD	0,011	-0,854	0,171
5	0	DEAD	-0,284	-0,525	-0,105
5	0,2	DEAD	-0,267	-0,525	6,578E-07
5	0,4	DEAD	-0,249	-0,525	0,105
6	0	DEAD	-0,024	-0,189	-0,038
6	0,2	DEAD	-0,006011	-0,189	-0,0001328
6	0,4	DEAD	0,012	-0,189	0,0377
7	0	DEAD	-0,014	-1,482E-14	-2,949E-15
7	0,2	DEAD	0,003768	-1,482E-14	1,527E-17
7	0,4	DEAD	0,021	-1,482E-14	2,98E-15
8	0	DEAD	-0,024	0,189	0,038
8	0,2	DEAD	-0,006011	0,189	0,0001328
8	0,4	DEAD	0,012	0,189	-0,0377
9	0	DEAD	-0,284	0,525	0,105
9	0,2	DEAD	-0,267	0,525	-6,578E-07
9	0,4	DEAD	-0,249	0,525	-0,105
10	0	DEAD	-0,024	0,854	0,1707
10	0,2	DEAD	-0,006273	0,854	-0,000129
10	0,4	DEAD	0,011	0,854	-0,171
11	0	DEAD	-0,013	1,008	0,2015
11	0,2	DEAD	0,005183	1,008	-0,00002069
11	0,4	DEAD	0,023	1,008	-0,2016
12	0	DEAD	-0,025	1,046	0,2095
12	0,2	DEAD	-0,007192	1,046	0,0002319
12	0,4	DEAD	0,011	1,046	-0,209
13	0	DEAD	-0,687	0,753	0,1511
13	0,2	DEAD	-0,669	0,753	0,0005029
13	0,4	DEAD	-0,652	0,753	-0,1501
Tepi					
14	0	DEAD	0,753	-0,66	-0,1511
14	0,4	DEAD	0,753	-0,613	0,1034
15	0	DEAD	-0,753	-0,652	-0,1501
15	0,4	DEAD	-0,753	-0,604	0,1011
16	0	DEAD	1,799	-0,588	-0,1061
16	0,4	DEAD	1,799	-0,541	0,1196
17	0	DEAD	-1,799	-0,594	-0,1079
17	0,4	DEAD	-1,799	-0,547	0,1202
18	0	DEAD	2,807	-0,528	-0,0819

Tabel Lanjutan

18	0,4	DEAD	2,807	-0,481	0,1198
19	0	DEAD	-2,807	-0,524	-0,0813
19	0,4	DEAD	-2,807	-0,477	0,1187
20	0	DEAD	3,661	-0,457	-0,0509
20	0,4	DEAD	3,661	-0,41	0,1224
21	0	DEAD	-3,661	-0,465	-0,0523
21	0,4	DEAD	-3,661	-0,418	0,1243
22	0	DEAD	4,186	-0,125	0,0174
22	0,4	DEAD	4,186	-0,078	0,058
23	0	DEAD	-4,186	-0,117	0,0193
23	0,4	DEAD	-4,186	-0,07	0,0567
24	0	DEAD	4,375	-0,054	0,02
24	0,4	DEAD	4,375	-0,006972	0,0323
25	0	DEAD	-4,375	-0,058	0,019
25	0,4	DEAD	-4,375	-0,011	0,0327
26	0	DEAD	4,375	0,006972	0,0323
26	0,4	DEAD	4,375	0,054	0,02
27	0	DEAD	-4,375	0,011	0,0327
27	0,4	DEAD	-4,375	0,058	0,019
28	0	DEAD	4,186	0,078	0,058
28	0,4	DEAD	4,186	0,125	0,0174
29	0	DEAD	-4,186	0,07	0,0567
29	0,4	DEAD	-4,186	0,117	0,0193
30	0	DEAD	3,661	0,41	0,1224
30	0,4	DEAD	3,661	0,457	-0,0509
31	0	DEAD	-3,661	0,418	0,1243
31	0,4	DEAD	-3,661	0,465	-0,0523
32	0	DEAD	2,807	0,481	0,1198
32	0,4	DEAD	2,807	0,528	-0,0819
33	0	DEAD	-2,807	0,477	0,1187
33	0,4	DEAD	-2,807	0,524	-0,0813
34	0	DEAD	1,799	0,541	0,1196
34	0,4	DEAD	1,799	0,588	-0,1061
35	0	DEAD	-1,799	0,547	0,1202
35	0,4	DEAD	-1,799	0,594	-0,1079
36	0	DEAD	0,753	0,613	0,1034
36	0,4	DEAD	0,753	0,66	-0,1511
37	0	DEAD	-0,753	0,604	0,1011
37	0,4	DEAD	-0,753	0,652	-0,1501

TABLE: Element Forces - Frames  
Benda Uji II P = 4,05 kN

Frame	Station	OutputCase	P	V2	M3
			kN	kN	kN
Transversal					
1	0,000	COMB1	-2,070	-4,365	-0,8738
1	0,200	COMB1	-2,048	-4,365	-0,0008
1	0,400	COMB1	-2,026	-4,365	0,8721
2	0,000	COMB1	-0,030	-6,469	-1,2937
2	0,200	COMB1	-0,008	-6,469	0,0001
2	0,400	COMB1	0,014	-6,469	1,2939
3	0,000	COMB1	-1,632	-3,599	-0,7199
3	0,200	COMB1	-1,610	-3,599	0,0000
3	0,400	COMB1	-1,588	-3,599	0,7199
4	0,000	COMB1	-0,032	0,000	0,0000
4	0,200	COMB1	-0,010	0,000	0,0000
4	0,400	COMB1	0,012	0,000	0,0000
5	0,000	COMB1	-1,632	3,599	0,7199
5	0,200	COMB1	-1,610	3,599	0,0000
5	0,400	COMB1	-1,588	3,599	-0,7199
6	0,000	COMB1	-0,030	6,469	1,2937
6	0,200	COMB1	-0,008	6,469	-0,0001
6	0,400	COMB1	0,014	6,469	-1,2939
7	0,000	COMB1	-2,070	4,365	0,8738
7	0,200	COMB1	-2,048	4,365	0,0008
7	0,400	COMB1	-2,026	4,365	-0,8721
Tepi					
8	0,000	COMB1	4,365	-2,033	-0,8738
8	0,400	COMB1	4,365	-1,974	-0,0724
8	0,800	COMB1	4,365	-1,915	0,7053
9	0,000	COMB1	-4,365	-2,026	-0,8721
9	0,400	COMB1	-4,365	-1,967	-0,0735
9	0,800	COMB1	-4,365	-1,908	0,7016
10	0,000	COMB1	10,834	-1,884	-0,5884
10	0,400	COMB1	10,834	-1,825	0,1535
10	0,800	COMB1	10,834	-1,766	0,8718
11	0,000	COMB1	-10,834	-1,894	-0,5923
11	0,400	COMB1	-10,834	-1,835	0,1536
11	0,800	COMB1	-10,834	-1,776	0,8759
12	0,000	COMB1	14,433	-0,134	0,1519
12	0,400	COMB1	14,433	-0,075	0,1938
12	0,800	COMB1	14,433	-0,016	0,2121
13	0,000	COMB1	-14,433	-0,124	0,1560
13	0,400	COMB1	-14,433	-0,065	0,1938
13	0,800	COMB1	-14,433	-0,006	0,2080
14	0,000	COMB1	14,433	0,016	0,2121
14	0,400	COMB1	14,433	0,075	0,1938
14	0,800	COMB1	14,433	0,134	0,1519
15	0,000	COMB1	-14,433	0,006	0,2080
15	0,400	COMB1	-14,433	0,065	0,1938
15	0,800	COMB1	-14,433	0,124	0,1560
16	0,000	COMB1	10,834	1,766	0,8718
16	0,400	COMB1	10,834	1,825	0,1535
16	0,800	COMB1	10,834	1,884	-0,5884



Tabel Lanjutan

17	0,000	COMBI	-10,834	1,776	0,8759
17	0,400	COMBI	-10,834	1,835	0,1536
17	0,800	COMBI	-10,834	1,894	-0,5923
18	0,000	COMBI	4,365	1,915	0,7053
18	0,400	COMBI	4,365	1,974	-0,0724
18	0,800	COMBI	4,365	2,033	-0,8738
19	0,000	COMBI	-4,365	1,908	0,7016
19	0,400	COMBI	-4,365	1,967	-0,0735
19	0,800	COMBI	-4,365	2,026	-0,8721



**TABLE: Element Forces - Frames**  
**Benda Uji II P = 4,05 kN**

Frame	Station	OutputCase	P	V2	M3
			kN	kN	kN
Transversal					
1	0,000	LIVE	-1,011	-2,245	-0,4495
1	0,200	LIVE	-1,011	-2,245	-0,0004
1	0,400	LIVE	-1,011	-2,245	0,4486
2	0,000	LIVE	-0,005	-3,435	-0,6868
2	0,200	LIVE	-0,005	-3,435	0,0001
2	0,400	LIVE	-0,005	-3,435	0,6870
3	0,000	LIVE	-1,006	-1,916	-0,3832
3	0,200	LIVE	-1,006	-1,916	0,0000
3	0,400	LIVE	-1,006	-1,916	0,3832
4	0,000	LIVE	-0,006	0,000	0,0000
4	0,200	LIVE	-0,006	0,000	0,0000
4	0,400	LIVE	-0,006	0,000	0,0000
5	0,000	LIVE	-1,006	1,916	0,3832
5	0,200	LIVE	-1,006	1,916	0,0000
5	0,400	LIVE	-1,006	1,916	-0,3832
6	0,000	LIVE	-0,005	3,435	0,6868
6	0,200	LIVE	-0,005	3,435	-0,0001
6	0,400	LIVE	-0,005	3,435	-0,6870
7	0,000	LIVE	-1,011	2,245	0,4495
7	0,200	LIVE	-1,011	2,245	0,0004
7	0,400	LIVE	-1,011	2,245	-0,4486
Tepi					
8	0,000	LIVE	2,245	-1,014	-0,4495
8	0,400	LIVE	2,245	-1,014	-0,0437
8	0,800	LIVE	2,245	-1,014	0,3620
9	0,000	LIVE	-2,245	-1,011	-0,4486
9	0,400	LIVE	-2,245	-1,011	-0,0443
9	0,800	LIVE	-2,245	-1,011	0,3599
10	0,000	LIVE	5,680	-1,010	-0,3249
10	0,400	LIVE	5,680	-1,010	0,0790
10	0,800	LIVE	5,680	-1,010	0,4828
11	0,000	LIVE	-5,680	-1,015	-0,3271
11	0,400	LIVE	-5,680	-1,015	0,0791
11	0,800	LIVE	-5,680	-1,015	0,4853
12	0,000	LIVE	7,596	-0,003	0,0996
12	0,400	LIVE	7,596	-0,003	0,1009
12	0,800	LIVE	7,596	-0,003	0,1021
13	0,000	LIVE	-7,596	0,003	0,1021
13	0,400	LIVE	-7,596	0,003	0,1008
13	0,800	LIVE	-7,596	0,003	0,0996
14	0,000	LIVE	7,596	0,003	0,1021
14	0,400	LIVE	7,596	0,003	0,1009
14	0,800	LIVE	7,596	0,003	0,0996
15	0,000	LIVE	-7,596	-0,003	0,0996
15	0,400	LIVE	-7,596	-0,003	0,1008
15	0,800	LIVE	-7,596	-0,003	0,1021
16	0,000	LIVE	5,680	1,010	0,4828
16	0,400	LIVE	5,680	1,010	0,0790
16	0,800	LIVE	5,680	1,010	-0,3249

Tabel Lanjutan

17	0,000	LIVE	-5,680	1,015	0,4853
17	0,400	LIVE	-5,680	1,015	0,0791
17	0,800	LIVE	-5,680	1,015	-0,3271
18	0,000	LIVE	2,245	1,014	0,3620
18	0,400	LIVE	2,245	1,014	-0,0437
18	0,800	LIVE	2,245	1,014	-0,4495
19	0,000	LIVE	-2,245	1,011	0,3599
19	0,400	LIVE	-2,245	1,011	-0,0443
19	0,800	LIVE	-2,245	1,011	-0,4486



Tabel Lanjutan

17	0,000	DEAD	-1,455	0,126	0,0829
17	0,400	DEAD	-1,455	0,175	0,0225
17	0,800	DEAD	-1,455	0,225	-0,0575
18	0,000	DEAD	0,644	0,243	0,1051
18	0,400	DEAD	0,644	0,292	-0,0020
18	0,800	DEAD	0,644	0,342	-0,1288
19	0,000	DEAD	-0,644	0,242	0,1047
19	0,400	DEAD	-0,644	0,292	-0,0021
19	0,800	DEAD	-0,644	0,341	-0,1286



TABLE: Element Forces - Frames

Benda Uji II P = 4,05 kN

Frame	Station	OutputCase	P	V2	M3
			kN	kN	kN
Transversal					
1	0,000	DEAD	-0,378	-0,644	-0,1288
1	0,200	DEAD	-0,359	-0,644	-0,0001
1	0,400	DEAD	-0,341	-0,644	0,1286
2	0,000	DEAD	-0,019	-0,811	-0,1623
2	0,200	DEAD	-0,001	-0,811	-0,0001
2	0,400	DEAD	0,018	-0,811	0,1622
3	0,000	DEAD	-0,018	-0,445	-0,0890
3	0,200	DEAD	0,000	-0,445	0,0000
3	0,400	DEAD	0,019	-0,445	0,0890
4	0,000	DEAD	-0,019	0,000	0,0000
4	0,200	DEAD	0,000	0,000	0,0000
4	0,400	DEAD	0,018	0,000	0,0000
5	0,000	DEAD	-0,018	0,445	0,0890
5	0,200	DEAD	0,000	0,445	0,0000
5	0,400	DEAD	0,019	0,445	-0,0890
6	0,000	DEAD	-0,019	0,811	0,1623
6	0,200	DEAD	-0,001	0,811	0,0001
6	0,400	DEAD	0,018	0,811	-0,1622
7	0,000	DEAD	-0,378	0,644	0,1288
7	0,200	DEAD	-0,359	0,644	0,0001
7	0,400	DEAD	-0,341	0,644	-0,1286
Tepi					
8	0,000	DEAD	0,644	-0,342	-0,1288
8	0,400	DEAD	0,644	-0,292	-0,0020
8	0,800	DEAD	0,644	-0,243	0,1051
9	0,000	DEAD	-0,644	-0,341	-0,1286
9	0,400	DEAD	-0,644	-0,292	-0,0021
9	0,800	DEAD	-0,644	-0,242	0,1047
10	0,000	DEAD	1,455	-0,224	-0,0572
10	0,400	DEAD	1,455	-0,175	0,0226
10	0,800	DEAD	1,455	-0,126	0,0828
11	0,000	DEAD	-1,455	-0,225	-0,0575
11	0,400	DEAD	-1,455	-0,175	0,0225
11	0,800	DEAD	-1,455	-0,126	0,0829
12	0,000	DEAD	1,900	-0,108	-0,0062
12	0,400	DEAD	1,900	-0,058	0,0271
12	0,800	DEAD	1,900	-0,009	0,0406
13	0,000	DEAD	-1,900	-0,108	-0,0061
13	0,400	DEAD	-1,900	-0,058	0,0271
13	0,800	DEAD	-1,900	-0,009	0,0406
14	0,000	DEAD	1,900	0,009	0,0406
14	0,400	DEAD	1,900	0,058	0,0271
14	0,800	DEAD	1,900	0,108	-0,0062
15	0,000	DEAD	-1,900	0,009	0,0406
15	0,400	DEAD	-1,900	0,058	0,0271
15	0,800	DEAD	-1,900	0,108	-0,0061
16	0,000	DEAD	1,455	0,126	0,0828
16	0,400	DEAD	1,455	0,175	0,0226
16	0,800	DEAD	1,455	0,224	-0,0572

TABLE: Element Forces - Frames  
Benda Uji III P = 2,05 kN

Frame	Station	OutputCase	P kN	V2 kN	M3 kN
Transversal					
1	0,000	COMB1	-1,222	-4,283	-0,8566
1	0,200	COMB1	-1,200	-4,283	0,0000
1	0,400	COMB1	-1,179	-4,283	0,8565
2	0,000	COMB1	-0,841	-3,550	-0,7100
2	0,200	COMB1	-0,820	-3,550	0,0000
2	0,400	COMB1	-0,799	-3,550	0,7099
3	0,000	COMB1	-0,841	3,550	0,7100
3	0,200	COMB1	-0,820	3,550	0,0000
3	0,400	COMB1	-0,799	3,550	-0,7099
4	0,000	COMB1	-1,222	4,283	0,8566
4	0,200	COMB1	-1,200	4,283	0,0000
Tepi					
4	0,400	COMB1	-1,179	4,283	-0,8565
5	0,000	COMB1	4,283	-1,179	-0,8566
5	0,400	COMB1	4,283	-1,123	-0,3961
5	0,800	COMB1	4,283	-1,067	0,0419
5	1,200	COMB1	4,283	-1,010	0,4573
5	1,600	COMB1	4,283	-0,954	0,8502
6	0,000	COMB1	-4,283	-1,179	-0,8565
6	0,400	COMB1	-4,283	-1,123	-0,3960
6	0,800	COMB1	-4,283	-1,067	0,0419
6	1,200	COMB1	-4,283	-1,010	0,4572
6	1,600	COMB1	-4,283	-0,954	0,8500
7	0,000	COMB1	7,833	-0,113	0,1402
7	0,400	COMB1	7,833	-0,056	0,1740
7	0,800	COMB1	7,833	0,000	0,1853
7	1,200	COMB1	7,833	0,056	0,1740
7	1,600	COMB1	7,833	0,113	0,1402
8	0,000	COMB1	-7,833	-0,113	0,1401
8	0,400	COMB1	-7,833	-0,056	0,1739
8	0,800	COMB1	-7,833	0,000	0,1852
8	1,200	COMB1	-7,833	0,056	0,1739
8	1,600	COMB1	-7,833	0,113	0,1401
9	0,000	COMB1	4,283	0,954	0,8502
9	0,400	COMB1	4,283	1,010	0,4573
9	0,800	COMB1	4,283	1,067	0,0419
9	1,200	COMB1	4,283	1,123	-0,3961
9	1,600	COMB1	4,283	1,179	-0,8566
10	0,000	COMB1	-4,283	0,954	0,8500
10	0,400	COMB1	-4,283	1,010	0,4572
10	0,800	COMB1	-4,283	1,067	0,0419
10	1,200	COMB1	-4,283	1,123	-0,3960
10	1,600	COMB1	-4,283	1,179	-0,8565

**TABLE: Element Forces - Frames**  
**Benda Uji III P = 2,05 kN**

Frame	Station	OutputCase	P	V2	M3
			kN	kN	kN
Transversal					
1	0,000	LIVE	-0,513	-1,993	-0,3985
1	0,200	LIVE	-0,513	-1,993	0,0000
1	0,400	LIVE	-0,513	-1,993	0,3985
2	0,000	LIVE	-0,512	-1,700	-0,3401
2	0,200	LIVE	-0,512	-1,700	0,0000
2	0,400	LIVE	-0,512	-1,700	0,3401
3	0,000	LIVE	-0,512	1,700	0,3401
3	0,200	LIVE	-0,512	1,700	0,0000
3	0,400	LIVE	-0,512	1,700	-0,3401
4	0,000	LIVE	-0,513	1,993	0,3985
4	0,200	LIVE	-0,513	1,993	0,0000
4	0,400	LIVE	-0,513	1,993	-0,3985
Tepi					
5	0,000	LIVE	1,993	-0,513	-0,3985
5	0,400	LIVE	1,993	-0,513	-0,1935
5	0,800	LIVE	1,993	-0,513	0,0115
5	1,200	LIVE	1,993	-0,513	0,2165
5	1,600	LIVE	1,993	-0,513	0,4215
6	0,000	LIVE	-1,993	-0,513	-0,3985
6	0,400	LIVE	-1,993	-0,513	-0,1935
6	0,800	LIVE	-1,993	-0,513	0,0115
6	1,200	LIVE	-1,993	-0,513	0,2165
6	1,600	LIVE	-1,993	-0,513	0,4215
7	0,000	LIVE	3,693	0,000	0,0814
7	0,400	LIVE	3,693	0,000	0,0814
7	0,800	LIVE	3,693	0,000	0,0814
7	1,200	LIVE	3,693	0,000	0,0814
7	1,600	LIVE	3,693	0,000	0,0814
8	0,000	LIVE	-3,693	0,000	0,0814
8	0,400	LIVE	-3,693	0,000	0,0814
8	0,800	LIVE	-3,693	0,000	0,0814
8	1,200	LIVE	-3,693	0,000	0,0814
8	1,600	LIVE	-3,693	0,000	0,0814
9	0,000	LIVE	1,993	0,513	0,4215
9	0,400	LIVE	1,993	0,513	0,2165
9	0,800	LIVE	1,993	0,513	0,0115
9	1,200	LIVE	1,993	0,513	-0,1935
9	1,600	LIVE	1,993	0,513	-0,3985
10	0,000	LIVE	-1,993	0,513	0,4215
10	0,400	LIVE	-1,993	0,513	0,2165
10	0,800	LIVE	-1,993	0,513	0,0115
10	1,200	LIVE	-1,993	0,513	-0,1935
10	1,600	LIVE	-1,993	0,513	-0,3985

**TABLE: Element Forces - Frames**  
**Benda Uji III P = 2,05 kN**

Frame	Station	OutputCase	P	V2	M3
			kN	kN	kN
Transversal					
1	0,000	DEAD	-0,335	-0,912	-0,1825
1	0,200	DEAD	-0,317	-0,912	0,0000
1	0,400	DEAD	-0,299	-0,912	0,1824
2	0,000	DEAD	-0,018	-0,691	-0,1382
2	0,200	DEAD	0,000	-0,691	0,0000
2	0,400	DEAD	0,018	-0,691	0,1382
3	0,000	DEAD	-0,018	0,691	0,1382
3	0,200	DEAD	0,000	0,691	0,0000
3	0,400	DEAD	0,018	0,691	-0,1382
4	0,000	DEAD	-0,335	0,912	0,1825
4	0,200	DEAD	-0,317	0,912	0,0000
4	0,400	DEAD	-0,299	0,912	-0,1824
Tepi					
5	0,000	DEAD	0,912	-0,300	-0,1825
5	0,400	DEAD	0,912	-0,253	-0,0720
5	0,800	DEAD	0,912	-0,206	0,0196
5	1,200	DEAD	0,912	-0,159	0,0925
5	1,600	DEAD	0,912	-0,112	0,1465
6	0,000	DEAD	-0,912	-0,299	-0,1824
6	0,400	DEAD	-0,912	-0,252	-0,0720
6	0,800	DEAD	-0,912	-0,205	0,0196
6	1,200	DEAD	-0,912	-0,159	0,0924
6	1,600	DEAD	-0,912	-0,112	0,1464
7	0,000	DEAD	1,603	-0,094	0,0083
7	0,400	DEAD	1,603	-0,047	0,0365
7	0,800	DEAD	1,603	0,000	0,0459
7	1,200	DEAD	1,603	0,047	0,0365
7	1,600	DEAD	1,603	0,094	0,0083
8	0,000	DEAD	-1,603	-0,094	0,0083
8	0,400	DEAD	-1,603	-0,047	0,0365
8	0,800	DEAD	-1,603	0,000	0,0459
8	1,200	DEAD	-1,603	0,047	0,0365
8	1,600	DEAD	-1,603	0,094	0,0083
9	0,000	DEAD	0,912	0,112	0,1465
9	0,400	DEAD	0,912	0,159	0,0925
9	0,800	DEAD	0,912	0,206	0,0196
9	1,200	DEAD	0,912	0,253	-0,0720
9	1,600	DEAD	0,912	0,300	-0,1825
10	0,000	DEAD	-0,912	0,112	0,1464
10	0,400	DEAD	-0,912	0,159	0,0924
10	0,800	DEAD	-0,912	0,205	0,0196
10	1,200	DEAD	-0,912	0,252	-0,0720
10	1,600	DEAD	-0,912	0,299	-0,1824



# 1. Gaya Aksial

## Standar Deviasi Semua Benda Uji

X <sub>1</sub>	Benda uji 1			Benda uji 2			Benda uji 3				
	F <sub>1</sub>	F <sub>1</sub> .X <sub>1</sub>	F <sub>1</sub> .X <sub>1</sub> <sup>2</sup>	X <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>2</sub> .X <sub>2</sub>	F <sub>2</sub> .X <sub>2</sub> <sup>2</sup>	X <sub>3</sub>	F <sub>3</sub>	F <sub>3</sub> .X <sub>3</sub>	F <sub>3</sub> .X <sub>3</sub> <sup>2</sup>
1.000	9.000	9.000	9.000	1.000	3.000	3.000	3.000	1.000	4.000	4.000	4.000
0.943	4.000	3.771	3.556	0.935	4.000	3.739	3.494	1.028	4.000	4.112	4.227
0.948	4.000	3.790	3.591	0.938	4.000	3.750	3.516	1.109	2.000	2.218	2.460
0.972	2.000	1.944	1.890	0.992	2.000	1.984	1.968	Σ =	10.000	10.330	10.687
0.974	4.000	3.898	3.798	1.000	2.000	2.000	2.000				
0.976	4.000	3.902	3.806	1.108	4.000	4.432	4.911				
0.992	2.000	1.984	1.968	Σ =	19.000	18.905	18.889				
1.000	4.000	4.000	4.000								
1.220	4.000	4.880	5.954								
Σ =	37.000	37.169	37.562								

Keterangan :

- X : variable rasio SAP terhadap Metode Portal
- F : frekuensi

Dari data di atas dapat dihitung nilai simpangan (deviasi) dengan rumus :

$$SD (s) = \sqrt{\frac{\sum FX^2}{\sum F} - \left(\frac{\sum FX}{\sum F}\right)^2}$$

Dengan menggunakan persamaan di atas didapat :

$$s_1 = 0.078$$

$$\delta_2 = 0.064$$

$$\delta_3 = 0.040$$

## 2. Gaya Geser

$X_1$	$F_1$	$F_1 \cdot X_1$	$F_1 \cdot X_1^2$	$X_2$	$F_2$	$F_2 \cdot X_2$	$F_2 \cdot X_2^2$	$X_3$	$F_3$	$F_3 \cdot X_3$	$F_3 \cdot X_3^2$
1,000	11,000	11,000	11,000	1,000	5,000	5,000	5,000	1,000	2,000	2,000	2,000
0,862	2,000	1,724	1,486	0,903	2,000	1,805	1,629	0,250	4,000	1,000	0,250
0,890	2,000	1,780	1,584	0,996	2,000	1,992	1,984	1,000	4,000	4,000	4,000
0,936	2,000	1,872	1,752	1,000	4,000	4,000	4,000	$\Sigma$	10,000	5,000	4,250
0,980	2,000	1,960	1,921	1,004	2,000	2,008	2,016				
0,984	2,000	1,968	1,937	1,057	2,000	2,114	2,235				
0,992	4	3,968	3,936	1,179	2,000	2,358	2,781				
0,996	2,000	1,992	1,984	$\Sigma$	19,000	14,278	14,645				
1,004	2,000	2,008	2,016								
1,008	4	4,032	4,064								
1,016	2,000	2,032	4,129								
1,22	2,000	2,440	5,953								
$\Sigma$	37,000	25,776	67,444								

Dari data di atas dapat dihitung nilai simpangan (deviasi) dengan rumus :

$$SD (s) = \sqrt{\frac{\sum FX^2}{\sum F} - \left( \frac{\sum FX}{\sum F} \right)^2}$$



Dari data di atas dapat dihitung nilai simpangan (deviasi) dengan rumus :

$$SD(\delta) = \sqrt{\frac{\sum F X^2}{\sum F} - \left(\frac{\sum F X}{\sum F}\right)^2}$$

Dengan menggunakan persamaan di atas didapat :

$$\delta_1 = 0,067$$

$$\delta_2 = 0,506$$

$$\delta_3 = 0,220$$





**LAMPIRAN 7**

**PERHITUNGAN BALOK KOLOM**

## Perhitungan balok kolom

### Benda uji I

#### Batang tepi

Ukuran tampang  $b = 60 \text{ mm}$   $h = 80 \text{ mm}$  ,  $d = 10 \text{ mm}$

$f_y = 292,166 \text{ Mpa}$  ;  $f_c = 13,6 \text{ Mpa}$

Mencari persen  $A_s$

$$A_s = 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$$

$$A_s = \frac{1}{4} \times \pi \times 5,8^2 = 26,4207 \text{ mm}^2$$

$$A_g = 60 \times 80 = 4800 \text{ mm}^2$$

$$\%A_s = 26,4207 / 4800 \times 100\% = 1,6498 \%$$

$$A_s = 1,6498 \% A_g$$

$$A_{st} = 2 \times 79,2896 = 158,5792 \text{ mm}$$

#### a) Patah Sentris

$$P_n = ((0,85 \times 13,6 \times (4800 \times 158,5792)) + 158,5792 \times 292,166) / 1000 = 99,9233 \text{ kN}$$

#### b) Patah seimbang

$$d = 80 - 10 = 70 \text{ mm}$$

$$X_b = \left( \frac{600}{600 + 292,166} \right) \times 70 = 47,078868 \text{ mm}$$

$$a_b = 0,85 \times 47,078868 = 40,017038 \text{ mm}$$

$$C_c = 0,85 \times 13,6 \times 60 \times 40,078868 / 1000 = 27,755818 \text{ kN}$$

$$f_s' = \frac{47,078868 - 10}{47,078868} \times 600 = 472,55429 > f_y$$

$$f_s' = f_y = 292,166 \text{ Mpa}$$

$$C_s = 79,2896 \times (292,166 - (0,85 \times 13,6)) / 1000 = 22,221 \text{ kN}$$

$$T_s = 79,2896 \times 292,166 = 23,1367 \text{ kN}$$

$$P_{nb} = 27,755 + 22,221 - 23,1367 = 26,838 \text{ kN}$$

$$M_{nb} = 27,755(40-20.007) + 22,221(40-10) + 23,1367(70-40) = 1.9156 \text{ kN}$$

### c) Patah Desak

$$X > X_b \text{ misal } X = 70 \text{ mm}$$

$$a = 0.85 \times 70 = 59,5 \text{ mm}$$

$$f_s' = \frac{59,5 - 10}{59,5} \times 600 = 514,28571 > f_y$$

$$f_s' = f_y = 292,166 \text{ Mpa}$$

$$f_s = \frac{70 - 292,166}{292,166} \times 600 = 105,882 < 292,166 \text{ kN}$$

$$C_c = 0.85 \times 13.6 \times 60 \times 59,5 / 1000 = 41,2692 \text{ kN}$$

$$C_s = 79,2896 \times (292,166 - (0.85 \times 13.6)) / 1000 = 22,221 \text{ kN}$$

$$T_s = 79,2896 \times 105,882 = 8,3848 \text{ kN}$$

$$P_{nb} = 41,2692 + 22,221 - 8,3848 = 26,838 \text{ kN}$$

$$M_{nb} = 41,2692(40-20.007) + 22,221(40-10) + 8,3848(70-40) = 1.3411 \text{ kN}$$

### d) Patah Tarik

$$X < X_b \text{ misal } X = 20 \text{ mm}$$

$$a = 0.85 \times 20 = 17 \text{ mm}$$

$$f_s' = \frac{20 - 10}{20} \times 600 = 300 > f_y$$

$$f_y = f_c = 292,166 \text{ Mpa}$$

$$C_c = 0.85 \times 13.6 \times 60 \times 17 / 1000 = 11,7912 \text{ kN}$$

$$C_s = 79,2896 \times (292,166 - (0.85 \times 13.6)) / 1000 = 22,221 \text{ kN}$$

$$T_s = 79,2896 \times 292,166 = 23,1367 \text{ kN}$$

$$P_{nb} = 11,7912 + 22,221 - 23,1367 = 11,496 \text{ kN}$$

$$M_{nb} = 11,7912 (40-20.007) + 22.221(40-10) + 23,1367 (70-40) = 1.75 \text{ kN}$$





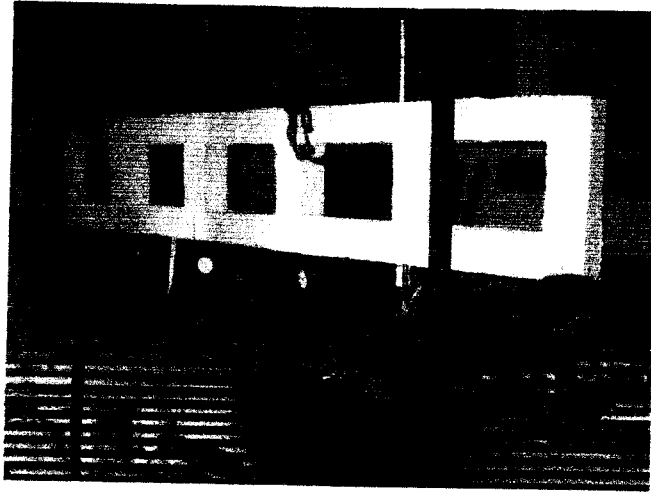


ISLAM

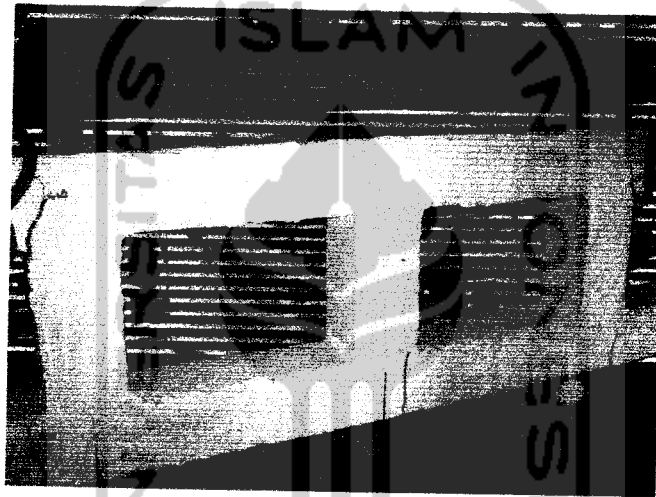
LAMPIRAN 8

FOTO – FOTO PENGUJIAN

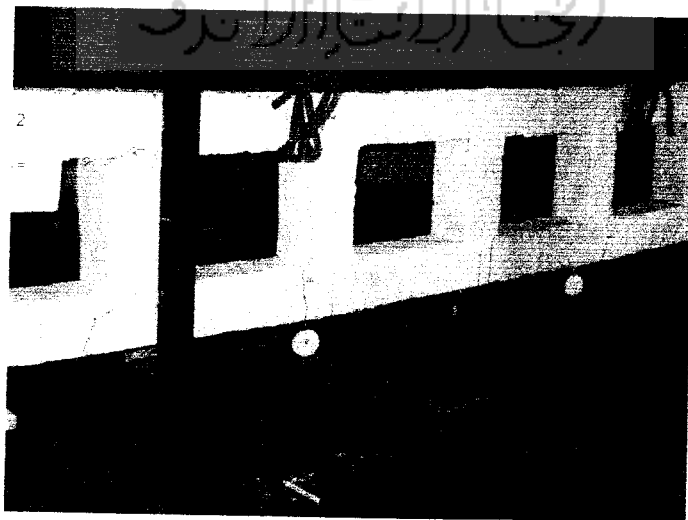
الجامعة الإسلامية في إندونيسيا



Gambar (8.1) Setting benda uji 2



Gambar (8.2) Kerusakan awal pada benda uji 2 setelah pembebanan



Gambar (8.3) Kerusakan pada benda uji 2 setelah pembebanan