

**TUGAS AKHIR**

PERPUSTAKAAN FTSP UII	
HADIAN/REELI	
TGL. TERIMA :	6 September 2005
NO. JUDUL :	081651
NO. INV. :	512 020 1654031
NO. INDUK :	

**PERILAKU BALOK VIERENDEEL BETON  
DENGAN VARIASI JARAK SENGKANG**



**Disusun Oleh :**

**Nama : Ricky Pauji**

**No. Mhs. : 99 511 162**

**Nama : Herlistyawan**

**No. Mhs. : 00 511 345**

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

**2005**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**TUGAS AKHIR**

**PERILAKU BALOK VIERENDEEL BETON DENGAN  
VARIASI JARAK SENGKANG**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Guna Memperoleh**

**Gelar Sarjana Teknik Sipil**

**Pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan**

**Universitas Islam Indonesia**

Disusun oleh :

**Nama : Ricky Pauji**

**No. Mhs. : 99 511 162**


**Nama : Herlistyawan**

**No. Mhs. : 00 511 345**

**Telah diperiksa dan disetujui oleh :**

**Ir. H. Sarwidi, MSCE, Ph.D.**  
**Dosen Pembimbing I**

**Ir. H. Suharyatmo, MT.**  
**Dosen Pembimbing II**

  
Tanggal: 22/08/2005

  
Tanggal: 22/08/05

# PERSEMBAHAN

## **Herlistyawan**

Terima kasih kepada Allah SWT yang telah memberikan kemudahan dalam penyusunan Tugas Akhir ini hingga selesai. Karya ini kupersembahkan untuk Bapak, Ibu dan Kakak-kakakku yang telah banyak memberikan perhatian, semangat dan kasih sayang yang tak ternilai selamanya.

## **Special Thanks for :**

Ricky Pauji atas kejasamaan, bimbingan dan kesabarannya sehingga terselesaikannya Tugas Akhir ini. Tiko, Jaky, Bang Rusnapi dan Bang Ferizal yang telah banyak memberikan tenaga serta masukkan ide - ide selama penyusunan Tugas Akhir ini.

Tri Candra Yulinda yang telah memberikan doa dan semangat sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan.

Teman - teman Sipil 2000 : Surono ST, Faqih Rohman ST, Arief Kumiawan ST, Agung, Rois, Yogi, Aditya, Heru, Rifki, Isag, Yoseph, Supriyono dan teman - teman yang tidak bisa disebutkan satu per satu, terima kasih atas doa dan dukungannya.

Mas Anis, Pak Santoro dan Pak Heri atas segala bantuan administrasi dan dukungannya.

## **Ricky Pauji**

Dengan perasaan bahagia dan sujud syukur Berkat Limpahan karunia Allah SWT. Aku persembahkan Laporan Tugas Akhir ini Kepada: Mamah dan Apa tercinta terima kasih atas do'a dan kasih sayangnya selama ini yang tiada henti. Tete Tike, Tete Susi atas do'a dan dukungan dan pengertiannya selama ini. Keponakan - keponakan ku Salsa, Syifa, Sidqi, Agis yang selalu membuat aku tertawa.

## **Special Thanks for :**

Herlistyawan atas kejasamaannya selama ini, Tiko "jack", Jeky, Bang rusnapi, Bang Ferizal atas masukan dan diskusinya selama penyusunan Tugas Akhir ini.

"Neng Ririn" beserta keluarga Bapak Sudiman terima kasih atas dukungannya. Pak Agus dan keluarga, Teman - teman "Omerta" : Wahyu ( yang setia menungguku saat pendadaran, thanx a lot man !!), Dana ( TA nya gampang !!), Dimas, Aan, Gundul, Joe, Antok "rusuh", Iping ( thanx Tasnya ga!! ), Bulian, Dayat, terima kasih semuanya ya.

Teman - teman Serka Wahid semuanya angkatan '96 - '01 (Arsitek, Sipil, Lingkungan).

Kontrakan 81: Bapak sugarto atas tempat tinggalnya selama ini, Achmad Pudiantoro ST, Agus Riawan ST, Ardioni ST, M Agus Salim ST MT, Doni ST, Sigit Prasetyoko ST, Mahfud Sidiq ST, Nur Lutfi ST (kacung), Bom - Bom, Hadi, Denik, Ocha, Arda, Dion, Yoga, Rifki, Dedew, Gundul, Terima kasih semuanya kawan. Mas Anis, Pak Santoro dan Mas Heri atas segala bantuan administrasi dan dukungannya.

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	iii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	vi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	ix
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xi
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xiii
<b>DAFTAR SIMBOL</b> .....	xiv
<b>ABSTRAKSI</b> .....	xvi
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan Masalah.....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	6
2.1 Pendahuluan.....	6
<b>BAB III LANDASAN TEORI</b> .....	8
3.1 Pendahuluan.....	8
3.2 Analisis Gaya Batang.....	10
3.2.1 Gaya Aksial Pada Batang Tepi.....	12
3.2.2 Gaya Geser Pada Batang Tepi.....	15
3.2.3 Momen Pada Elemen Tepi.....	16
3.2.4 Gaya Aksial Pada Batang Transversal.....	18
3.2.5 Gaya Geser Pada Batang Transversal.....	20
3.2.6 Momen Pada Batang Transversal.....	21

3.2.7 Pengaruh Variasi Jarak Sengkang Terhadap Balok <i>Vierendeel</i> Beton .....	22
3.3 Batang Tarik Lentur .....	28
3.4 Batang Tekan Pada Balok <i>Vierendeel</i> .....	29
3.5 Kombinasi Tekan Lentur .....	29
3.6 Tinjauan Geser .....	32
3.7 Hubungan Beban - Lendutan .....	34
3.8 Hubungan Momen - Kelengkungan .....	36
3.9 Hipotesa .....	38
<b>BAB IV METODE PENELITIAN .....</b>	<b>39</b>
4.1 Tinjauan Umum .....	39
4.2 Persiapan Alat dan Bahan .....	40
4.2.1 Bahan .....	41
4.2.2 Peralatan Penelitian .....	41
4.3 Pemeriksaan Pendahuluan .....	45
4.4 Model Benda Uji .....	46
4.5 Pelaksanaan Penelitian .....	49
4.5.1 Pembuatan Benda Uji .....	49
4.5.2 Tahapan Pengujian .....	50
<b>BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>53</b>
5.1 Hasil Penelitian .....	53
5.1.1 Hasil Uji Kuat Tarik Baja .....	53
5.1.2 Hasil Uji Kuat Desak Beton .....	54
5.1.3 Hasil Uji Kuat Lentur Balok <i>Vierendeel</i> Beton .....	55
5.1.3.1 Hubungan Beban – Lendutan Penelitian .....	55
5.1.3.2 Hubungan Momen – Kelengkungan Penelitian ..	62
5.2 Hubungan Jarak Sengkang Dengan Kekakuan .....	72
5.3 Pembahasan Hasil Penelitian .....	73
5.3.1 Pembahasan Hasil Uji Kuat Lentur Rangka <i>Vierendeel</i> .....	73

5.3.2 Hubungan Beban Dengan Jarak Sengkang Penelitian .....	92
5.3.3 Hubungan Gaya Geser Dengan Jarak Sengkang Penelitian .....	92
5.3.4 Hubungan Momen Dengan Jarak Sengkang Penelitian .....	93
5.4 Perbandingan Hasil Teori Dengan Hasil Penelitian.....	94
5.5 Perbandingan Metode Portal Terhadap SAP2000.....	96
5.6 Perbandingan Lendutan Teori Terhadap Penelitian.....	99
<b>BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>103</b>
6.1 Kesimpulan .....	103
6.2 Saran.....	104
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>105</b>

**LAMPIRAN**

GAMBAR 4.8 Model benda uji 1 .....	48
GAMBAR 4.9 Model benda uji 2 .....	48
GAMBAR 4.10 Model benda uji 3 .....	48
GAMBAR 4.11 Model benda uji 4 .....	48
GAMBAR 5.1 Hubungan beban – deformasi benda uji 1 .....	56
GAMBAR 5.2 Hubungan beban – deformasi benda uji 2 .....	57
GAMBAR 5.3 Hubungan beban – deformasi benda uji 3 .....	58
GAMBAR 5.4 Hubungan beban – deformasi benda uji 4 .....	60
GAMBAR 5.5 Hubungan beban – deformasi masing – masing benda uji .....	60
GAMBAR 5.6 Hubungan beban – lendutan dan momen - kelengkungan .....	62
GAMBAR 5.7 Hubungan momen – kelengkungan benda uji 1 .....	64
GAMBAR 5.8 Hubungan momen – kelengkungan benda uji 2 .....	66
GAMBAR 5.9 Hubungan momen – kelengkungan benda uji 3 .....	68
GAMBAR 5.10 Hubungan momen – kelengkungan benda uji 4 .....	70
GAMBAR 5.11 Hubungan momen – kelengkungan penelitian .....	71
GAMBAR 5.12 Hubungan kekakuan – jarak sengkang .....	72
GAMBAR 5.13 Balok dengan pembebanan setiap sepertiga bentang .....	73
GAMBAR 5.14 Tampang potongan balok <i>vierendeel</i> .....	76
GAMBAR 5.15 Hubungan beban deformasi teoritis .....	77
GAMBAR 5.16 Nomor rangka batang pada balok <i>vierendeel</i> .....	78
GAMBAR 5.17 Interaksi balok – kolom benda uji 1 .....	80
GAMBAR 5.18 Interaksi balok – kolom benda uji 2 .....	82
GAMBAR 5.19 Interaksi balok – kolom benda uji 3 .....	84
GAMBAR 5.20 Interaksi balok – kolom benda uji 4 .....	86
GAMBAR 5.21 Balok <i>vierendeel</i> .....	87
GAMBAR 5.22 Hubungan beban dengan jarak sengkang penelitian .....	92
GAMBAR 5.23 Hubungan gaya geser dengan jarak sengkang penelitian .....	93
GAMBAR 5.24 Hubungan momen dengan jarak sengkang penelitian .....	94

TABEL 5.21 Hubungan beban dengan jarak sengkang penelitian .....	92
TABEL 5.22 Hubungan gaya geser dengan jarak sengkang penelitian .....	93
TABEL 5.23 Hubungan momen dengan jarak sengkang penelitian .....	93
TABEL 5.24 Hasil perbandingan beban teori dengan penelitian .....	94
TABEL 5.25 Hasil perbandingan gaya geser teori dengan penelitian .....	95
TABEL 5.26 Hasil perbandingan momen teori dengan penelitian .....	95
TABEL 5.27 Perbandingan Gaya aksial metode portal terhadap SAP2000 .....	96
TABEL 5.28 Perbandingan Gaya Geser metode portal terhadap SAP2000 .....	97
TABEL 5.29 Perbandingan Momen metode portal terhadap SAP2000 .....	98
TABEL 5.30 Perbandingan lendutan teori terhadap penelitian sampel 1 .....	99
TABEL 5.31 Perbandingan lendutan teori terhadap penelitian sampel 2 .....	100
TABEL 5.32 Perbandingan lendutan teori terhadap penelitian sampel 3 .....	101
TABEL 5.33 Perbandingan lendutan teori terhadap penelitian sampel 4 .....	102



## DAFTAR SIMBOL

$L$	panjang bentang bersih
$f_c'$	kuat tekan silinder beton
$f_y$	kuat leleh baja tulangan
$P$	beban
$P_u$	beban ultimit
$H$	tinggi balok <i>vierendeel</i>
$\lambda$	jarak antar batang transversal
$C$	gaya aksial desak pada batang tepi
$V_s$	gaya geser tulangan
$V_c$	gaya geser beton
$M$	momen
$T$	gaya tarik aksial
$N$	gaya aksial pada batang transversal
$S$	jarak sengkang
$A_v$	luas tulangan geser
$d$	tinggi efektif tampang
$V_u$	gaya geser ultimit
$C_c$	gaya desak yang ditahan oleh beton
$C_s$	gaya desak yang ditahan oleh tulangan
$M_n$	momen nominal kapasitas tampang
$M_u$	momen ultimit
$f_{pr}$	tegangan utama
$f$	tegangan lentur
$V$	tegangan geser
$c$	tinggi permukaan tekan ke garis netral
$d'$	tinggi selimut beton ke titik berat tulangan tarik
$b$	lebar tampang balok
$A_s$	luas tulangan tarik
$A_s'$	luas tulangan tekan

$\epsilon_y$	regangan <i>yield</i> (leleh)
$\epsilon_s$	regangan baja tulangan
$ND1$	kuat tekan baja tulangan
$ND2$	kuat tekan beton
$NT$	kuat tarik baja tulangan
$Z1$	jarak dari kuat tekan baja tulangan ke titik berat baja tarik
$Z2$	jarak dari kuat tekan beton ke titik berat baja tarik
$f_s$	tegangan pada tulangan baja tertarik
$f_s'$	tegangan pada tulangan baja tertekan
$b_w$	lebar balok
$V_n$	gaya geser nominal kapasitas tampang
$\phi$	factor reduksi kekuatan ( tegangan lentur = 0,85 ; tegangan geser = 0,60)
$\phi$	diameter baja tulangan
$y - \Delta$	defleksi (lendutan)
$E$	modulus elastisitas
$I$	inersia tampang
$\Phi$	kelengkungan
$P_{5,2}$	tulangan polos diameter 5,2 mm
$F_u$	tegangan ultimit baja tulangan
$B_j$	berat jenis beton
$f_c'r$	kuat tekan beton rencana
$S_d$	Standar deviasi
$P_y$	beban pada saat <i>yield</i> (leleh)
$\Delta y$	defleksi pada saat <i>yield</i> (leleh)
$E_c$	modulus elastisitas beton
$EL$	elemen setiap batang pada balok <i>vierendeel</i>

## ABSTRAKSI

Balok *vierendeel* yang ada sekarang ini kebanyakan terbuat dari bahan baja, sedangkan yang terbuat dari beton masih sedikit. Oleh karena itu peneliti melakukan penelitian tentang balok *vierendeel* yang terbuat dari bahan beton dengan variasi jarak sengkang.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kekuatan balok *vierendeel* beton terhadap pengaruh variasi jarak sengkang, sehingga diketahui jarak sengkang berapa yang memiliki kekuatan yang paling tinggi dan jarak sengkang berapa yang memiliki kekuatan yang paling rendah.

Penelitian dilakukan di Laboratorium Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, sedangkan analisis menggunakan metode portal dan dengan simulasi komputer menggunakan program SAP 2000.

Dari hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa beban yang ditahan balok *vierendeel* beton yang dibuat dengan variasi jarak sengkang 40 mm sebesar 17,48 KN, lebih besar daripada variasi jarak sengkang 60 mm sebesar 16,64 KN sedang jarak sengkang 70 mm sebesar 14,95 KN dan 90 mm sebesar 11,41 KN. Namun hasil beban pada teori dengan hasil beban pada penelitian mengalami perbedaan yang sangat jauh. Perbedaan ini disebabkan karena  $V_c > V_u$ , dimana pada penelitian tulangan sengkang tidak mencapai tegangan luluh, sedangkan pada teori tulangan sengkang dianggap sudah mencapai tegangan luluh. Hal ini berpengaruh dengan beban yang dapat ditahan oleh balok *vierendeel*, sehingga beban yang dihasilkan pada waktu penelitian kecil dibandingkan dengan teori.

# BAB I

## PENDAHULUAN

Selama ini belum begitu banyak eksplorasi tentang balok *Vierendeel* beton, padahal rangka ini bisa digunakan sebagai struktur atas dari suatu bangunan yang mempunyai estetika cukup bagus. Hal inilah yang menarik kami untuk meneliti perilaku lentur balok *Vierendeel* beton dengan variasi jarak sengkang terhadap panjang bentang ( $L$ ) konstan pada setiap benda uji.

### 1.1 Latar Belakang

Perkembangan ilmu Teknik Sipil belakangan ini semakin pesat, maka banyak terjadi inovasi – inovasi dan penemuan baru dalam dunia konstruksi. Salah satu dari hasil tersebut adalah penggunaan rangka *Vierendeel* sebagai konstruksi dalam suatu bangunan. Rangka *Vierendeel* selain berfungsi sebagai struktur penahan beban juga dilihat dari segi estetika mampu menghasilkan sirkulasi udara yang baik karena strukturnya yang terdiri dari bagian – bagian yang kosong diantara batang – batang yang tegak yang menahan batang tepi atas dan tepi bawah, ruang kosong tersebut dapat dipasang material tembus cahaya atau sejenisnya atau bahkan di biarkan terbuka merupakan beberapa alternatif yang dapat digunakan. *Vierendeel* terdiri dari batang-batang vertikal dan horisontal yang dihubungkan dengan join-join yang kaku sehingga mampu

memikul momen. Kekakuan rangka *Vierendeel* akan tercipta apabila sambungan antara batang transversal dan batang horisontal kaku. Batang tepi atas dan batang transversal pada balok *Vierendeel* dukungan sederhana mengalami tekan dengan momen, sedang batang bawah menerima tarik dengan momen.

Semakin panjang balok maka semakin besar momen yang terjadi pada balok, dan berbahaya terhadap batang bawah karena balok beton bertulang sangat rentan terhadap tarik.

Beton didapat dari pencampuran bahan agregat halus dan kasar yaitu pasir, batu pecah dengan menambahkan secukupnya bahan perekat semen dan air sebagai bahan pembantu guna keperluan reaksi kimia selama proses pengerasan dan perawatan beton berlangsung. Beton mempunyai nilai desak yang tinggi dibandingkan nilai tariknya bahkan biasanya nilai tariknya diabaikan. Beton merupakan bahan yang bersifat getas, maka baja tulangan digunakan untuk menahan kuat tariknya. Dengan adanya kerjasama antara beton dan baja tulangan maka dinamakan beton bertulang.

Dalam membahas balok terlentur hendaknya mempertimbangkan pula bahwa pada saat yang sama balok juga menahan gaya geser akibat lentur. Untuk komponen struktur beton bertulang, apabila gaya geser yang bekerja sedemikian besar hingga diluar kemampuan beton untuk menahannya, perlu memasang baja tulangan tambahan (sengkang) untuk menahan geser tersebut. Pada penelitian ini akan membahas pengaruh variasi jarak sengkang terhadap perilaku balok *Vierendeel* beton.

3. dapat mengetahui perilaku rangka beton *viendeel* pada suatu perencanaan struktur, dan
4. dapat dijadikan masukan bagi pembaca dan menambah wawasan dan pengetahuan.

### 1.5 Batasan Masalah

Untuk memberikan hasil yang optimal dan kemudahan dalam perencanaan pada penelitian ini, maka ada beberapa batasan masalah diantaranya sebagai berikut ini.

1. Nilai slump yang direncanakan adalah 7,5 – 10 cm.
2. Semen yang digunakan adalah semen Nusantara dengan berat 50 Kg.
3. Agregat terbesar yang digunakan adalah 10 mm.
4. Mutu beton yang digunakan mutu rendah dengan  $f_c' = 10$  MPa.
5. Tulangan yang digunakan adalah tulangan polos dengan diameter 5,2 mm untuk tulangan memanjang dengan  $f_y = 300$  MPa.
6. Tulangan yang digunakan adalah tulangan polos dengan diameter 5,2 mm untuk tulangan sengkang dengan  $f_y = 300$  MPa.
7. Pengujian kuat tekan pada benda uji menggunakan pembebanan statis secara bertahap setelah berumur 28 hari.
8. Perbedaan jarak sengkang pada setiap benda uji, benda uji I jarak sengkang 40 mm, benda uji II jarak sengkang 60 mm, benda uji III jarak sengkang 70 mm, benda uji IV jarak sengkang 90 mm.
9. Desain campuran menggunakan metode *DOE*.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

Dalam suatu penelitian diperlukan sekali adanya pustaka yang sekiranya dapat mendukung suatu pencapaian tujuan penelitian, sehingga akan diperoleh suatu hasil yang akurat dan dapat dijadikan pedoman dalam menyelesaikan permasalahan yang akan terjadi. Dan Tinjauan Pustaka dapat diambil dari hasil penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, dan buku-buku.

#### **2.1 Pendahuluan**

Schueller Wolfgang (1989) menyebutkan bahwa : balok *vierendeel* yang diberi beban transversal simetris berlaku analog dengan rangka kantilever kaku yang memikul gaya lateral. Dengan anggapan bahwa titik belok berada di tengah-tengah batang tepi dan batang transversal di setiap batang, maka metode portal dapat digunakan.

Wang (1985) menyebutkan bahwa : suatu rangka (*truss*) adalah suatu struktur kerangka yang terdiri dari sejumlah tertentu batang – batang yang dihubungkan satu sama lain dengan perantara titik simpul yang berupa sendi tanpa gesekan dimana gaya – gaya luar bekerja melalui titik – titik ini. Kerangka kaku (*Rigid Frame*) adalah struktur kerangka dimana komponen batang bertemu pada simpul yang kaku.

Dikutip dari pernyataan Vis W.C. dan Kusuma Gideon (1993) menjelaskan bahwa : momen lentur akibat beban luar akan menimbulkan gaya-gaya tekan pada bagian atas dan batang transversal serta gaya tarik pada batang bagian bawah.

Menurut Dipohusodo, (1994) apabila suatu gelagar balok bentang sederhana menahan beban yang mengakibatkan timbulnya momen lentur, akan terjadi deformasi lentur didalam balok tersebut. Pada kejadian momen lentur positif, regangan tekan terjadi di bagian atas dan tarik dibagian bawah dari penampang. Regangan-regangan tersebut menimbulkan tegangan-tegangan yang harus ditahan oleh balok, tegangan tekan di atas dan tarik di bawah. Agar stabilitas terjamin, batang tepi sebagai bagian dari sistem yang menahan lentur harus kuat untuk menahan tegangan tekan dan tarik tersebut.

Dikutip dari buku beton bertulang I Ir. Kadir Aboe, MS (2000) menjelaskan bahwa : tegangan geser dan lentur akan timbul disepanjang komponen struktur yang menerima gaya geser dan momen lentur. Penampang komponen akan mengalami tegangan geser dan lentur secara bersama-sama selain pada garis netral dan serat tepi penampang.

Nawy G Edward, (1990) menyatakan bahwa : pada struktur rangka, batang transversal adalah batang tekan yang memikul beban dari balok. Karena batang transversal merupakan komponen tekan, maka keruntuhan pada batang transversal merupakan lokasi kritis yang dapat menyebabkan keruntuhan pada seluruh struktur.



## **BAB III**

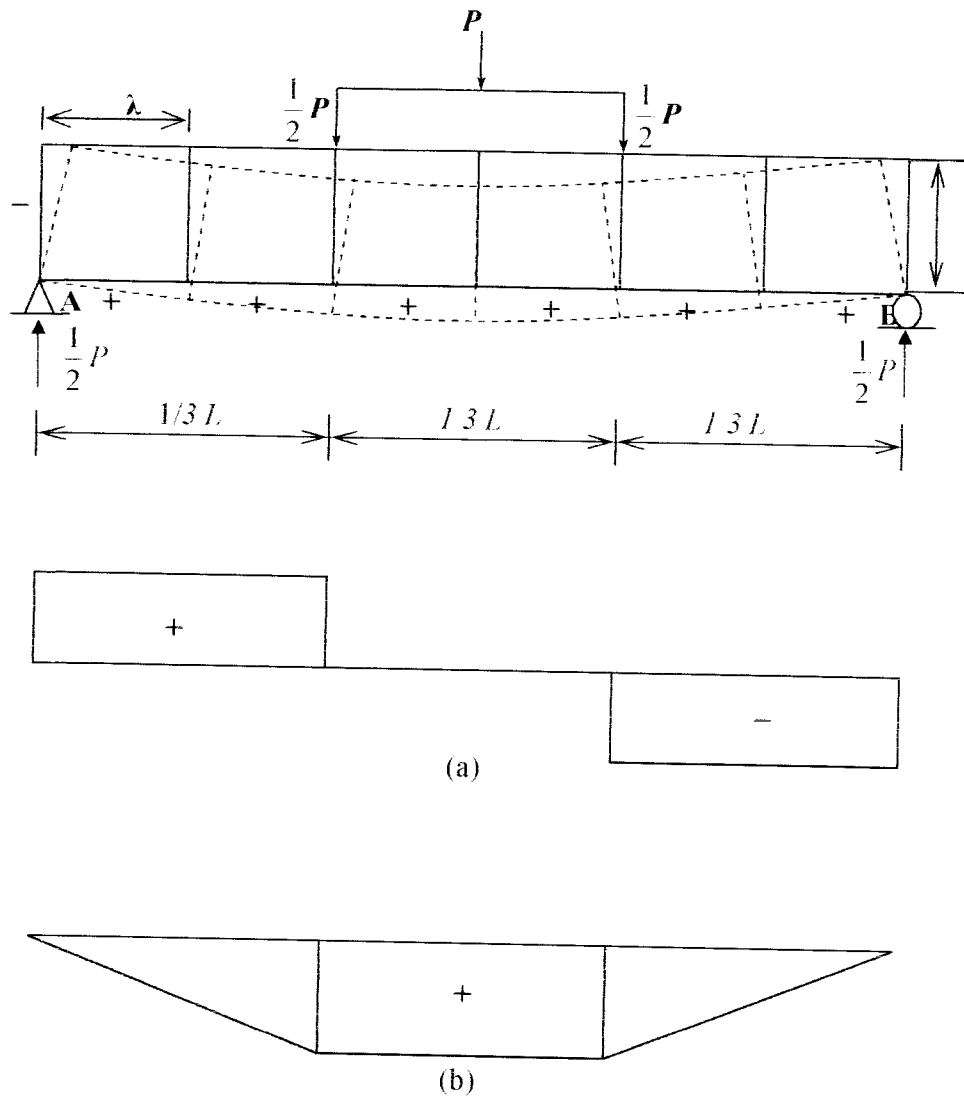
### **LANDASAN TEORI**

Agar penelitian yang dilakukan tidak menyimpang maka diperlukan adanya suatu landasan teori supaya hasil yang dicapai dapat dipertanggung jawabkan dan disesuaikan dengan teori-teori dan rumus yang biasa digunakan.

#### **3.1 Pendahuluan**

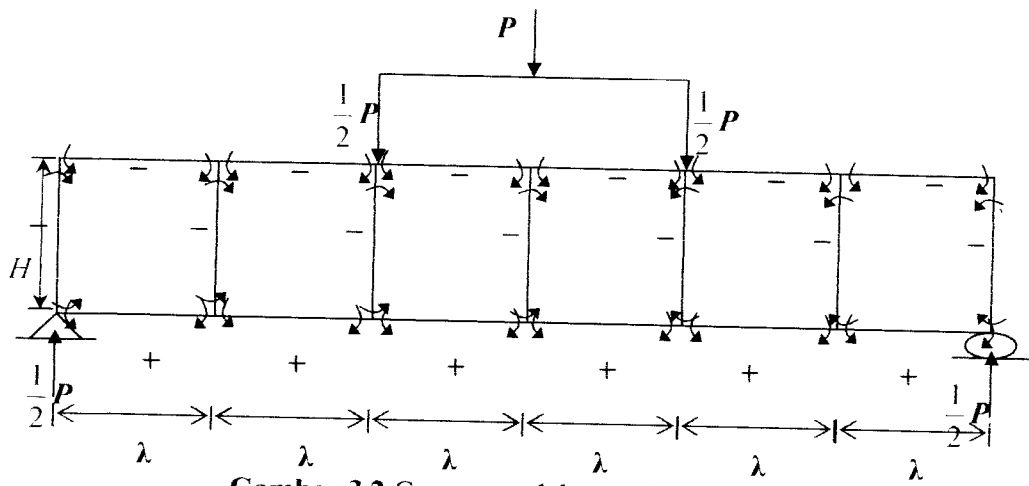
Struktur rangka kaku terbuat dari kolom-kolom dan balok-balok yang dihubungkan secara kaku. Kekakuan bangunan oleh batang-batang menerus diperlukan untuk menahan gaya-gaya lateral dan gaya aksial. Apabila diberi beban vertikal yang didistribusikan secara merata, rangka kaku ini akan mengalami deformasi seperti pada Gambar 3.1 (Wolfgang Schueller, 1989).

Tulangan geser (sengkang) pada balok terlentur merupakan komponen struktur untuk menahan gaya geser yang sedemikian besar sehingga diluar kemampuan beton untuk menahannya. Keruntuhan geser merupakan hal yang harus dihindari karena sifatnya yang tiba – tiba tanpa ada peringatan terlebih dahulu.



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

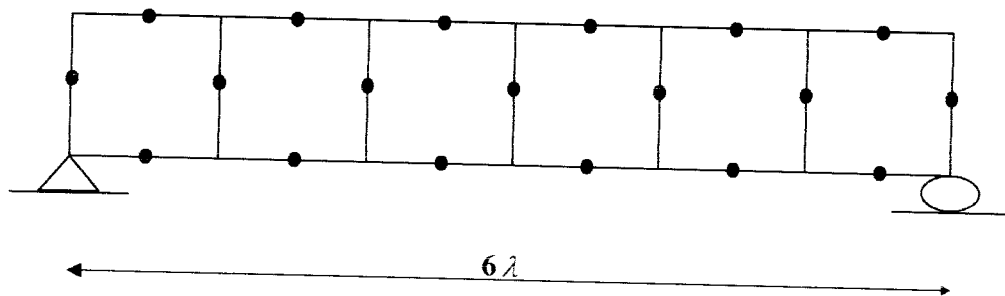
Beban transversal pada rangka *viereendeel* dukungan sendi rol akan menyebabkan gaya aksial tekan dan momen pada batang tepi atas dan batang transversal serta gaya aksial tarik dan momen pada batang tepi bawah seperti pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Gaya-gaya dalam pada balok vierendeel

### 3.2 Analisis Gaya Batang

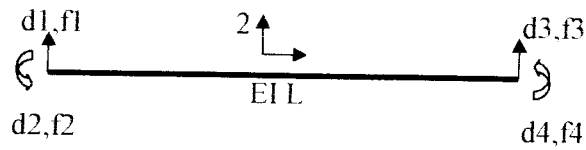
Banyak cara untuk menganalisis struktur rangka *vierendeel*. Salah satu cara adalah dengan menggunakan metode portal, yaitu dengan menganggap titik-titik belok dianggap berada ditengah-tengah elemen batang tepi dan elemen batang transversal seperti terlihat pada Gambar 3.3 (Wolfgang Schueller, 1989).



Gambar 3.3 Titik-titik belok pada balok *vierendeel*

Selain dengan metode portal analisis juga bisa dilakukan dengan SAP2000, dalam SAP2000 metode yang digunakan adalah metode matrik. Berikut ini contoh analisis dengan metode matrik untuk batang lentur dan batang tekan / tarik (Susastrawan, 1991).

Metode matrik untuk batang lentur seperti dibawah ini :



$$f = k \cdot d$$

$$\begin{Bmatrix} F1 \\ F2 \\ F3 \\ F4 \end{Bmatrix} = \alpha \begin{pmatrix} 12 & 6L & -12 & 6L \\ 6L & 4L^2 & -6L & 2L^2 \\ -12L & -6L & 12L & -6L \\ 6L & 2L^2 & -6L & 4L^2 \end{pmatrix} \begin{Bmatrix} d1 \\ d2 \\ d3 \\ d4 \end{Bmatrix}$$

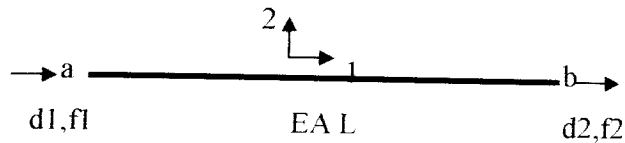
$$\alpha = \frac{EI}{L^3}$$

$F$  = Gaya

$k$  = Kekakuan

$d$  = Defleksi

Metode matrik untuk persamaan dasar batang tekan atau tarik :



$$\begin{Bmatrix} F1 \\ F2 \end{Bmatrix} = \frac{EA}{L} \begin{pmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{pmatrix} \begin{Bmatrix} d1 \\ d2 \end{Bmatrix}$$

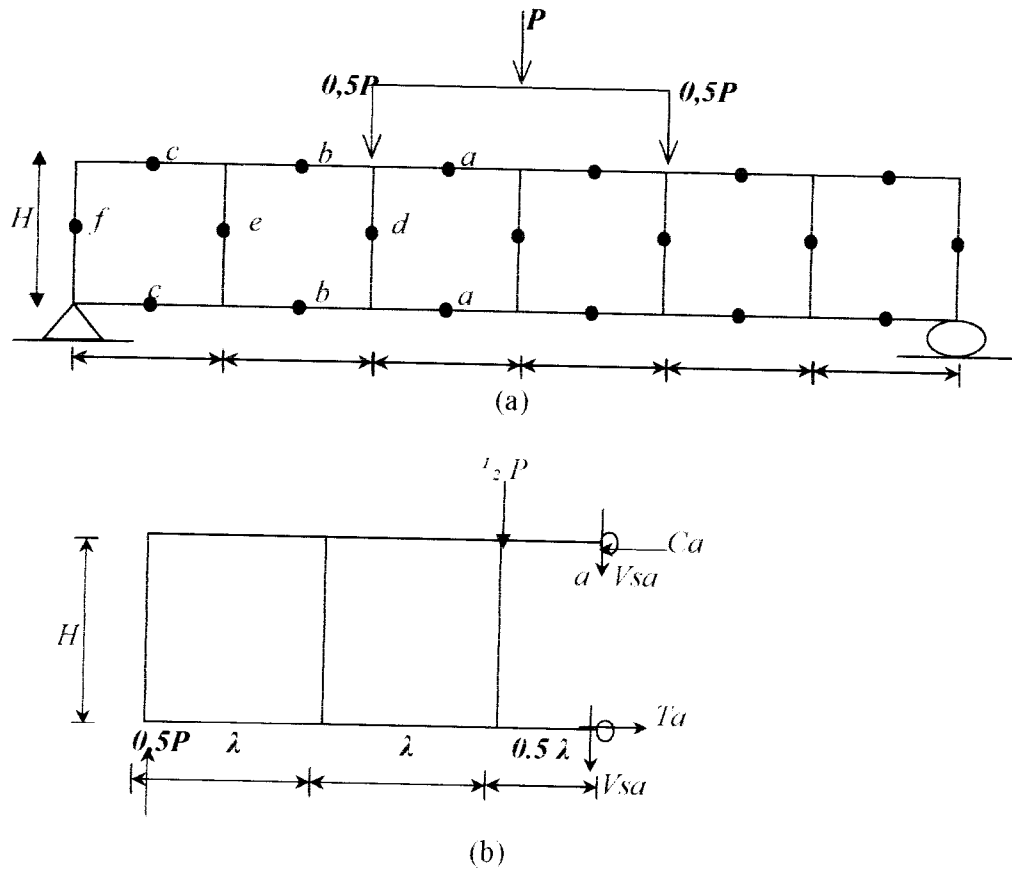
Kesimpulan :

1. Prinsip dasar antara batang lentur dan batang tekan / tarik adalah sama  
(  $f = k \cdot d$  )
2. Perbedaan pada keduanya adalah :
  - a. batang lentur (4 dof),
  - b. batang aksial (2 dof).

Berikut dibawah ini analisis gaya batang dengan menggunakan metode portal.

### 3.2.1 Gaya Aksial Pada Batang Tepi

Untuk menghitung gaya batang dengan metode portal dapat dilakukan dengan memotong rangka *viendeel*. Kesetimbangan rotasi di sekitar simpul pada daerah potongan menghasilkan gaya batang aksial seperti yang terlihat pada Gambar 3.4. (Wolfgang Schueller, 1989).



**Gambar 3.4** (a) Titik belok pada balok *viendeel*

(b) *Free body* balok *viendeel* pada titik belok *a*

Gaya batang aksial pada balok *vierendeel* dapat dicari menggunakan keseimbangan momen pada titik (*a*)

$$\sum M_a = 0$$

$$\frac{1}{2} P \times 2,5 \lambda - \frac{1}{2} P \times 0,5 \lambda - C_a H = 0 \quad (1)$$

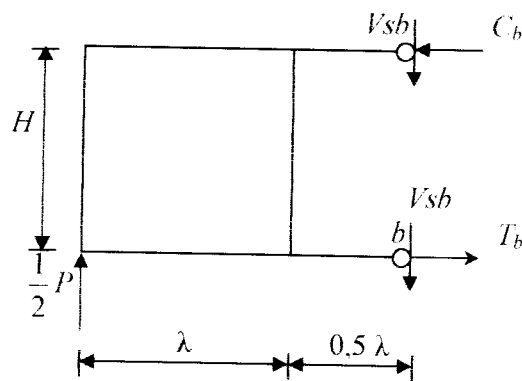
$$C_a = \frac{P \lambda}{H} \quad (2)$$

Keseimbangan horizontal menghasilkan gaya aksial batang pada batang tepi bawah  $T_a$

$$\sum H = 0$$

$$T_a = C_a = \frac{P \lambda}{H} \quad (3)$$

Untuk mencari gaya batang pada batang (*b*) dapat dilakukan dengan menggunakan keseimbangan momen pada titik (*b*) seperti pada Gambar 3.5.



**Gambar 3.5** Free body balok *vierendeel* pada titik belok *b* pada Gambar 3.4.

$$\sum M_b = 0$$

$$\frac{1}{2} P \times 1,5 \lambda - C_b H = 0 \quad (4)$$

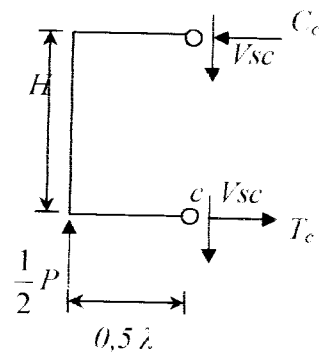
$$C_b = \frac{3}{4} \frac{P\lambda}{H} \quad (5)$$

Keseimbangan horizontal menghasilkan gaya aksial batang pada batang tepi bawah  $T_b$

$$\sum H = 0$$

$$T_b - C_b = \frac{3}{4} \frac{P\lambda}{H} \quad (6)$$

Untuk menghitung gaya aksial batang ( $c$ ) dapat dilakukan dengan menggunakan kesetimbangan momen pada titik ( $c$ ) seperti pada Gambar 3.6.



**Gambar 3.6** Free body balok vierendeel pada titik belok  $c$  pada Gambar 3.4.

$$\sum M_c = 0$$

$$\frac{1}{2} P \times 0,5\lambda - C_b H = 0 \quad (7)$$

$$C_c = \frac{1}{4} \frac{P\lambda}{H} \quad (8)$$

Keseimbangan horizontal menghasilkan gaya aksial batang pada batang tepi bawah  $T_c$

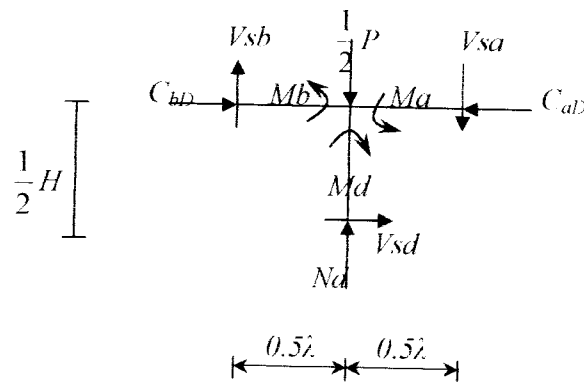
$$V_{sc} = \frac{1}{4}P \quad (15)$$

Dari hasil analisis gaya geser pada batang tepi, tampak bahwa gaya geser maksimum adalah pada sisi sepertiga bentang paling tepi.

### 3.2.3 Momen Pada Elemen Tepi

Momen maksimum terjadi pada perpotongan antara batang dan kolom dapat diketahui dengan kesetimbangan rotasi pada titik perpotongan antara batang tepi dan batang transversal.

Untuk mengetahui momen pada batang (a) dapat dilihat pada Gambar 3.7.



**Gambar 3.7** Gambar gaya batang dan momen

Kesetimbangan rotasi pada perpotongan batang (a) dan (b) dengan batang transversal dapat dicari momen pada batang (a) dan batang (b) adalah :

$$M_a = V_{sa} \cdot \frac{1}{2} \lambda \quad (16)$$

$$M_b = 0 \quad (17)$$

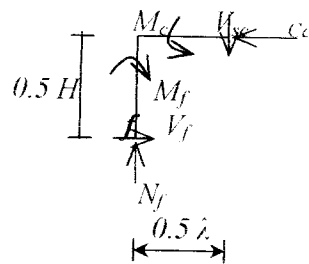


$$M_b = V_{sb} \cdot \frac{1}{2} \lambda \quad (18)$$

$$M_b = \frac{1}{4} P \cdot \frac{1}{2} \lambda \quad (19)$$

$$M_b = \frac{1}{8} P \lambda \quad (20)$$

Perhitungan momen pada batang (c) dapat dilihat dari Gambar 3.8. Dengan keseimbangan rotasi pada titik perpotongan antara batang (c) dan (f), maka :



**Gambar 3.8** Gambar gaya batang dan momen

$$M_c = V_{sc} \cdot 0,5 \lambda \quad (21)$$

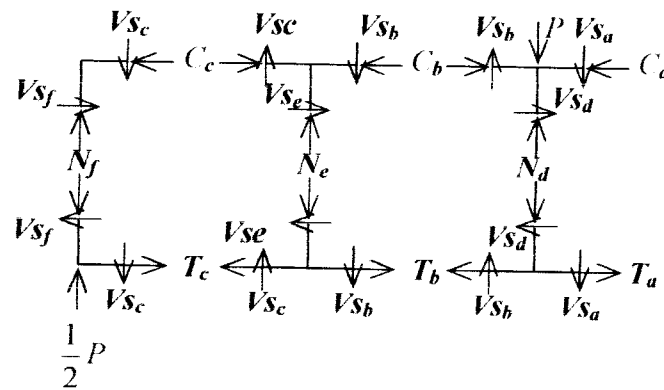
$$M_c = \frac{1}{4} P \cdot \frac{1}{2} \lambda \quad (22)$$

$$M_c = \frac{1}{8} P \lambda \quad (23)$$

Dari analisis di atas, nampak bahwa momen pada batang atas dan bawah, semakin ke tepi semakin besar.

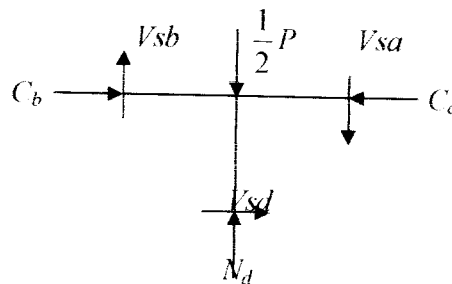
### 3.2.4 Gaya aksial pada batang transversal

Untuk menghitung gaya aksial batang transversal dapat dilakukan dengan menggunakan potongan pada struktur rangka seperti Gambar 3.6 dengan memasukkan gaya-gaya batang yang telah diketahui pada perhitungan di atas (Wolfgang Schueller, 1989).



Gambar 3.9 Free body potongan balok vierendeel

Untuk menghitung gaya aksial pada batang  $d$  dengan menggunakan kesetimbangan vertikal seperti pada Gambar 3.10



Gambar 3.10 Potongan batang  $d$  pada Gambar 3.4

Untuk mendapatkan gaya batang pada batang ( $d$ ) dapat digunakan kesetimbang vertikal :

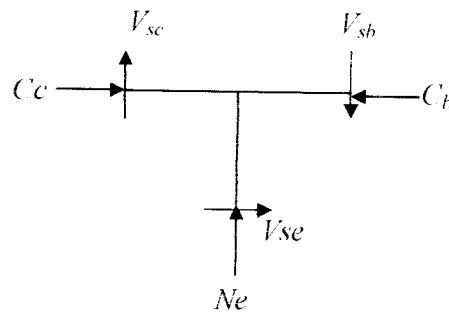
$$\Sigma V = 0$$

$$\frac{1}{2}P - V_{sa} - V_{sb} - N_d = 0 \quad (24)$$

$$\frac{1}{2}P - 0 - \frac{1}{4}P - N_d = 0 \quad (25)$$

$$N_d = \frac{1}{4}P \quad (26)$$

Untuk mendapatkan gaya batang pada batang (e) dapat digunakan keseimbangan vertikal :



**Gambar 3.11** Potongan batang e pada Gambar 3.4.

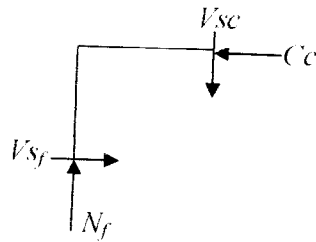
$$\Sigma V = 0$$

$$V_{sb} - V_{sc} - N_e = 0 \quad (27)$$

$$\frac{1}{4}P - \frac{1}{4}P - N_e = 0 \quad (28)$$

$$N_e = 0 \quad (29)$$

Untuk mendapatkan gaya batang pada batang (f) dapat digunakan keseimbangan vertikal :



**Gambar 3.12** Potongan batang  $f$  pada Gambar 3.4.

$$\sum V = 0$$

$$V_{sc} - N_f = 0 \tag{30}$$

$$\frac{1}{4}P - N_f = 0 \tag{31}$$

$$N_f = \frac{1}{4}P \tag{32}$$

Dari analisis di atas tampak, bahwa gaya aksial pada batang transversal terjadi pada batang ( $d$ ) yang berjarak  $\lambda$ , dan batang ( $f$ ).

### 3.2.5 Gaya Geser Pada Batang Transversal

Perhitungan gaya geser pada batang  $V_{sd}$  dapat dilakukan dengan merujuk pada Gambar 3.10

$$\sum H = 0$$

$$C_b - C_a - V_{sd} = 0 \tag{33}$$

$$\frac{3}{4} \frac{P\lambda}{H} - \frac{P\lambda}{H} - V_{sd} = 0 \tag{34}$$

$$V_{sd} = \frac{1}{4} \frac{P\lambda}{H} \tag{35}$$

Perhitungan gaya geser pada batang  $V_{se}$  dapat dilakukan dengan merujuk pada Gambar 3.11.

$$\sum H = 0$$

$$C_c - C_b + V_{se} = 0 \quad (36)$$

$$\frac{1}{4} \frac{P\lambda}{H} - \frac{3}{4} \frac{P\lambda}{H} + V_{se} = 0 \quad (37)$$

$$V_{se} = \frac{1}{2} \frac{P\lambda}{H} \quad (38)$$

Perhitungan gaya geser pada batang  $V_{sf}$  dapat dilakukan dengan merujuk pada Gambar 3.12.

$$\sum H = 0$$

$$C_c - V_{sf} = 0 \quad (39)$$

$$\frac{1}{4} \frac{P\lambda}{H} - V_{sf} = 0 \quad (40)$$

$$V_{sf} = \frac{1}{4} \frac{P\lambda}{H} \quad (41)$$

Dari analisis di atas tampak, bahwa gaya geser terbesar terjadi pada batang transversal ( $e$ ).

### 3.2.6 Momen Pada Batang Transversal

Kapasitas momen lentur pada batang transversal dapat dicari dengan keseimbangan rotasi pada perpotongan batang tepi dan batang transversal. Dari Gambar 3.10 akan dicari nilai momen pada batang ( $d$ ).

$$M_d = V_{sd} \times 0,5H \quad (42)$$

### A. Pengaruh Jarak Sengkang Terhadap Gaya Geser

Dalam membahas balok terlentur hendaknya mempertimbangkan pula bahwa pada saat yang sama balok juga menahan gaya geser akibat lentur. Untuk komponen struktur beton bertulang, apabila gaya geser yang bekerja sedemikian besar hingga diluar kemampuan beton untuk menahannya, perlu memasang baja tulangan tambahan (sengkang) untuk menahan geser tersebut. Untuk mengetahui pengaruh jarak sengkang terhadap geser dapat digunakan persamaan berikut ini (Edward G. Nawy, 1990).

$$S = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} \quad (51)$$

$$V_s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{S} \quad (52)$$

Dengan metode pembebanan terdistribusi merata menjadi  $P_1$  dan  $P_2$  yang mempunyai nilai  $0,5 P$  untuk  $P_1$  dan  $0,5 P$  untuk  $P_2$ , maka :

$$V_u = \frac{1}{4} P \quad (53)$$

$$P = 4 \cdot V_u \quad (54)$$

Apabila gaya geser akibat beban luar ( $V_u$ ) =  $\phi V_n$  dengan  $\phi V_n = \phi(V_c + V_s)$ , didapat persamaan :

$$\phi V_n = \phi \left( \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d + \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s} \right) \quad (55)$$

Dalam keadaan ultimit, yaitu tegangan geser  $\frac{1}{6} \sqrt{f_c'}$  dan tegangan luluh baja mencapai  $f_y$ , maka dengan memasukan persamaan (55) ke persamaan (54) maka persamaan (54) menjadi :

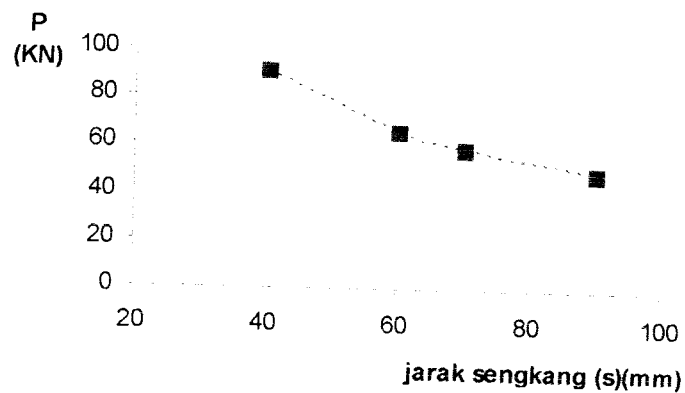
$$P = \phi \left( \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d + \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s} \right) \quad (56)$$

Dalam keadaan ultimit tersebut, dengan menggunakan Persamaan (56) hubungan jarak sengkang terhadap beban ( $P$ ) ditunjukkan oleh Gambar 3.13.

$$\begin{aligned} A_v &= 2 \text{ D } 5,2 \text{ mm} = 42,47 \text{ mm}^2 \\ f_c' &= 10 \text{ MPa} \\ f_y &= 300 \text{ MPa} \\ b &= 120 \text{ mm} \\ d &= 100 \text{ mm} \\ \phi &= 0,6 \end{aligned}$$

**Tabel 3.1** Hubungan jarak sengkang terhadap beban

No	Variasi jarak sengkang (mm)	$P$ Teori (KN)
1	40	91,64
2	60	66,14
3	70	58,86
4	90	49,14



**Gambar 3.13** Hubungan jarak sengkang terhadap beban

Dari Gambar 3.13 bisa dilihat bahwa jika jarak sengkang ( $s$ ) semakin besar (renggang) maka akan terjadi degradasi (penurunan) kapasitas beban ( $P$ ) yang dapat ditahan.

Dengan memasukkan nilai dari Persamaan (56) ke Persamaan (53), maka kapasitas geser balok *viereendeel* menjadi Persamaan (57)

$$V_u = 1/2 \times 4 \varphi \left( \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d + \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s} \right)$$

$$V_u = 2 \cdot \varphi \left( \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d + \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s} \right) \quad (57)$$

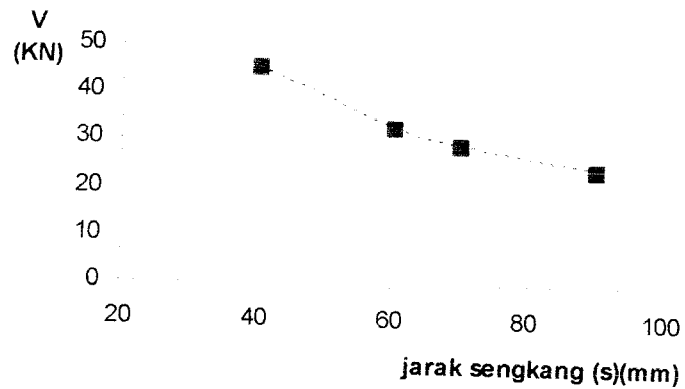
Hubungan jarak sengkang terhadap gaya geser ditunjukkan oleh Gambar 3.14.

- $A_v = 2 \text{ D } 5,2 \text{ mm} = 42,47 \text{ mm}^2$
- $f_c' = 10 \text{ MPa}$
- $f_y = 300 \text{ MPa}$
- $b = 120 \text{ mm}$
- $d = 100 \text{ mm}$
- $\varphi = 0,6$

**Tabel 3.2** Hubungan jarak sengkang terhadap gaya geser

No	Variasi jarak sengkang (mm)	V Teori (KN)
1	40	45,82
2	60	33,07
3	70	29,43
4	90	24,57





**Gambar 3.14** Hubungan jarak sengkang terhadap gaya geser

Dari Gambar 3.14 bisa dilihat bahwa jika jarak sengkang ( $s$ ) yang semakin jauh (renggang) maka akan terjadi penurunan gaya geser.

### B. Pengaruh Jarak Sengkang Terhadap Momen

Momen disini ditinjau dari kapasitas momen yang paling maksimum pada elemen rangka *vierendeel*. Momen maksimum pada rangka *vierendeel* terjadi pada batang  $d$  maka didapat persamaan (44).

$$Md = \frac{1}{4} P\lambda = \frac{1}{8} P \text{ meter}$$

Dengan menganggap momen ultimit terjadi pada waktu yang bersamaan dengan geser ultimit, maka dengan memasukan nilai  $P$  dari persamaan (56) didapat persamaan (58)

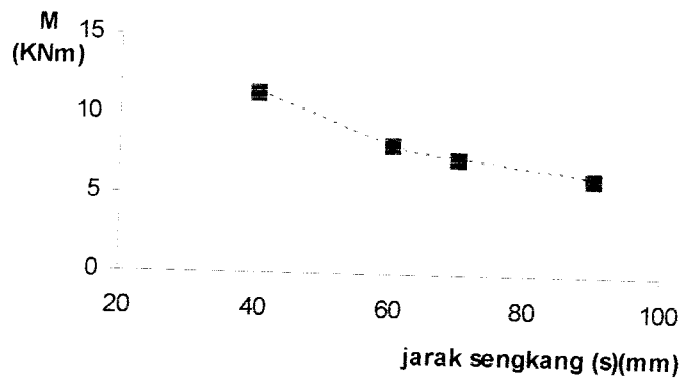
$$Md = \frac{1}{8} \cdot 4\phi \left( \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d - \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s} \right) \quad (58)$$

Hubungan momen terhadap jarak sengkang ditunjukkan oleh Gambar 3.15.

$$\begin{aligned}
 A_v &= 2 D 5,2 \text{ mm} = 42,47 \text{ mm}^2 \\
 f_c' &= 10 \text{ MPa} \\
 f_y &= 300 \text{ MPa} \\
 b &= 120 \text{ mm} \\
 d &= 100 \text{ mm} \\
 \phi &= 0,6
 \end{aligned}$$

**Tabel 3.3** Hubungan jarak sengkang terhadap momen

No	Variasi jarak sengkang (mm)	M Teori (KNm)
1	40	11,45
2	60	8,27
3	70	7,36
4	90	6,14



**Gambar 3.15** Hubungan jarak sengkang terhadap momen

Dari Gambar 3.15 bisa dilihat bahwa jika jarak sengkang ( $s$ ) semakin jauh (renggang) maka akan terjadi penurunan kapasitas momen yang semakin kecil.

### 3.3 Batang Tarik Lentur

Pada balok *vierendeel* batang yang mengalami kombinasi tarik-lentur adalah batang tepi bawah.

Persamaan yang dapat digunakan dalam menghitung tegangan maksimum yang terjadi pada batang yang mengalami lenturan adalah :

$$f_y = \frac{M.c}{I} \quad (59)$$

$I$  atau  $y$  disebut juga sebagai modulus potongan ( $S$ ), sehingga persamaan dapat ditulis dalam bentuk :

$$f_b = \frac{M}{S} \quad (60)$$

Persamaan untuk menghitung tegangan pada batang yang mengalami tarik aksial adalah :

$$f = \frac{P}{A} \quad (61)$$

Sehingga persamaan akhir batang yang mengalami kombinasi tarik aksial dan lentur adalah :

$$f = \frac{P}{A} \pm \frac{M}{S} \quad (62)$$

Dimana

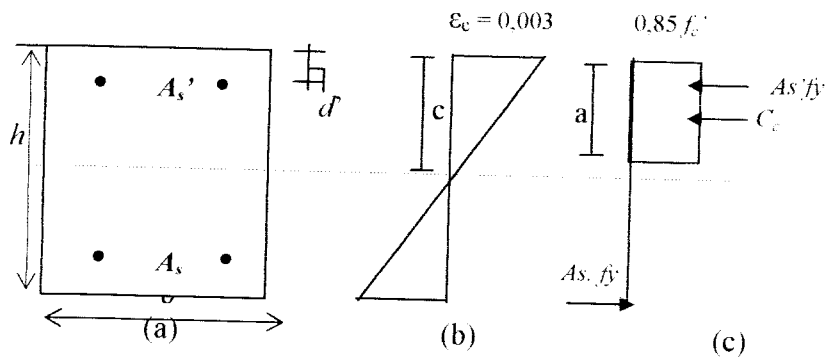
- $f$  = Tegangan pada serat yang ditinjau
- $M$  = Momen lentur
- $C$  = Jarak serat yang ditinjau
- $I$  = Momen inersia
- $A$  = Luas netto
- $S$  = Modulus potongan

Dengan rumus diatas akan menghasilkan kombinasi tegangan tarik dan lentur yang kecil apabila modulus potongan pada batangnya besar.

Dari Gambar 3.16 diketahui bahwa batang yang menerima tekan lentur dipengaruhi oleh faktor kelangsingan yang dinyatakan dalam Persamaan (64)

$$\frac{KL}{r} \tag{64}$$

apabila  $\frac{KL}{r} < (34 - 12 \times (\frac{M_1}{M_2}))$  maka dapat digunakan analisis kolom pendek ( Edward G. Nawy, 1990).



**Gambar 3.17** (a) Tampang melintang balok – kolom  
 (b) Regangan balance  
 (c) Tegangan balance

Dari Gambar 3.17 dapat diketahui :

$$Cc = 0,85 fc' a . b \tag{65}$$

$$Cs = As' . fy \tag{66}$$

$$Ts = As . fy \tag{67}$$

Keseimbangan yang didapat dari Gambar 3.17 (c) didapat

$$Ts = Cc - Cs$$

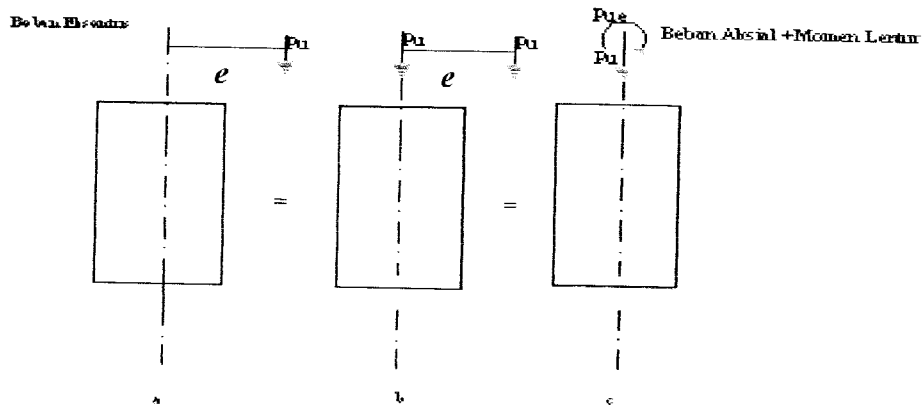
Gaya aksial nominal dalam keadaan runtuh ( $Pu$ ) dinyatakan dalam Persamaan (68).

$$P_u = C_c + C_s + T_s \quad (68)$$

Kapasitas beban nominal pada kolom tidak boleh lebih besar dari  $P_{u_{maks}}$  yang dinyatakan dalam persamaan (69).

$$P_{u_{maks}} = 0,85 [0,85f_c'(A_g - A_{st}) + (A_{st} \cdot F_y)] \quad (69)$$

Hubungan antara aksial – momen, dan eksentrisitas ditunjukkan Gambar 3.18.



**Gambar 3.18** Hubungan beban Aksial – Momen – Eksentrisitas

Dari Gambar 3.18 hubungan Aksial – Momen, dan Eksentrisitas dinyatakan dalam Persamaan (70).

$$M_u = P_u \cdot e \quad (70)$$

$$\text{Apabila } \frac{KL}{r} > (34 - 12 \times (\frac{M_1}{M_2}))$$

maka berlaku analisis kolom langsing (Edward G. Nawy, 1990).

Analisis kolom langsing dapat dilakukan dengan mengacu pada Gambar 3.18 Akibat gaya aksial ( $P_u$ ) menyebabkan balok melentur, sehingga timbul lendutan  $\Delta$ . Akibat dari timbulnya lendutan  $\Delta$  akan menimbulkan momen sekunder ( $M_c$ ) yang besarnya ditunjukkan oleh Persamaan (71)

$$M_c = P \cdot \Delta \quad (71)$$

Sehingga momen yang terjadi pada balok menjadi

$$M = M_1 + Mc \quad (72)$$

dimana

$$M_1 = Mu.\delta \quad (73)$$

$$M_1 = Mu \left( \frac{1}{1 - \frac{P}{P_{cr}}} \right) \quad (74)$$

dengan :

- $P$  = gaya aksial
- $M_1$  = pembesaran momen
- $Mc$  = momen sekunder

### 3.6 Tinjauan Geser

Perencanaan untuk struktur kompen – komponen terlentur didasarkan pada anggapan bahwa beton menahan sebagian dari gaya geser, sedangkan kelebihan atau kekuatan geser diatas kemampuan beton untuk menahannya dilimpahkan kepada tulangan baja geser. SK SNI T-15-1991-03 memberikan kapasitas kemampuan beton untuk menahan geser adalah  $V_c$ .

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{F_c'} (bw.d) \quad (75)$$

Dengan ;  $V_c$  = kemampuan beton untuk menahan gaya geser

$f_c'$  = kuat tekan beton

$bw$  = lebar balok

$d$  = tinggi efektif

Sedangkan kuat geser nominal yang dihasilkan baja tulangan untuk menahan geser adalah  $V_s$ , sesuai dengan persamaan (76).

$$V_s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s} \quad (76)$$

Dengan ;  $V_s$  = kemampuan baja tulangan untuk menahan geser

$A_v$  = luas tulangan geser total

$f_y$  = kuat luluh tulangan geser

$d$  = tinggi efektif

$s$  = jarak sengkang

Karena tampang batang tepi atas dan tepi bawah menahan gaya yang berbeda, batang tepi atas merupakan batang yang menerima desak sehingga kekuatan geser tumpangannya merupakan gabungan dari kuat geser beton dan kuat geser tulangan ( $V_n = V_c + V_s$ ). Sedangkan batang tepi bawah merupakan batang tarik padahal beton lemah terhadap gaya tarik sehingga untuk batang tepi bawah yang berfungsi untuk menahan geser hanya tulangan gesernya saja ( $V_n = V_s$ ).

Sehingga kuat geser nominal ( $V_n$ ) adalah :

Untuk batang tepi atas :

$$V_n = V_c + V_s \quad (77)$$

Untuk batang tepi bawah :

$$V_n = V_s \quad (78)$$

Untuk perlu atau tidaknya penggunaan tulangan geser, SK SNI T-151991-03 memberikan kriteria untuk perencanaan jarak sengkang sebagai berikut :

1. bila  $V_u \leq 0,5 \phi V_c$

penulangan geser tidak diperhitungkan.

2. bila  $0,5 \phi V_c < \frac{V_u}{\phi} \leq V_c$

Perlu tulangan geser kecuali untuk struktur sebagai berikut : struktur pelat (lantai, atap, pondasi), balok  $h \leq 25$  cm. Jarak penulangan

$$\text{gesernya adalah : } s \leq \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s \text{ min}}$$

$$\leq \frac{d}{2} \text{ atau } \leq 600 \text{ mm}$$

3. bila  $V_c < \frac{V_u}{\phi} \leq (V_c + V_{s \text{ min}})$

$$\begin{aligned} \text{Jarak penulangan gesernya adalah : } s &\leq \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s \text{ min}} \\ &\leq \frac{d}{2} \text{ atau } \leq 600 \text{ mm} \end{aligned}$$

4. bila  $(V_c + V_{s \text{ min}}) < \frac{V_u}{\phi} \leq 3V_c$

$$\begin{aligned} \text{Jarak penulangan gesernya adalah : } s &\leq \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{\left( \frac{V_u}{\phi} - V_c \right)} \\ &\leq \frac{d}{2} \text{ atau } \leq 600 \text{ mm} \end{aligned}$$

5. bila  $3V_c < \frac{V_u}{\phi} \leq 5V_c$

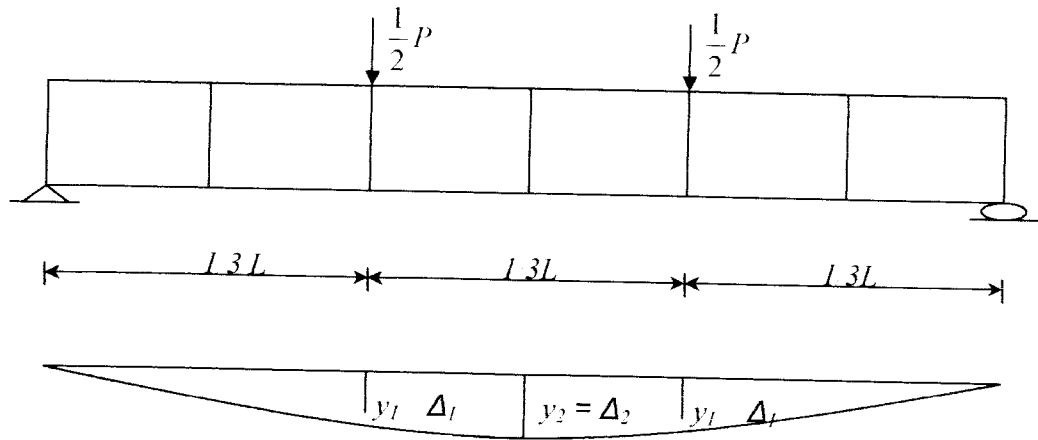
$$\begin{aligned} \text{Jarak penulangan gesernya adalah : } s &\leq \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{\left( \frac{V_u}{\phi} - V_c \right)} \\ &\leq \frac{d}{2} \text{ atau } \leq 600 \text{ mm} \end{aligned}$$

6. bila  $\frac{V_u}{\phi} > 5V_c$ ; maka ukuran balok diperbesar

### 3.7 Hubungan Beban - Lendutan

Sebuah balok yang menerima beban akan mengalami lendutan. Untuk pembebanan terpusat seperti pada Gambar 3.19 dapat dilihat terjadinya lendutan.





**Gambar 3.19** Defleksi pada balok *Vierendeel*

Banyak cara yang digunakan untuk menghitung besarnya lendutan balok, satu diantaranya adalah dengan metode integrasi ganda. Metode integrasi ganda diterapkan pada persamaan momen seperti Persamaan (79) berikut :

$$Ely = \iint Mx dx dx + c_1x + c_2 \quad (79)$$

Berdasar Persamaan (79), maka besarnya lendutan dapat dicari pada titik-titik yang ditunjukkan oleh Gambar 3.19.

$$\text{Untuk lendutan pada } \frac{1}{3} \text{ bentang : } \Delta_1 = y_1 = \frac{5Pl^3}{324EI} \quad (80)$$

$$\text{Untuk lendutan pada } \frac{1}{2} \text{ bentang : } \Delta_2 = y_2 = \frac{23Pl^3}{1296EI} \quad (81)$$

$$\text{Untuk lendutan pada } \frac{1}{3} \text{ bentang : } \Delta_3 = y_3 = \frac{5Pl^3}{324EI} \quad (82)$$

Keterangan :

$\Delta$  = defleksi balok

$I$  = momen inersia

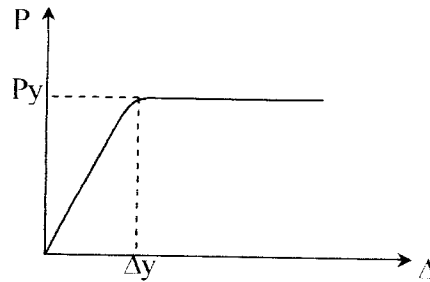
$P$  = beban

3.1

$E$  = modulus elastis

$L$  = panjang bentang

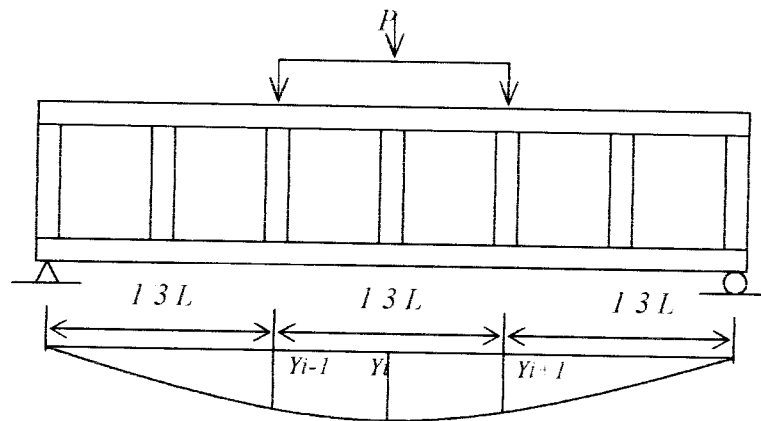
Hubungan beban-lendutan pada balok yang menerima beban lentur dapat disederhanakan seperti Gambar 3.20.



Gambar 3.20 Hubungan beban-lendutan

### 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 *viendeel* dengan tumpuan sederhana seperti pada Gambar 3.21 mengalami dua beban transversal terpusat simetris, balok akan melentur atau mengalami defleksi.



Gambar 3.21 Defleksi pada balok *viendeel*

## BAB IV

### METODE PENELITIAN

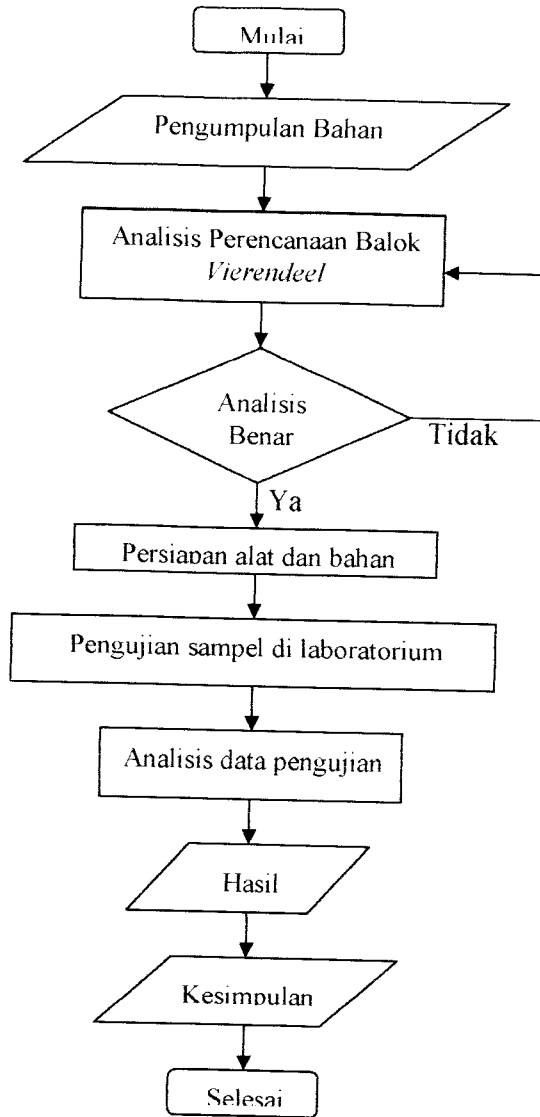
Dalam rangka mempermudah penyusunan pelaksanaan penelitian ini dibuat susunan meliputi : tinjauan umum, persiapan bahan dan alat, peralatan penelitian, pemeriksaan pendahuluan, model benda uji, dan pelaksanaan penelitian.

#### 4.1 Tinjauan Umum

Metode penelitian merupakan suatu sistem yang digunakan dalam pelaksanaan sebuah penelitian untuk mendapatkan hasil akhir atau jawaban permasalahan penelitian. Adapun sistem atau cara yang digunakan meliputi hal-hal sebagaimana dalam *Flowchart*

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 lentur beton dari balok *vierendeel* di laboratorium.



**Gambar 4.1** Flowchart metode penelitian

#### 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.

#### **4.2.1 Bahan**

Bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah semen, agregat, baja tulangan, air dan bekisting.

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 5,2 mm untuk tulangan pokok dan diameter 5,2 mm untuk sengkang.

d. Air

Air akan diambil dari laboratorium Bahan Konstruksi Teknik FTSP Universitas Islam Indonesia.

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

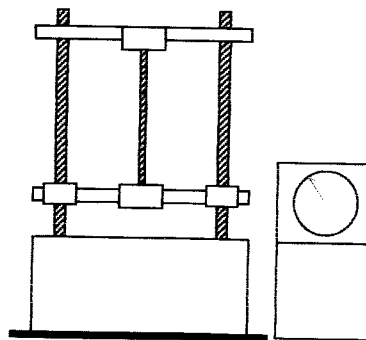
Laboratorium Mekanika Rekayasa FTSP UII. Peralatan yang digunakan adalah Mesin Uji Kuat Desak, Mesin Uji Kuat Tarik, *Loading Frame*, *Dial Gauge*, *Hidraulik Jack*, Mesin aduk beton, Kerucut Abrams, Saringan, dan ayakan.

#### 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.

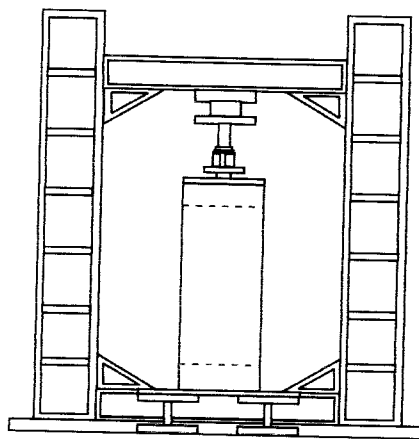


**Gambar 4.2** Universal Testing Material (UTM)

#### 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 *Loading Frame* ini stabil pada waktu pembebanan dilakukan maka pelat 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 4.3** *Loading Frame*

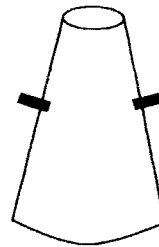
#### 4. *Dial Gauge*

*Dial Gauge* adalah alat yang digunakan untuk mengukur besarnya lendutan yang terjadi dengan kapasitas lendutan maksimum 50 mm dan ketelitian pembacaan dial 0,01 mm, digunakan 3 buah.



#### 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 4.6** Kerucut Abrams

#### 8. Saringan (ayakan)

Saringan (ayakan) ini dipakai untuk memperoleh diameter kerikil maksimal 10 mm.

#### 9. Timbangan

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

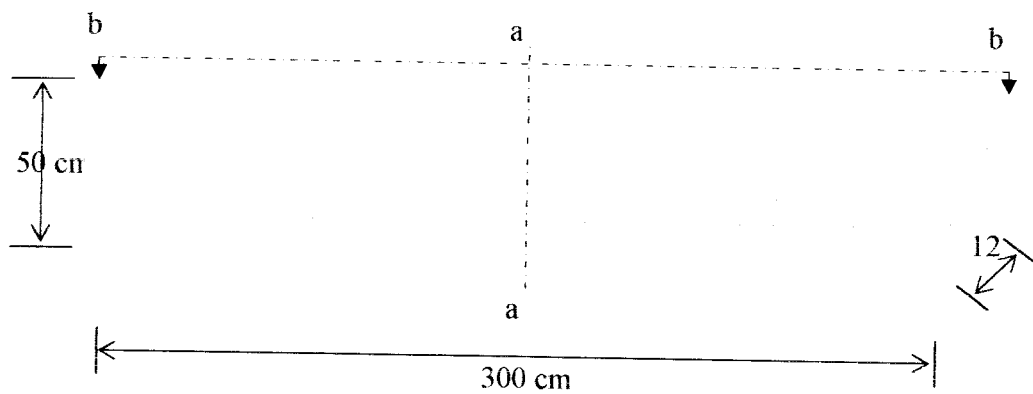
### 4.3 Pemeriksaan Pendahuluan

Sebelum pencampuran adukan beton, dilakukan terlebih dahulu terhadap bahan-bahan penyusun campuran adukan beton. Pengujian yang dilakukan



2. benda uji II :  $B = 12 \text{ cm}$ ,  $H = 50 \text{ cm}$  dipasang tulangan dengan diameter 5,2 mm dan  $f_c' = 12,5 \text{ MPa}$ , jarak sengkang 60 mm diameter 5,2 mm,
3. benda uji III :  $B = 12 \text{ cm}$ ,  $H = 50 \text{ cm}$  dipasang tulangan dengan diameter 5,2 mm dan  $f_c' = 10 \text{ MPa}$ . jarak sengkang 70 mm diameter 5,2 mm, dan
4. benda uji IV :  $B = 12 \text{ cm}$ ,  $H = 50 \text{ cm}$  dipasang tulangan dengan diameter 5,2 mm dan  $f_c' = 10 \text{ MPa}$ . jarak sengkang 90 mm diameter 5,2 mm.

Model benda uji dapat dilihat pada Gambar 4.7.



**Gambar 4.7** Model benda uji

Gambar masing – masing benda uji disajikan pada gambar dibawah ini

## 4.5 Pelaksanaan Penelitian

Dalam pelaksanaan penelitian dibagi menjadi 2 tahap, yaitu pembuatan benda uji dan pengujian.

### 4.5.1 Pembuatan Benda Uji

Pembuatan benda uji meliputi pembuatan benda uji kuat tarik baja, pembuatan benda uji kuat desak beton, dan pembuatan benda uji balok *viereendeel* beton.

1. Pembuatan benda uji kuat tarik baja

Baja tulangan dipotong sepanjang 50 cm, kemudian diukur diameternya menggunakan kaliper.

2. Pembuatan benda uji kuat desak beton

Sampel berupa silinder beton, dan benda uji dibuat 4 buah dengan mengambil nilai  $f'_c$  yang berbeda pada tiap sampelnya.

3. Pembuatan benda uji balok beton *viereendeel*

Balok *viereendeel* beton merupakan balok dari campuran beton dengan baja tulangan berdiameter 8 mm, perbandingan  $a/h$  konstan dengan panjang benda uji 300 cm, seperti pada Gambar 4.6.

#### 4.5.2 Tahapan Pengujian

Adapun tahapan pengujian adalah pengujian kuat tarik baja, pengujian kuat desak beton, dan pengujian benda uji balok *vierendeel* beton.

##### 1. Pengujian Kuat Tarik Baja

Pegujian kuat tarik baja dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Universitas Islam Indonesia. Pada pengujian ini besarnya tegangan leleh, tegangan maksimum dan kondisi saat baja tersebut telah patah dapat dilihat dalam grafik yang ada pada Mesin Uji Tarik Baja, dan dari pengujian ini akan didapatkan nilai  $F_y$  dengan mengambil nilai rata-rata dari pencatatan saat pegujian.

##### 2. Pengujian Kuat Desak Beton

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah sampel beton sudah memenuhi syarat yang ditentukan. Pengujian ini dilakukan dengan membuat sampel dari silinder beton, adapun mesin benda uji yang digunakan adalah mesin desak merk “ *Controls Miland Italy*.” Secara rinci pegujian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- a. sampel benda uji dibuat dengan silinder beton sebanyak 8 buah,
- b. untuk silinder beton pengujian dilakukan setelah beton berusia 28 hari,
- c. lalu diambil kesimpulan dari pengujian tersebut, apakah beton dari benda uji tersebut sudah memenuhi syarat atau belum.

## BAB V

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian yang didapatkan dari pengujian berupa hasil uji kuat tarik baja, hasil uji kuat desak beton, dan hasil uji kuat lentur balok *viereendeel* berupa beban dan lendutan pada masing – masing benda uji.

#### 5.1 Hasil Penelitian

Hasil penelitian yang didapatkan berupa hasil uji kuat tarik baja, hasil uji kuat desak beton, dan hasil uji kuat lentur balok *viereendeel* beton.

##### 5.1.1 Hasil Uji Kuat Tarik Baja

Untuk mengetahui kualitas baja yang dipakai sebagai tulangan pada benda uji balok *viereendeel* beton, dilakukan uji tarik baja di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Universitas Islam Indonesia. Hasil pengujian kuat tarik baja tulangan dapat dilihat pada Tabel 5.1.

**Tabel 5.1** Pengujian kuat tarik baja tulangan

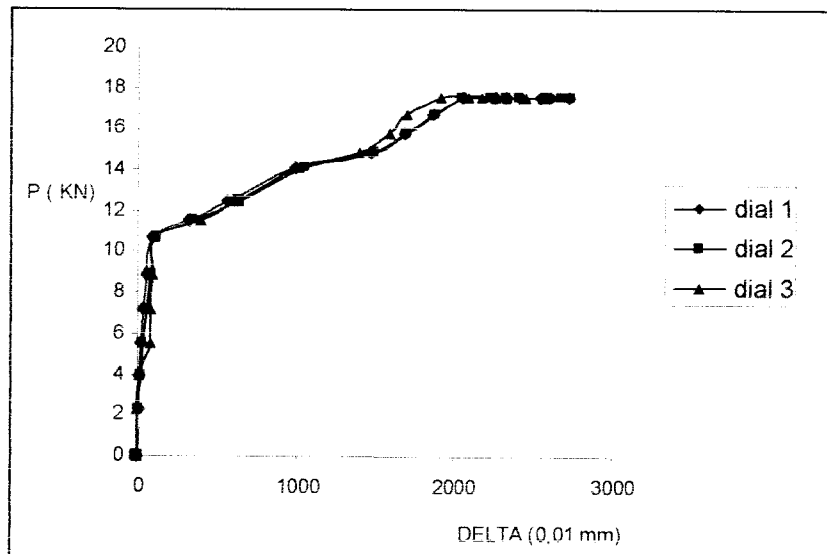
Benda Uji	Diameter (mm)	Tegangan Leleh ( $f_y$ ) (MPa)	Tegangan Ultimit ( $f_u$ ) (MPa)
1	5.167	286.181	431.656
2	5.250	277.168	420.371
	rata - rata	281.6742923	426.01359

Dari Tabel 5.1 dapat dilihat bahwa tegangan leleh rata – rata baja tulangan adalah 281,674 MPa, sedangkan tegangan ultimitnya adalah 426,01359 MPa.

**Tabel 5.3** Lanjutan

a	b	c	d
15.79061	1680	1692	1593
16.636	1863	1871	1702
17.48138	2056	2054	1914
17.48138	2255	2238	2092
17.48138	2335	2330	2178
17.48138	2415	2416	2263
17.48138	2540	2590	2334
17.48138	2610	2680	2452
17.48138	2725	2735	2561

Hubungan antara beban – deformasi benda uji 1 dari data pada Tabel 5.3 ditunjukkan oleh Gambar 5.1.



**Gambar 5.1** Hubungan beban- deformasi benda uji 1

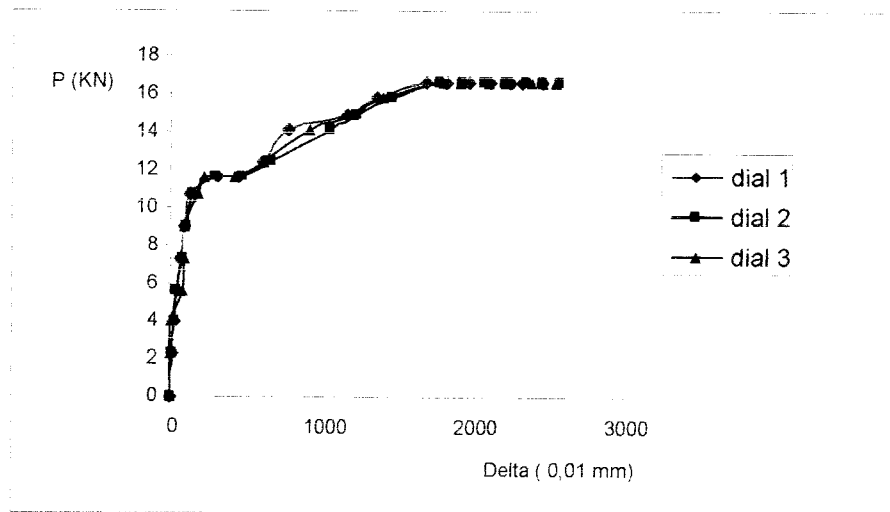
## **B. Benda uji 2**

Data hasil pengujian kuat lentur pada benda uji 2 ditunjukkan oleh Tabel 5.4.

**Tabel 5.4** Hasil uji kuat lentur benda uji 2

Beban (KN)	Dial 1 (0,01 mm)	Dial 2 (0,01 mm)	Dial 3 (0,01 mm)
0	0	0	0
2.264456775	9	10	0
3.955226775	22	25	1
5.645996775	37	43	78
7.336766775	64	73	83
9.027536775	86	95	91
10.71828678	128	143	180
11.56368678	295	288	208
11.56368678	442	467.0	408
12.40908678	598	651	600
14.09988678	764	1033	898
14.94518678	1146	1217	1185
15.79058678	1345	1448	1390
16.63598678	1670	1763	1789
16.63598678	1812	1912	1898
16.63598678	1963	2060	2088
16.63598678	2104	2200	2198
16.63598678	2240	2338	2375
16.63598678	2315	2451	2450
16.63598678	2453	2562	2537

Hubungan antara beban – deformasi dari data pada Tabel 5.4 benda uji 2 ditunjukkan oleh Gambar 5.2.



**Gambar 5.2** Hubungan beban – deformasi benda uji 2.

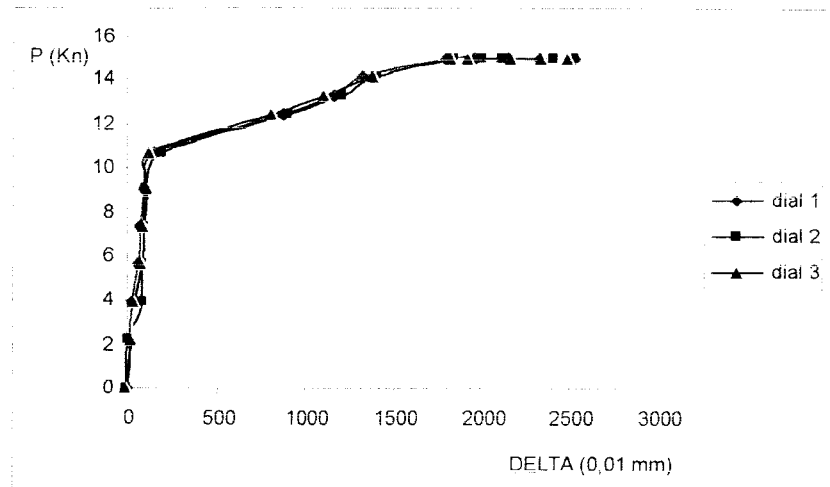
### C. Benda uji 3

Data hasil pengujian kuat lentur pada benda uji 3 ditunjukkan pada Tabel 5.5.

**Tabel 5.5** Hasil uji kuat lentur benda uji 3.

Beban (KN)	Dial 1 (0,01 mm)	Dial 2 (0,01 mm)	Dial 3 (0,01 mm)
0	0	0	0
2.264456	22	12	30
3.955225	36	82	47
5.645994	64	91	82
7.336763	78	96	98
9.027532	98	102	121
10.7183	152	193	125
12.40907	870	893	805
13.25446	1160	1202	1103
14.09984	1322	1394	1380
14.94523	1788	1830	1821
14.94523	1952	1998	1920
14.94523	2140	2114	2165
14.94523	2328	2398	2334
14.94523	2507	2512	2484
14.94523	2513	2519	2485

Hubungan antara beban – deformasi dari data pada Tabel 5.5 benda uji 3 ditunjukkan oleh Gambar 5.3.



**Gambar 5.3** Hubungan beban – deformasi benda uji 3.

#### D. Benda uji 4

Data hasil pengujian kuat lentur pada benda uji 4 ditunjukkan oleh

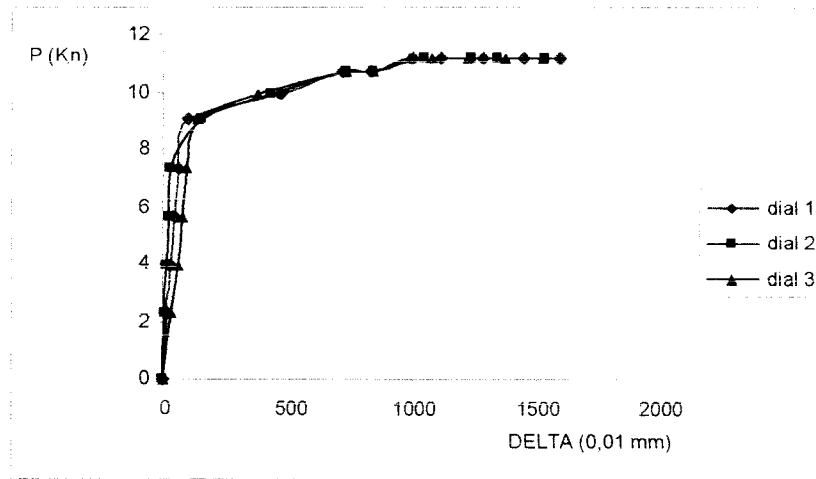
Tabel 5.6.

**Tabel 5.6** Hasil uji kuat lentur benda uji 4.

Beban (KN)	Dial 1 (0,01mm)	Dial 2 (0,01mm)	Dial 3 (0,01mm)
(a)	(b)	(c)	(d)
0	0	0	0
2.264456	14	9	27
3.955225	30	17	59
5.645994	43	25	75
7.336763	61	31	94
9.027532	103	149	135
9.872917	466	427	375
10.7183	718	731	730
10.7183	833	836	841
11.141	1001	1045	987
11.141	1114	1046	1076
11.141	1282	1236	1220
11.141	1448	1340	1374
11.141	1594	1533	1528

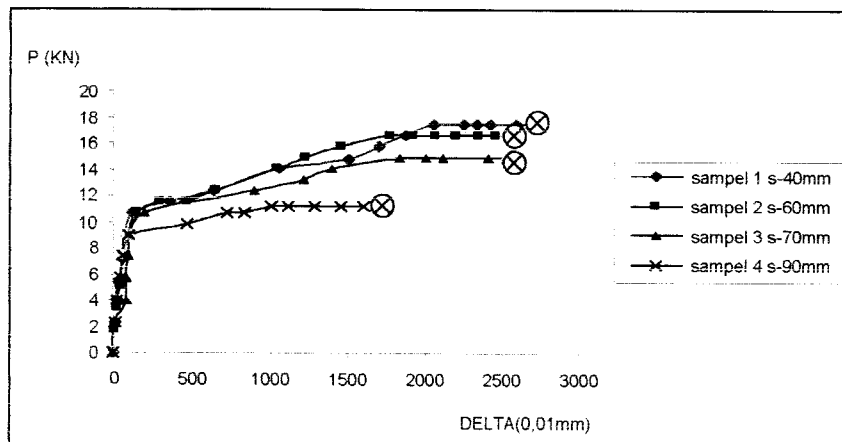


Hubungan antara beban – deformasi dari data pada Tabel 5.6 benda uji 4 ditunjukkan oleh Gambar 5.4.



**Gambar 5.4** Hubungan beban – deformasi benda uji 4.

Untuk hubungan beban-deformasi setiap benda uji diambil dari data beban-deformasi pada Dial 2 seperti ditunjukkan Gambar 5.5.



**Gambar 5.5** Hubungan beban – deformasi masing – masing benda uji.

Keterangan : ⊗ = batas pengujian.

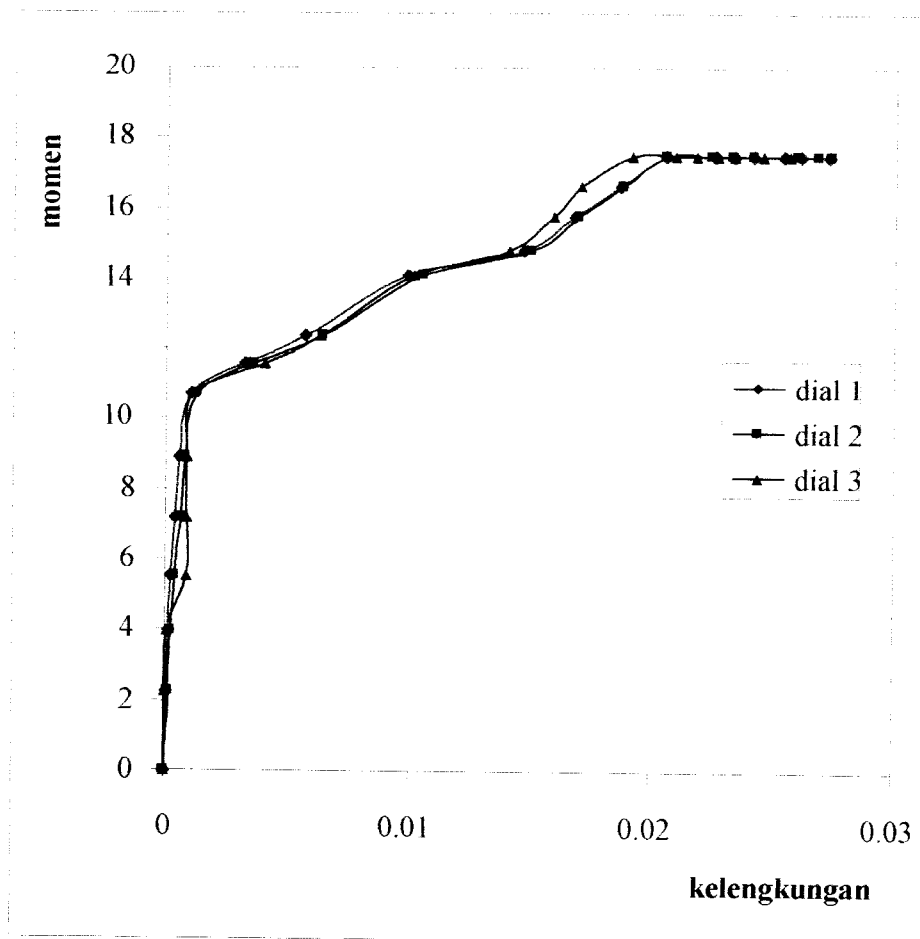
Pengujian dihentikan karena kondisi benda uji sudah mengalami kerusakan, sehingga dikhawatirkan dapat merusak alat – alat yang digunakan untuk pengujian.

Grafik hubungan beban-deformasi pada Gambar 5.5 menunjukkan bahwa Variasi jarak sengkang berpengaruh terhadap kapasitas lentur balok beton *vierendeel*. Dari Gambar 5.5 terlihat bahwa saat pembebanan awal *deformasi* yang terjadi relatif sama pada setiap benda uji, namun pada benda uji 4, benda uji 3, benda uji 2 kekuatannya lebih rendah dibanding dengan benda uji 1 bisa dilihat bahwa masing – masing benda uji 2 , benda uji 3, benda uji 4 pada saat kondisi  $P_y-\Delta y$ , serta  $P_{maks}-\Delta_{maks}$  lebih rendah dibandingkan benda uji 1. Hal ini disebabkan oleh perbedaan jarak sengkang ( $s$ ) pada masing – masing benda uji. Dalam teori sebelumnya disebutkan bahwa semakin jauh jarak sengkang maka semakin rendah kekuatannya, hal ini berarti hasil penelitian di laboratorium sesuai dengan hipotesa yang diberikan.

**Tabel 5.7** Hubungan Momen – Kelengkungan benda uji 1

Beban (KN)	Delta 1 (m)	Delta 2 (m)	Delta 3 (m)	Momen	Kelengkungan (Rad/m)
0	0	0	0	0	0
2.2644555	0.00007	0.00015	0.00002	1.13222775	0.00035
3.9552245	0.00015	0.00027	0.0001	1.97761225	0.00059
5.498896	0.00024	0.0004	0.00084	2.749448	0.0002
7.189665	0.0004	0.00064	0.00085	3.5948325	0.00083
8.8880434	0.00054	0.00082	0.0009	4.4440217	0.00128
10.7182975	0.00098	0.00124	0.00108	5.35914875	0.00238
11.5627875	0.0032	0.00352	0.00396	5.78139375	0.00628
12.4090675	0.00565	0.00635	0.00624	6.20453375	0.01211
14.0998375	0.00987	0.01052	0.0101	7.04991875	0.02081
14.79813015	0.01465	0.01495	0.014	7.399065074	0.03055
15.7906075	0.0168	0.01692	0.01593	7.89530375	0.03471
16.6359975	0.01863	0.01871	0.01702	8.31799875	0.03903
17.4813775	0.02056	0.02054	0.01914	8.74068875	0.0425
17.4813775	0.02255	0.02238	0.02092	8.74068875	0.04639
17.4813775	0.02335	0.0233	0.02178	8.74068875	0.04817
17.4813775	0.02415	0.02416	0.02263	8.74068875	0.04984
17.4813775	0.0254	0.0259	0.02334	8.74068875	0.05386
17.4813775	0.0261	0.0268	0.02452	8.74068875	0.05518
17.4813775	0.02725	0.02735	0.02561	8.74068875	0.05634

Hubungan momen – kelengkungan pada setiap dial pada benda uji 1 bisa dilihat pada Gambar 5.7.



**Gambar 5.7.** Hubungan Momen – Kelengkungan Benda Uji 1

Dari Gambar 5.7 bisa dilihat bahwa pada setiap dial pada benda uji 1 memiliki hubungan momen – kelengkungan yang relatif sama.

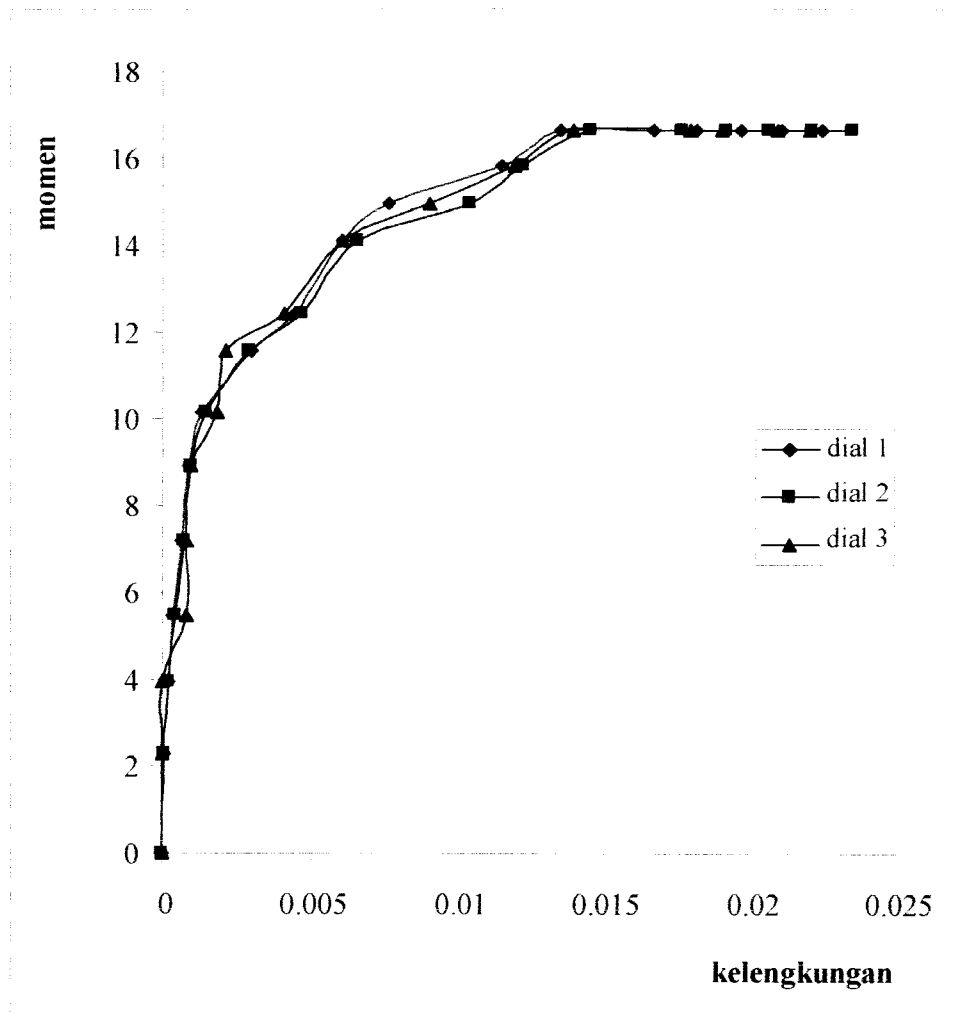
### **B. Benda uji 2**

Hasil analisis dari data pada Tabel 5.4 didapatkan momen dan kelengkungan untuk benda uji 2, seperti ditunjukkan pada Tabel 5.8.

**Tabel 5.8** Hubungan Momen – Kelengkungan benda uji 2

Beban (KN)	Delta1 (m)	Delta2 (m)	Delta3 (m)	Momen	Kelengkungan (rad/m)
0	0	0	0	0	0
2.264456775	0.00009	0.0001	0	1.132228388	0.00029
3.955226775	0.00022	0.00025	0.00001	1.977613388	0.00071
5.645996775	0.00037	0.00043	0.00078	2.822998388	0.00045
7.336766775	0.00064	0.00073	0.00083	3.668383388	0.00127
9.027536775	0.00086	0.00095	0.00091	4.513768388	0.00185
10.71828678	0.00128	0.00143	0.0018	5.359143388	0.00234
11.56368678	0.00295	0.00288	0.00208	5.781843388	0.00663
11.56368678	0.00442	0.00467	0.00408	5.781843388	0.00968
12.40908678	0.00598	0.00651	0.006	6.204543388	0.013
14.09988678	0.00764	0.01033	0.00898	7.049943388	0.01932
14.94518678	0.01146	0.01217	0.01185	7.472593388	0.02395
15.79058678	0.01345	0.01448	0.0139	7.895293388	0.02851
16.63598678	0.0167	0.01763	0.01789	8.317993388	0.03407
16.63598678	0.01812	0.01912	0.01898	8.317993388	0.03738
16.63598678	0.01963	0.0206	0.02088	8.317993388	0.03995
16.63598678	0.02104	0.022	0.02198	8.317993388	0.04306
16.63598678	0.0224	0.02338	0.02375	8.317993388	0.04541
16.63598678	0.02315	0.02451	0.0245	8.317993388	0.04767
16.63598678	0.02453	0.02562	0.02537	8.317993388	0.0504

Hubungan momen – kelengkungan pada setiap dial pada benda uji 2 bisa dilihat pada Gambar 5.8.



**Gambar 5.8** Hubungan Momen – Kelengkungan Benda Uji 2

Dari Gambar 5.8 bisa dilihat bahwa pada setiap dial pada benda uji 2 memiliki hubungan momen – kelengkungan yang relatif sama.

### C. Benda uji 3

Hasil analisis dari data pada Tabel 5.5 didapatkan momen dan kelengkungan untuk benda uji 3, seperti ditunjukkan pada Tabel 5.9.

**Tabel 5.9** Hubungan Momen – Kelengkungan benda uji 3.

Beban (KN)	Delta1 (m)	Delta2 (m)	Delta3 (m)	momen	Kelengkungan (rad/m)
0	0	0	0	0	0
2.264455775	0.00022	0.00012	0.0003	1.132227888	0.000016
3.955224775	0.00036	0.00082	0.00047	1.977612388	0.000153
5.645993775	0.00064	0.00091	0.00082	2.822996888	0.000164
7.336762775	0.00078	0.00096	0.00098	3.668381388	0.000172
9.027531775	0.00098	0.00102	0.00121	4.513765888	0.000181
10.71829678	0.00152	0.00193	0.00125	5.359148388	0.000413
12.40906678	0.0087	0.00893	0.00805	6.204533388	0.001851
13.25445678	0.0116	0.01202	0.01103	6.627228388	0.002461
14.09983678	0.01322	0.01394	0.0138	7.049918388	0.00273
14.94522678	0.01788	0.0183	0.01821	7.472613388	0.003627
14.94522678	0.01952	0.01998	0.0192	7.472613388	0.004028
14.94522678	0.0214	0.02114	0.02165	7.472613388	0.004203
14.94522678	0.02328	0.02398	0.02334	7.472613388	0.00479
14.94522678	0.02507	0.02512	0.02484	7.472613388	0.005047
14.94522678	0.02513	0.02519	0.02485	7.472613388	0.005066

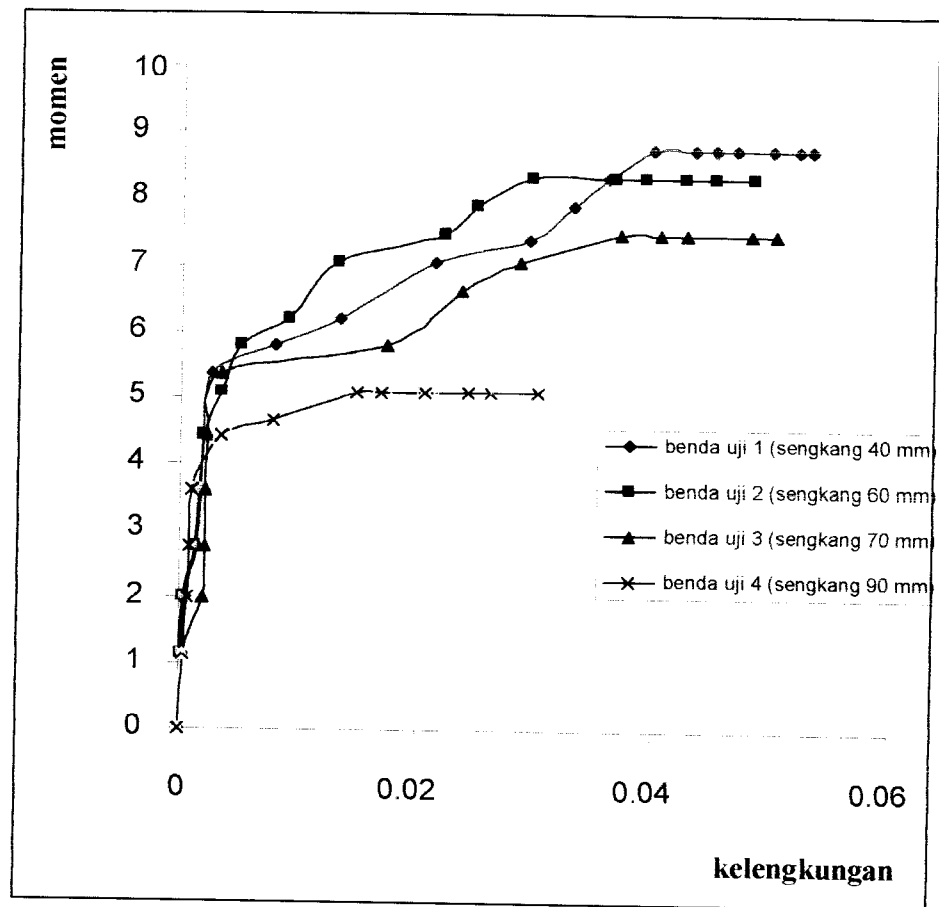
Hubungan momen – kelengkungan pada setiap dial pada benda uji 3 bisa dilihat pada Gambar 5.9.

**Tabel 5.10** Hubungan Momen – Kelengkungan benda uji 4

Beban (KN)	Delta1 (m)	Delta2 (m)	Delta 3 (m)	Momen	Kelengkungan (rad/m)
0	0	0	0	0	0
2.2644555	0.00014	0.00009	0.00027	1.13222775	0.000005
3.9552245	0.0003	0.00017	0.00059	1.97761225	0.000005
5.6459935	0.00043	0.00025	0.00075	2.82299675	0.000018
7.3367625	0.00061	0.00031	0.00094	3.66838125	0.000029
9.0275315	0.00103	0.00149	0.00135	4.51376575	0.000266
9.8729165	0.00466	0.00427	0.00375	4.93645825	0.000945
10.7182965	0.00718	0.00731	0.0073	5.35914825	0.00145
10.7182965	0.00833	0.00836	0.00841	5.35914825	0.001664
11.1409965	0.01001	0.01045	0.00987	5.57049825	0.002104
11.1409965	0.01114	0.01046	0.01076	5.57049825	0.00213
11.1409965	0.01282	0.01236	0.0122	5.57049825	0.002534
11.1409965	0.01448	0.0134	0.01374	5.57049825	0.002754
11.1409965	0.01594	0.01533	0.01528	5.57049825	0.003132

Hubungan momen – kelengkungan pada setiap dial pada benda uji 4 bisa dilihat pada Gambar 5.10.





**Gambar 5.11** Hubungan antara momen dengan kelengkungan yang diperoleh dari penelitian.

Dari Gambar 5.11 dapat dilihat bahwa momen yang besar akan menerima kelengkungan yang besar juga. Dalam Gambar 5.11 benda uji pada saat menerima momen yang sama, maka kelengkungan paling besar terdapat pada benda uji 4 yaitu benda uji dengan jarak sengkang ( $s$ ) = 90 mm, sedangkan benda uji yang lain yaitu benda uji 1, 2, 3 menerima momen dan kelengkungan lebih kecil dari benda uji 4.

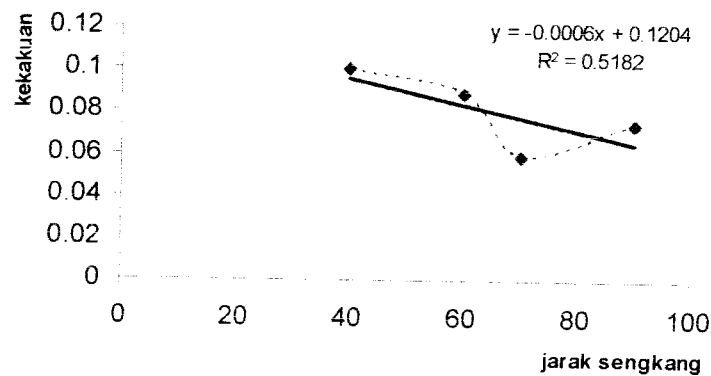
## 5.2 Hubungan Jarak Sengkang Dengan Kekakuan

Kekakuan adalah perbandingan gaya dengan deformasi yang terjadi, semakin kaku suatu elemen struktur maka semakin besar kemiringannya. Dari hasil pengamatan grafik hubungan beban-deformasi dapat disimpulkan tentang kekakuan balok *vierendeel* beton pada beban ultimit disajikan pada Tabel 5.11

**Tabel 5.11** Analisa kekakuan ( $P_y \Delta y$ ) dari data hubungan beban-deformasi

Jarak sengkang (s) (mm)	$P_y$ (KN)	$\Delta y$ (mm)	kekakuan ( $P_y/\Delta y$ )	Rasio kekakuan (%)
40	10.71829	107.0759	0.1001	100
60	10.71829	121.7987	0.088	87.91217588
70	10.14461	172.8213	0.0587	58.64141732
90	9.027532	122.3422	0.0691	69.03103811

Dari Tabel 5.11 dapat dilihat bahwa pengaruh jarak sengkang pada kekuatan lentur balok *vierendeel* beton dan perilaku deformasi yang terjadi pada setiap benda uji, bahwa semakin rapat jarak sengkang maka kekakuannya semakin tinggi, bisa dilihat pada Gambar 5.12.



**Gambar 5.12** Hubungan Kekakuan dengan jarak sengkang (s)

Dari Gambar 5.12 bisa dilihat pengaruh jarak sengkang terhadap kekakuan mempunyai perbedaan, ini disebabkan karena  $V_c \neq V_u$  dimana pada penelitian tulangan sengkang tidak mencapai tegangan luluh, sedangkan pada teori tulangan sengkang dianggap sudah mencapai tegangan luluh

### 5.3 Pembahasan Hasil Penelitian

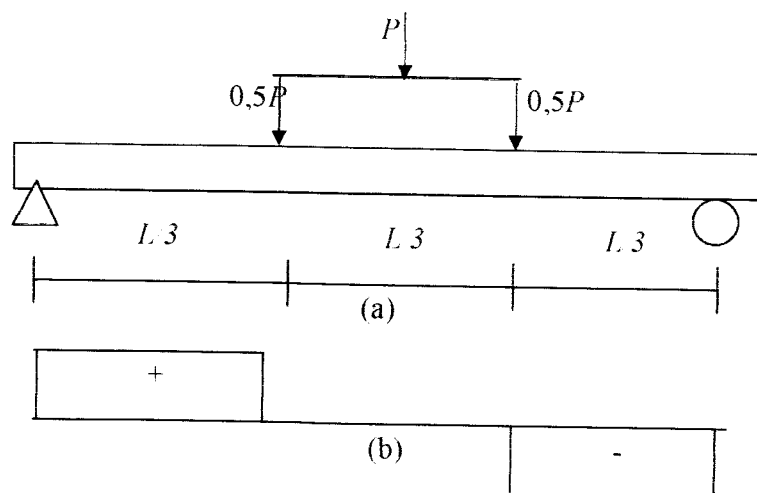
Pembahasan mencakup hasil dari uji kuat lentur balok beton *vierendeel* pada saat pengujian di laboratorium mekanika rekayasa Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

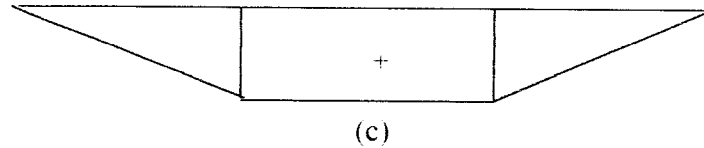
#### 5.3.1 Pembahasan Hasil Uji Kuat Lentur Rangka *Vierendeel*

Pembahasan yang dilakukan meliputi : pembahasan sebagai balok, dan pembahasan balok – kolom pada struktur *vierendeel* tersebut.

##### A. Pembahasan Sebagai Balok

Balok disini merupakan balok utuh tanpa ada ruang ataupun rongga pada struktur balok tersebut, seperti disajikan pada Gambar 5.13.





**Gambar 5.13** (a) Balok dengan pembebanan  $1/3 L$   
 (b) Diagram gaya geser  
 (c) Diagram momen

Setelah mengadakan pengujian maka didapat beban maksimal ( $P_{maks}$ ) pada setiap benda uji. Dengan memasukkan nilai beban maksimum yang didapatkan pada saat pengujian di laboratorium Mekanika Rekayasa maka didapatkan gaya – gaya batang yaitu :  $M_u$ ,  $V_u$ , dan  $P_u$  sedangkan  $M_n$ ,  $V_n$ , didapat dari perhitungan kapasitas balok tersebut. Persamaan yang digunakan sebagai berikut ini.

a. Persamaan untuk mencari momen ( $M_n$  dan  $M_u$ ) :

$$M_n = ((0,85 f_c' a) Z_1) + ((A_s F_y) Z_2)$$

$$M_u = \frac{1}{6} P.L$$

b. Persamaan untuk mencari gaya geser ( $V_n$  dan  $V_u$ )

$$V_n = V_c + V_s$$

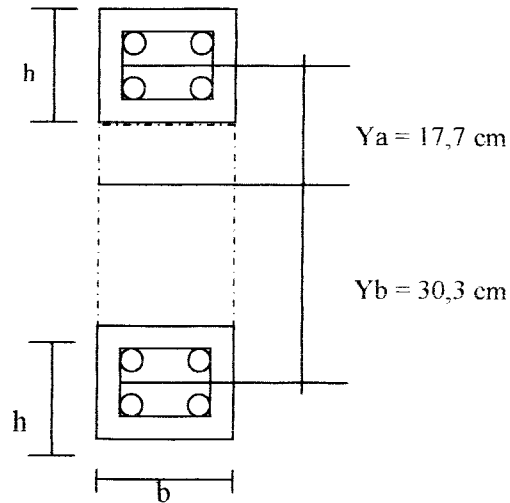
$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{F_c'} (b.d)$$

$$V_s = \frac{A_v F_y d}{s}$$

$$V_u = 0,5.P$$

Dimana  $V_u \leq \phi V_n$  ; dengan  $\phi$  adalah faktor reduksi kekuatan = 0,60. didapat hasil perhitungan seperti diperlihatkan pada Tabel 5.12.

Inersia tampang balok ditunjukkan pada Gambar 5.14.



**Gambar 5.14** Tampang potongan balok *vierendeel*

$$I = \left( \frac{1}{12} . b . h^3 + b . h . Y_a^2 + (n-1) . A_s' . Y_a^2 \right) + \left( \left( \frac{1}{64} . \pi . D^4 \right) . 4 + n . A_s . Y_b^2 \right)$$

$$n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{200000}{4700\sqrt{10}} = 13,46$$

dimana ;  $E_s = 200000$  MPa

$$E_c = 4700\sqrt{f_c'} \text{ MPa} = 4700\sqrt{10} = 14862,7 \text{ MPa}$$

Persamaan lendutan :

$$\text{Untuk lendutan pada } \frac{1}{3} \text{ bentang : } \Delta_1 = y_1 = \frac{5PL^3}{324EI}$$

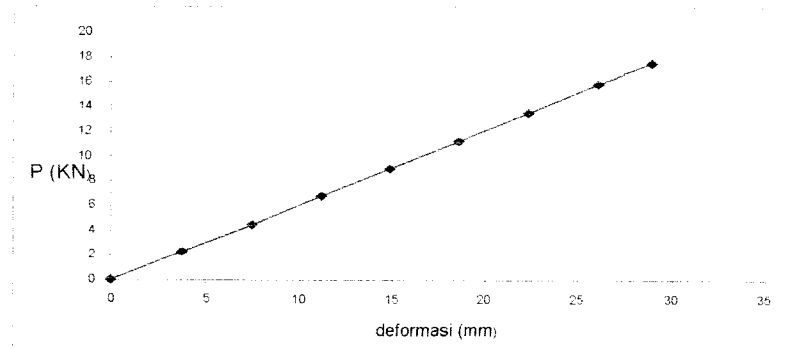
$$\text{Untuk lendutan pada } \frac{1}{2} \text{ bentang : } \Delta_2 = y_2 = \frac{23PL^3}{1296EI}$$

$$\text{Untuk lendutan pada } \frac{2}{3} \text{ bentang : } \Delta_3 = y_3 = \frac{5PL^3}{324EI}$$

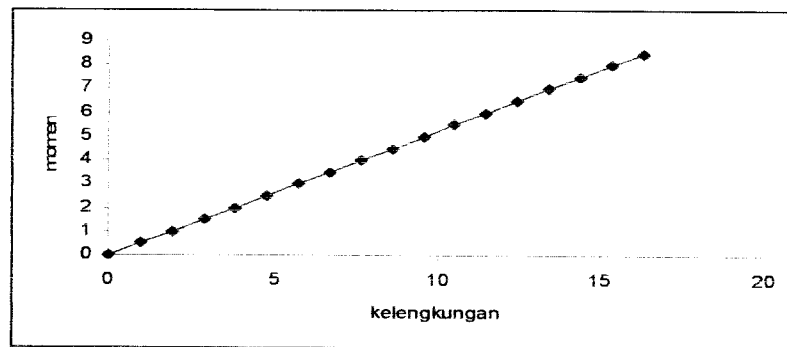
Setelah diketahui lendutannya maka dapat dicari kelengkungannya

$$\text{dengan persamaan : } \frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{(y_{i+1} - 2y_i - y_{i-1}))}{(\Delta x)^2}$$

Hasil dari perhitungan beban – lendutan ( $P-\Delta$ ) teoritis dan momen – kelengkungan ( $M-\phi$ ) teoritis dapat dilihat pada Gambar 5.15.



(a)



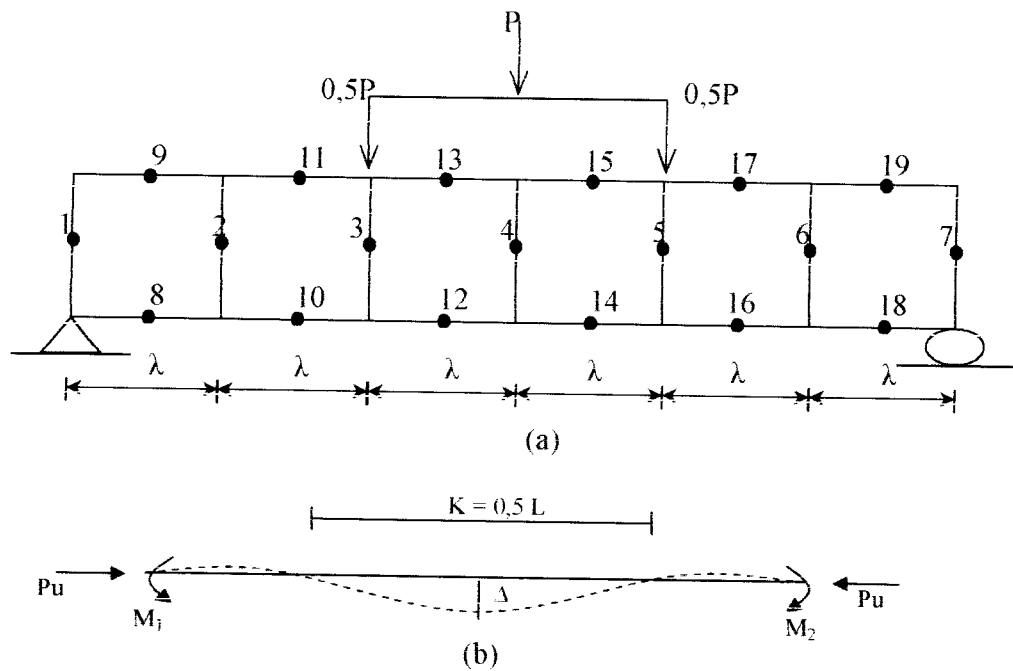
(b)

**Gambar 5.15** (a) Hubungan beban – deformasi teoritis  
(b) Hubungan momen – kelengkungan teoritis

Dengan melihat Gambar 5.11 yaitu hubungan momen kelengkungan penelitian dibandingkan dengan Gambar 5.15 yaitu hubungan momen kelengkungan teoritis dapat dilihat bahwa ternyata pola grafik antara teoritis dengan penelitian memiliki perbedaan yang cukup signifikan, terlihat bahwa teoritis memiliki perilaku yang linier sedangkan pada penelitian memiliki perilaku yang daktail. Begitu pula untuk hubungan beban deformasi penelitian dilihat pada Gambar 5.5 juga memiliki perilaku yang sama.

## B. Pembahasan Rangka Batang (Balok – Kolom)

Pembahasan rangka batang disini ditinjau dari analisa kapasitas tampang terhadap kapasitas batang - batang ( balok – kolom ) dengan beban maksimum yang terjadi. Dari hasil analisis kolom, elemen – elemen rangka batang termasuk kolom pendek karena  $\frac{KL}{r} = 7,2 < 22$ . sehingga berlaku analisis kolom pendek. Dari hasil pengujian diperoleh gaya aksial dan momen pada setiap benda uji dibandingkan dengan kapasitas tampang masing – masing batang setiap benda uji.



**Gambar 5.16** (a) Nomor rangka batang pada balok *viendeel*  
(b) Batang tekan – ientur

Berikut ini gaya aksial dan momen akibat beban luar pada setiap benda uji.

## 1. Benda Uji 1

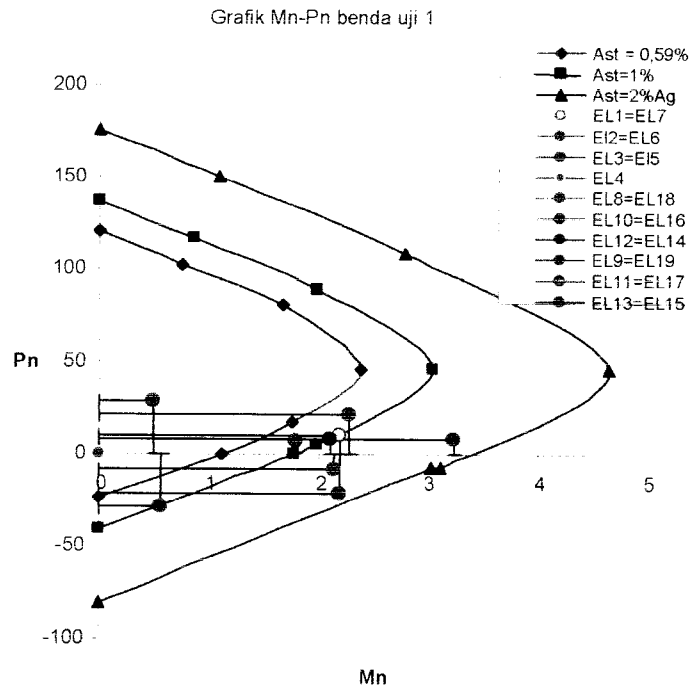
Dari hasil analisis dengan menggunakan *SAP2000*, dengan memperhatikan kondisi setiap beban meliputi : kondisi sentris, kondisi patah desak, kondisi seimbang dan kondisi patah tarik, dan kondisi pembebanan tarik, untuk kondisi penbebanan tarik (batang tarik) pada grafik *Pn-Mn* berada pada daerah kuadran IV, maka didapatkan hubungan interaksi balok kolom (*Pn-Mn*). Hasil perhitungan analisis dari berbagai kondisi disajikan pada Lampiran 3. Berikut di bawah ini data dari gaya aksial (*Pu*) dan momen ultimit (*Mu*) akibat dari beban luar dapat dilihat pada Tabel 5.13 dan Gambar 5.17.

**Tabel 5.13** Gaya Aksial dan Momen Ultimit pada benda uji 1

Elemen	<i>Pu</i>	<i>Mu</i>
Transversal		
1	7.954	2.141
2	0.36	3.243
3	6.785	1.798
4	0.415	0
5	6.785	1.798
6	0.36	3.243
7	7.954	2.141
Tepi bawah		
8	-8.495	2.141
10	-21.46	2.199
12	-28.65	0.556
14	-28.65	0.556
16	-21.46	2.199
18	-8.495	2.141
Tepi atas		
9	8.495	2.106
11	21.460	2.276
13	28.65	0.479
15	28.65	0.479
17	21.460	2.276
19	8.495	2.106

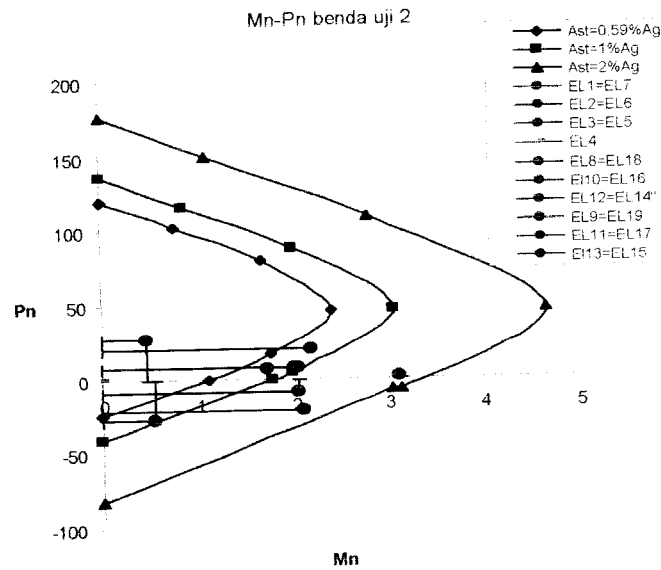


Hasil dari Tabel 5.15 dibuat grafik  $Pn-Mn$  untuk benda uji 1 ditunjukkan dalam Gambar 5.17.



**Gambar 5.17** Interaksi Balok – Kolom Benda Uji 1

Dari Tabel 5.15 dan Gambar 5.17 dapat dilihat bahwa secara keseluruhan titik plotting untuk tiap elemen berada diluar grafik  $Pn - Mn$  0,59 % Ag kecuali untuk EL 4 dan EL 13 = EL 15 masih didalam grafik  $Pn - Mn$ , dapat disimpulkan bahwa pada saat pengujian benda uji 1 telah mengalami kerusakan yang diakibatkan oleh pembebanan lentur.



**Gambar 5.18** Interaksi Balok - Kolom Benda Uji 2

Dari Tabel 5.14 dan Gambar 5.18 dapat dilihat bahwa secara keseluruhan titik plotting untuk tiap elemen berada diluar grafik  $Pn - Mn$  0,59 % Ag kecuali untuk EL 4 dan EL 13 = EL 15 masih didalam grafik  $Pn - Mn$ , dapat disimpulkan bahwa pada saat pengujian benda uji 2 telah mengalami kerusakan yang diakibatkan oleh pembebanan lentur.

### 3. Benda Uji 3

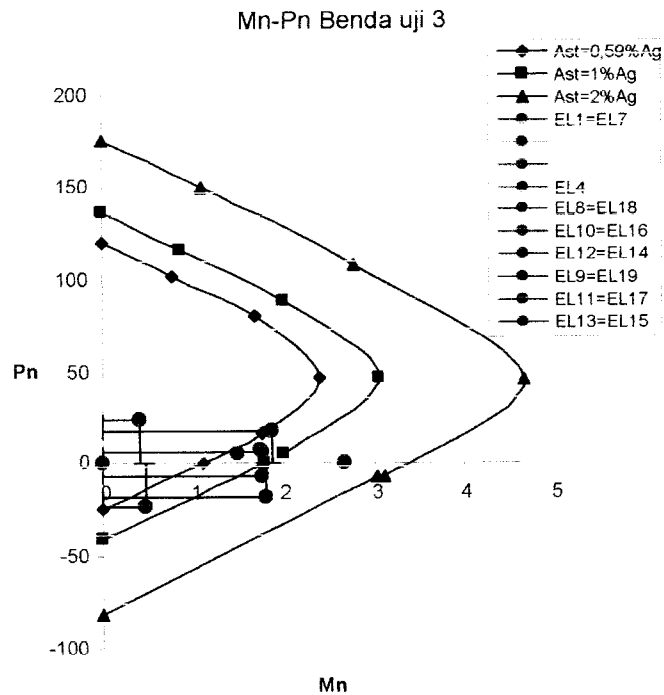
Dari hasil analisis dengan menggunakan *SAP2000*, dengan memperhatikan kondisi setiap beban meliputi : kondisi sentris, kondisi patah desak, kondisi seimbang dan kondisi patah tarik, dan kondisi pembebanan tarik, untuk kondisi pembebanan tarik (batang tarik) pada grafik  $Pn-Mn$  berada pada daerah kuadran IV, maka didapatkan hubungan interaksi balok kolom ( $Pn-Mn$ ). Hasil perhitungan analisis dari berbagai kondisi disajikan pada Lampiran 3. Berikut dibawah ini data

dari gaya aksial ( $P_u$ ) dan momen ultimit ( $M_u$ ) akibat dari beban luar dapat dilihat pada Tabel 5.17 dan Gambar 5.19.

**Tabel 5.15** Gaya Aksial dan Momen Ultimit pada benda uji 3

Elemen	$P_u$	$M_u$
Transversal		
1	6.943	1.857
2	0.325	2.805
3	5.789	1.555
4	0.369	0
5	5.789	1.555
6	0.325	2.805
7	6.943	1.857
Tepi bawah		
8	-7.368	1.857
10	-18.583	1.895
12	-24.801	0.484
14	-24.801	0.484
16	-18.583	1.895
18	-7.368	1.857
Tepi atas		
9	7.368	1.827
11	18.583	1.962
13	24.801	0.418
15	24.801	0.418
17	18.583	1.962
19	7.368	1.827

Hasil dari Tabel 5.15 dibuat grafik  $P_n-M_n$  untuk benda uji 3 ditunjukkan dalam Gambar 5.19.

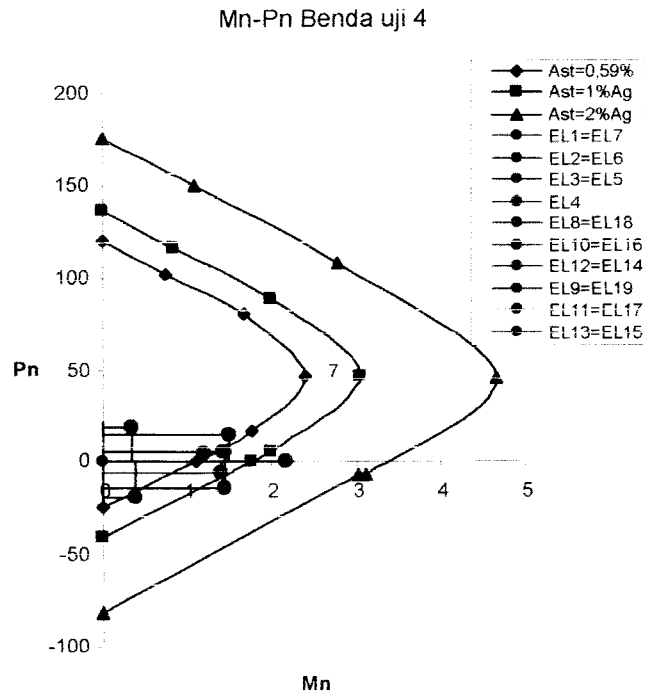


**Gambar 5.19** Interaksi Balok - kolom Benda Uji 3

Dari Tabel 5.15 dan Gambar 5.19 dapat dilihat bahwa secara keseluruhan titik plotting untuk tiap elemen berada diluar grafik  $P_n - M_n$  0,59 % Ag kecuali untuk EL 4 dan EL 13 = EL 15 masih didalam grafik  $P_n - M_n$ , dapat disimpulkan bahwa pada saat pengujian benda uji 3 telah mengalami kerusakan yang diakibatkan oleh pembebanan lentur.

#### 4. Benda Uji 4

Dari Hasil analisis dengan menggunakan *SAP2000*, dengan memperhatikan kondisi setiap beban meliputi : kondisi sentris, kondisi patah desak, kondisi seimbang dan kondisi patah tarik, dan kondisi pembebanan tarik, untuk kondisi pembebanan tarik ( batang tarik ) pada grafik  $P_n - M_n$  berada pada



**Gambar 5.20** Interaksi Balok - kolom Benda Uji 4

Dari Tabel 5.16 dan Gambar 5.20 dapat dilihat bahwa secara keseluruhan titik plotting untuk tiap elemen berada diluar grafik  $Pn - Mn$  0,59 % Ag kecuali untuk EL 4 dan EL 13 = EL 15 masih didalam grafik  $Pn - Mn$ , dapat disimpulkan bahwa pada saat pengujian benda uji 4 telah mengalami kerusakan yang diakibatkan oleh pembebanan lentur.

### C. Tinjauan Geser Pada Balok *Vierendeel*

Tinjauan geser disini adalah untuk membandingkan antara kapasitas geser tampang ( $Vn$ ) dengan gaya geser yang terjadi akibat beban luar ( $Vu$ ), sehingga bisa diketahui kapasitas geser tampang dan gaya geser yang terjadi akibat beban luar pada masing – masing benda uji sesuai dengan variasi jarak sengkangnya.

## 1. Benda Uji 1

Dari hasil analisis dengan *SAP2000* maka didapat gaya geser akibat beban luar ( $V_u$ ) pada benda uji 1 seperti diperlihatkan pada Tabel 5.17.

**Tabel 5.17** Gaya geser akibat beban luar ( $V_u$ ) dan kapasitas geser tampang ( $\phi V_n$ ) benda uji 1

Elemen	$P$ (KN)	$V_u$ (KN)	$\phi V_n$ (KN)	Keterangan
Transversal				
1	17.481	8.495	21,317	aman
2	17.481	12.965	21,317	aman
3	17.481	7.19	21,317	aman
4	17.481	0	21,317	aman
5	17.481	7.19	21,317	aman
6	17.481	12.965	21,317	aman
7	17.481	8.495	21,317	aman
Tepi atas				
9	17.481	7.751	21,317	aman
11	17.481	7.704	21,317	aman
13	17.481	0.106	21,317	aman
15	17.481	0.106	21,317	aman
17	17.481	7.704	21,317	aman
19	17.481	7.751	21,317	aman
Tepi bawah				
8	17.481	7.963	17,944	aman
10	17.481	7.399	17,944	aman
12	17.481	0.411	17,944	aman
14	17.481	0.411	17,944	aman
16	17.481	7.399	17,944	aman
18	17.481	7.963	17,944	aman

Dari Tabel 5.17 dapat dilihat bahwa pada benda uji 1 kapasitas tampang ( $V_n$ ) lebih besar dari gaya geser yang terjadi akibat beban luar ( $V_u$ ), sehingga pada saat pengujian tidak terjadi kerusakan geser.

## 2. Benda Uji 2

Dari hasil analisis dengan *SAP2000* maka didapat gaya geser akibat beban luar ( $V_u$ ) pada benda uji 2 seperti diperlihatkan pada Tabel 5.18.

**Tabel 5.18** Gaya geser akibat beban luar ( $V_u$ ) dan kapasitas geser tampang ( $\phi V_n$ ) benda uji 2

Elemen	$P$ (KN)	$V_u$ (KN)	$\phi V_n$ (KN)	Keterangan
Transversal				
1	16,636	8.125	15,336	aman
2	16,636	12.391	15,336	aman
3	16,636	6.871	15,336	aman
4	16,636	0	15,336	aman
5	16,636	6.871	15,336	aman
6	16,636	12.391	15,336	aman
7	16,636	8.125	15,336	aman
Tepi atas				
9	16,636	7.418	15,336	aman
11	16,636	7.359	15,336	aman
13	16,636	0.105	15,336	aman
15	16,636	0.105	15,336	aman
17	16,636	7.359	15,336	aman
19	16,636	7.418	15,336	aman
Tepi bawah				
8	16,636	7.621	11,964	aman
10	16,636	7.069	11,964	aman
12	16,636	0.403	11,964	aman
14	16,636	0.403	11,964	aman
16	16,636	7.069	11,964	aman
18	16,636	7.621	11,964	aman

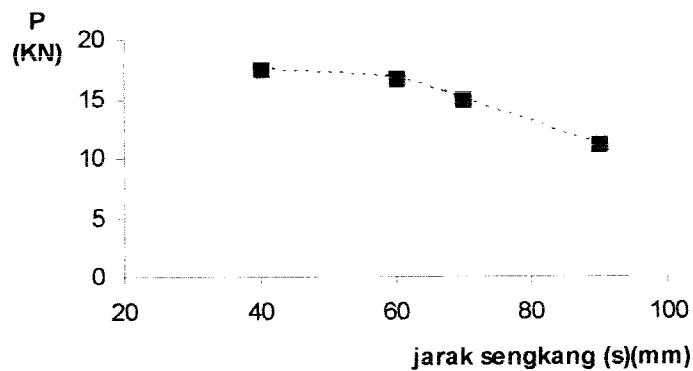
Dari Tabel 5.18 dapat dilihat bahwa pada benda uji 2 kapasitas tampang ( $V_n$ ) lebih besar dari gaya geser yang terjadi akibat beban luar ( $V_u$ ), sehingga pada saat pengujian tidak terjadi kerusakan geser.

### 5.3.2 Hubungan Beban Dengan Jarak Senggang Penelitian

Dari hasil analisis pada penelitian, hubungan beban dengan jarak senggang pada penelitian ditunjukkan pada Tabel 5.21 dan Gambar 5.22.

**Tabel 5. 21** Hubungan beban dengan jarak senggang penelitian

No	Variasi jarak senggang (mm)	P Penelitian (KN)
1	40	17,48
2	60	16,64
3	70	14,95
4	90	11,41



**Gambar 5.22** Hubungan beban dengan jarak senggang penelitian

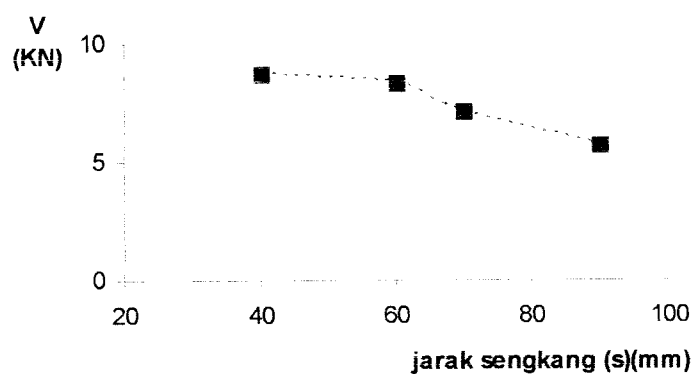
### 5.3.3 Hubungan Gaya Geser Dengan Jarak Senggang Penelitian

Dari hasil analisis pada penelitian, hubungan gaya geser dengan jarak senggang pada penelitian ditunjukkan pada Tabel 5.22 dan Gambar 5.23.



**Tabel 5. 22** Hubungan gaya geser dengan jarak sengkang penelitian

No	Variasi jarak sengkang (mm)	V Penelitian (KN)
1	40	8,74
2	60	8,32
3	70	7,47
4	90	5,71



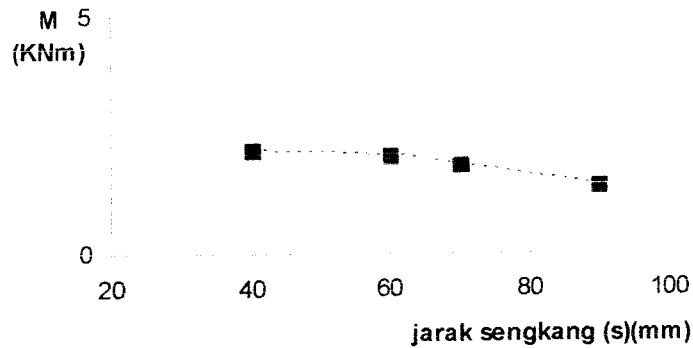
**Gambar 5.23** Hubungan gaya geser dengan jarak sengkang penelitian

### 5.3.4 Hubungan Momen Dengan Jarak Sengkang Penelitian

Dari hasil analisis pada penelitian, hubungan momen dengan jarak sengkang pada penelitian ditunjukkan pada Tabel 5.23 dan Gambar 5.24.

**Tabel 5. 23** Hubungan momen dengan jarak sengkang penelitian

No	Variasi jarak sengkang (mm)	M Penelitian (KNm)
1	40	2,18
2	60	2,08
3	70	1,87
4	90	1,43



**Gambar 5.24** Hubungan momen dengan jarak sengkang penelitian

#### 5.4 Perbandingan Hasil Teori Dengan Hasil Penelitian

Perbandingan hasil dari perhitungan pada teori terhadap hasil penelitian adalah untuk mengetahui sejauh mana keakuratan analisis pada teori dengan hasil pada penelitian. Data perbandingan hasil perhitungan beban pada teori dengan penelitian ditunjukkan pada Tabel 5.24.

**Tabel 5.24** Hasil perbandingan beban teori dengan penelitian

No	Variasi jarak sengkang (mm)	$P$ Teori (KN)	$P$ Penelitian (KN)
1	40	91,64	17,48
2	60	66,14	16,64
3	70	58,86	14,95
4	90	49,14	11,41

Dari Tabel 5.24. dapat dilihat bahwa hasil beban pada teori dengan hasil beban pada penelitian mengalami perbedaan yang sangat jauh. Perbedaan ini disebabkan karena  $V_c > V_u$ , dimana pada penelitian tulangan sengkang tidak mencapai tegangan luluh, sedangkan pada teori tulangan sengkang dianggap

sudah mencapai tegangan luluh. Hal ini berpengaruh dengan beban yang dapat ditahan oleh balok *viereendeel*, sehingga beban yang dihasilkan pada waktu penelitian kecil dibandingkan dengan teori.

Untuk data perbandingan hasil perhitungan gaya geser pada teori dengan hasil pada penelitian ditunjukkan pada Tabel 5.25.

**Tabel 5.25** Hasil perbandingan gaya geser teori dengan penelitian

No	Variasi jarak sengkang (mm)	$V$ Teori (KN)	$V$ Penelitian (KN)
1	40	45,82	8,74
2	60	33,07	8,32
3	70	29,43	7,17
4	90	24,57	5,71

Dari Tabel 5.25. dapat dilihat bahwa hasil gaya geser pada teori dengan hasil gaya geser pada penelitian mengalami perbedaan yang sangat jauh. Hal ini disebabkan karena  $V_c > V_u$  dimana pada penelitian tulangan sengkang tidak mencapai tegangan luluh, sedangkan pada teori tulangan sengkang dianggap sudah mencapai tegangan luluh. Sehingga pada waktu penelitian tulangan sengkang tidak menahan gaya geser.

Untuk data perbandingan hasil perhitungan momen pada teori dengan hasil pada penelitian ditunjukkan pada Tabel 5.26.

**Tabel 5.26** Hasil perbandingan momen teori dengan penelitian

No	Variasi jarak sengkang (mm)	$M$ Teori (KNm)	$M$ Penelitian (KNm)
1	40	11,45	2,18
2	60	8,27	2,08
3	70	7,36	1,87
4	90	6,14	1,43

Dari Tabel 5.26. dapat dilihat bahwa hasil momen pada teori dengan hasil momen pada penelitian mengalami perbedaan yang sangat jauh. Hal ini disebabkan karena beban pada waktu penelitian lebih kecil dibandingkan dengan hasil teori, karena  $V_c > V_u$  dimana pada penelitian tulangan sengkang tidak mencapai tegangan luluh, sedangkan pada teori tulangan sengkang dianggap sudah mencapai tegangan luluh, hal ini berpengaruh dengan beban yang dapat ditahan oleh balok *vierendeel*, sehingga momen yang terjadi pada waktu penelitian kecil dibandingkan dengan teori.

### 5.5 Perbandingan Metode Portal Terhadap SAP2000

Perbandingan metode portal terhadap SAP2000 adalah untuk mengetahui sejauh mana keakuratan analisis dengan menggunakan metode portal dibandingkan analisis dengan menggunakan SAP2000. Data hasil analisis perbandingan antara metode portal dengan SAP2000 disajikan pada Tabel 5.27.

**Tabel 5.27** Perbandingan Gaya Aksial Metode Portal terhadap SAP2000

P = 1KN	Gaya Aksial				
	Transversal	Metode Portal	SAP2000	rasio(%)	keterangan
(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	
1	0.250	0.247	1.215	tekan	
2	0.000	0.008785	0.000	tekan	
3	0.250	0.239	4.603	tekan	
4	0.000	0.011	0.000	tekan	
5	0.250	0.239	4.603	tekan	
6	0.000	0.008785	0.000	tekan	
7	0.250	0.247	1.215	tekan	
<b>Tepi</b>					
8	0.25	0.274	8.759	tarik	
9	0.25	0.274	8.759	tekan	
10	0.75	0.7	7.143	tarik	
11	0.75	0.7	7.143	tekan	

12	1	0.936	6.838	tarik
13	1	0.936	6.838	tekan
14	1	0.936	6.838	tarik
15	1	0.936	6.838	tekan
16	0.75	0.7	7.143	tarik
17	0.75	0.7	7.143	tekan
18	0.25	0.274	8.759	tarik
19	0.25	0.274	8.759	tekan

Dari Tabel 5.27 dapat dilihat bahwa rasio metode portal terhadap SAP2000 kurang dari 10 %, sehingga analisis dengan menggunakan metode portal masih bisa digunakan.

Untuk data perbandingan hasil perhitungan gaya geser dengan menggunakan metode portal terhadap SAP2000 dapat dilihat pada Tabel 5.28.

**Tabel 5.28** Perbandingan Gaya Geser Metode Portal terhadap SAP2000

<b>P =1KN</b>		<b>Gaya Geser</b>		
<b>Transversal</b>	<b>Metode Portal</b>	<b>SAP2000</b>	<b>rasio(%)</b>	<b>keterangan</b>
1	0.250	0.274	8.759	tekan
2	0.500	0.426	17.371	tekan
3	0.250	0.236	5.932	tekan
4	0.000	4.16E-17	0.000	tekan
5	0.250	0.236	5.932	tekan
6	0.500	0.426	17.371	tekan
7	0.250	0.274	8.759	tekan
<b>Tepi</b>				
8	0.25	0.253	1.186	tarik
9	0.25	0.247	1.215	tekan
10	0.25	0.245	2.041	tarik
11	0.25	0.255	-1.961	tekan
12	0	0.005571	0.000	tarik
13	0	0.005571	0.000	tekan
14	0	0.005571	0.000	tarik
15	0	0.005571	0.000	tekan
16	0.25	0.245	2.041	tarik
17	0.25	0.255	-1.961	tekan
18	0.25	0.253	-1.186	tarik
19	0.25	0.247	1.215	tekan

### 5.6 Perbandingan Lentutan Teori Terhadap Penelitian

Perbandingan lentutan teori terhadap penelitian adalah untuk mengetahui sejauh mana keakuratan analisis dengan menggunakan rumus pada teori dibandingkan analisis pada waktu penelitian. Data hasil analisis perbandingan antara lentutan pada teori dengan penelitian disajikan pada Tabel 5.30.

**Tabel 5.30** Perbandingan lentutan teori terhadap penelitian sampel 1

P (KN)	1/3 L			1/2 L		
	Teori (0,01mm)	Penelitian (0,01mm)	Rasio (%)	Teori (0,01mm)	Penelitian (0,01mm)	Rasio (%)
0	0	0	0	0	0	0
2,2644555	282	7	97,5	325	15	95,4
3,9552245	493	15	97	567	27	95,2
5,4988960	686	24	96,5	789	40	94,9
7,1896650	897	40	95,5	1031	64	93,8
8,8880434	1108	54	95,1	1275	82	93,6
10,7182975	1337	98	92,7	1537	124	91,9
11,5627875	1442	320	77,8	1658	352	78,8
12,4090675	1547	565	63,5	1779	635	64,3
14,0998375	1758	987	43,9	2022	1052	48
14,7981302	1845	1465	20,6	2122	1495	29,5
15,7906075	1969	1680	14,7	2264	1692	25,3
16,6359975	2074	1863	10,2	2386	1871	21,6
17,4813775	2180	2056	5,7	2507	2054	18,1
17,4813775	2180	2255	103,4	2507	2238	10,7
17,4813775	2180	2335	107,1	2507	2330	7,1
17,4813775	2180	2415	110,8	2507	2416	3,6
17,4813775	2180	2540	116,5	2507	2590	103,3
17,4813775	2180	2610	119,7	2507	2680	106,9
17,4813775	2180	2725	125	2507	2735	109,1

Dari Tabel 5.30. dapat dilihat bahwa hasil lentutan pada teori dengan hasil lentutan pada penelitian mengalami perbedaan. Hal ini disebabkan karena  $V_c > V_u$  dimana pada penelitian tulangan sengkang tidak mencapai tegangan luluh sedangkan pada teori tulangan sengkang dianggap sudah mencapai tegangan

luluh. Sehingga pada waktu beban maksimum lendutan yang dihasilkan pada waktu penelitian lebih besar dibandingkan dengan teori.

Untuk data perbandingan hasil perhitungan lendutan pada teori dengan penelitian dapat dilihat pada Tabel 5.31.

**Tabel 5.31** Perbandingan lendutan teori terhadap penelitian sampel 2

P (KN)	1/3 L			1/2 L		
	Teori (0,01mm)	Penelitian (0,01mm)	Rasio (%)	Teori (0,01mm)	Penelitian (0,01mm)	Rasio (%)
0	0	0	0	0	0	0
2,264456775	282	9	96,8	325	10	96,9
3,955226775	493	22	95,5	567	25	95,6
5,645996775	704	37	94,7	810	43	94,7
7,336766775	915	64	93	1052	73	93,1
9,027536775	1126	86	92,4	1295	95	92,7
10,71828678	1337	128	90,4	1537	143	90,7
11,56368678	1442	295	79,5	1658	288	82,6
11,56368678	1442	442	69,3	1658	467	71,8
12,40908678	1547	598	61,3	1779	651	63,4
14,09988678	1758	764	56,5	2022	1033	48,9
14,94518678	1864	1146	38,5	2143	1217	43,2
15,79058678	1969	1345	31,7	2264	1448	36
16,63598678	2074	1670	19,5	2386	1763	26,1
16,63598678	2074	1812	12,6	2386	1912	19,9
16,63598678	2074	1963	5,4	2386	2060	13,7
16,63598678	2074	2104	101,4	2386	2200	7,8
16,63598678	2074	2240	108	2386	2338	2
16,63598678	2074	2315	111,6	2386	2451	102,7
16,63598678	2074	2453	118,3	2386	2562	107,4

Dari Tabel 5.31. dapat dilihat bahwa hasil lendutan pada teori dengan hasil lendutan pada penelitian mengalami perbedaan. Hal ini disebabkan karena  $V_c > V_u$  dimana pada penelitian tulangan sengkang tidak mencapai tegangan luluh sedangkan pada teori tulangan sengkang dianggap sudah mencapai tegangan luluh. Sehingga pada waktu beban maksimum lendutan yang dihasilkan pada waktu penelitian lebih besar dibandingkan dengan teori.

**Tabel 5.33** Perbandingan lendutan teori terhadap penelitian sampel 4

P (KN)	1/3 L			1/2 L		
	Teori (0,01mm)	Penelitian (0,01mm)	Rasio (%)	Teori (0,01mm)	Penelitian (0,01mm)	Rasio (%)
0	0	0	0	0	0	0
2,264456	282	14	95	325	9	97,2
3,955225	493	30	93,9	567	17	97
5,645994	704	43	93,9	810	25	96,9
7,336763	915	61	93,3	1052	31	97,1
9,027532	1126	103	90,9	1295	149	88,5
9,872917	1231	466	62,1	1416	427	69,8
10,7183	1337	718	46,3	1537	731	52,4
10,7183	1337	833	37,7	1537	836	45,6
11,141	1389	1001	27,9	1598	1045	34,6
11,141	1389	1114	19,8	1598	1046	34,5
11,141	1389	1282	7,7	1598	1236	22,7
11,141	1389	1448	104,2	1598	1340	16,1
11,141	1389	1594	114,8	1598	1533	4,1

Dari Tabel 5.33. dapat dilihat bahwa hasil lendutan pada teori dengan hasil lendutan pada penelitian mengalami perbedaan. Hal ini disebabkan karena  $V_c > V_u$  dimana pada penelitian tulangan sengkang tidak mencapai tegangan luluh sedangkan pada teori tulangan sengkang dianggap sudah mencapai tegangan luluh. Sehingga pada waktu beban maksimum lendutan yang dihasilkan pada waktu penelitian lebih besar dibandingkan dengan teori.



## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian analisis kuat lentur balok *viereendeel* beton dengan variasi jarak sengkang telah dilakukan. Penelitian ini menghasilkan kesimpulan dan saran – saran.

#### 6.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah kami lakukan di laboratorium FTSP UII maka dapat disimpulkan bahwa :

1. jarak sengkang berpengaruh terhadap kapasitas lentur internal balok *viereendeel* beton, semakin rapat (dekat) jarak sengkangnya maka kapasitas lentur semakin besar,
2. semakin jauh jarak sengkang maka beban internal yang diterima balok *viereendeel* beton semakin kecil, dan semakin jauh jarak sengkang maka lendutan yang terjadi semakin besar,
3. jika jarak sengkang semakin jauh, maka momen internal yang terjadi semakin kecil dan semakin jauh jarak sengkang maka kelengkungan yang terjadi semakin besar, dan
4. jarak sengkang akan lebih berpengaruh apabila  $V_c < V_u$ , dimana pada keadaan  $V_u$ , tulangan sengkang sudah mencapai tegangan luluh.

## 6.2 Saran

Untuk kepentingan selanjutnya perlu diperhatikan beberapa hal berikut ini.

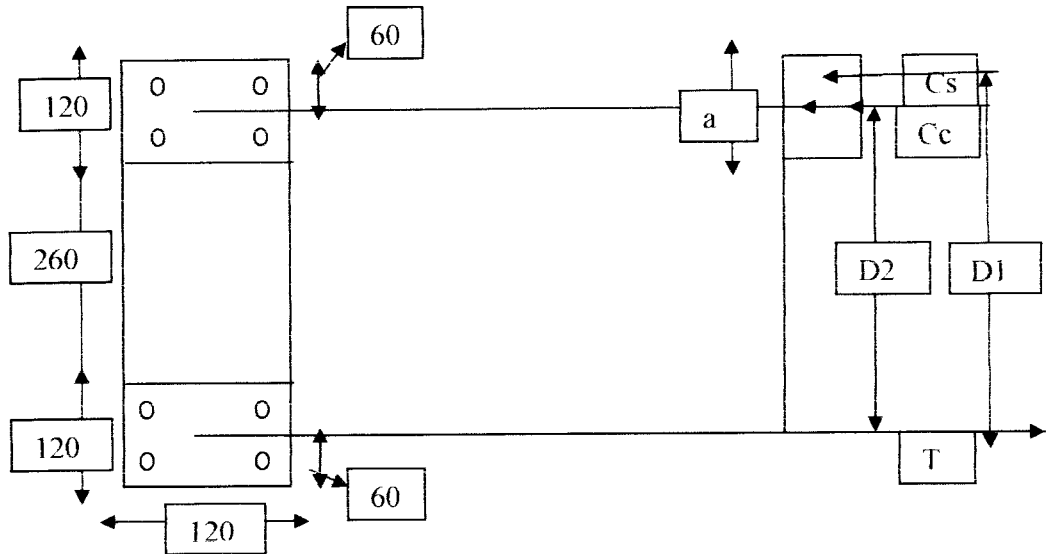
1. Pada saat pengujian, pembacaan *dial gauge* perlu dilakukan dengan seksama, karena sering terjadi kesalahan pembacaan.
2. Pembuatan *mix desain* adukan beton yang tepat, sehingga didapat kekuatan beton sesuai yang direncanakan.
3. Diperlukan penelitian dengan variasi jarak sengkang dengan jarak kurang dari 40 mm.
4. Diperlukan penelitian dengan variasi tinggi ( $h$ ) terhadap panjang bentang ( $L$ ) konstan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Edward G Nawy, 1990, *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar*, Eresco, Bandung.
- Istimawan Dipohusodo, 1994, *Struktur Beton Bertulang*, Gramedia, Jakarta.
- Kadir Aboe, *Bahan Kuliah Struktur Beton Bertulang I*, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan UII, Jogjakarta.
- Vis W C dan Gideon K Kusuma, 1993, *Dasar - Dasar Perencanaan Beton Bertulang*, Erlangga, Jakarta.
- Wolfgang Schueller, 1989, *Struktur Bangunan Bertingkat Tinggi*, Eresco, Bandung.
- Susastrawan, 1991, *Analisis Struktur Dengan Cara Matriks*, Andi Offset, Yogyakarta.
- Salmon, C.G. dan C. K. Wang, 1994, *Disain Beton Bertulang*, Erlangga, Jakarta.

Lampiran 1

Perhitungan Rencana



Diket :

$$b = 120 \text{ mm}$$

$$h = 500 \text{ mm}$$

$$f_c' = 10 \text{ MPa} \Rightarrow \beta = 0,85$$

$$F_y = 300 \text{ MPa}$$

$$d' = 60 \text{ mm}$$

$$d_s = d' = 60 \text{ mm}$$

$$A_s' = 2 D_{5,2} = 42,47 \text{ mm}^2$$

$$\epsilon_{cu} = 0,003$$

solusi :

$$F_y = 300 \text{ MPa} \Rightarrow \epsilon_y = \frac{F_y}{E_s} = \frac{300}{200000} = 1,5 \cdot 10^{-3} = 0,0015$$

$$C_c = 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot a = 0,85 \cdot 10 \cdot 120 \cdot a = 1020a$$

$$C_s = A_s' (F_y - 0,85 f_c') = 12381,17 \text{ N}$$

## Lanjutan Lampiran 1

### Perhitungan Rencana

$$T = A_s \cdot F_y = 12742,2 \text{ N}$$

$$\text{Keseimbangan gaya dalam} \Rightarrow T = C_c + C_s$$

$$a = \frac{12742,2 - 12381,17}{1020} = 35,395 \text{ mm}$$

$$c = \frac{a}{\beta} = \frac{35,395}{0,85} = 41,64 \text{ mm}$$

$$f_s' = \frac{c - d'}{c} \cdot \epsilon_{cu} = 1,32 \times 10^{-3} \text{ MPa} < F_y = 300 \text{ MPa}$$

$\Rightarrow$  Hitungan Mn

$$C_c = 1020a = 1020 \cdot 35,395 = 36102,9 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} M_n &= T \cdot d_1 + C_c \cdot d_2 \\ &= 10742,2 \cdot 480 + 36102,9 \cdot 440 = 6,275 \text{ KN} \end{aligned}$$

$$M_u = 1/6 (P \cdot L)$$

$$P_n = \frac{6M_n}{L} = 12,55 \text{ KN} = 1,25 \text{ Ton}$$

$$M_u = \phi M_n = 0,80 \cdot 6,275 = 5,02 \text{ KN}$$

$$P_u = \frac{6M_u}{L} = 10,04 \text{ KN}$$

$\Rightarrow$  Perhitungan tulangan geser (sengkang)

$\Rightarrow$  geser pada 1/3 bentang

$$V_u = 1/2 P_u = 5,02 \text{ KN}$$

$$\frac{V_u}{\phi} = \frac{5,02}{0,6} = 8,37 \text{ KN}$$

tinggi efektif (dtotal) = d1 + d2

$$d_1 = 120 \text{ mm}; d_2 = d - d' = 120 - 20 = 100 \text{ mm}$$

$$dtotal = 120 + 100 = 220 \text{ mm}$$

$$V_c = (1/6) \sqrt{F_c'} \cdot b \cdot d = 1/6 \sqrt{10} \cdot 120 \cdot 220 = 13914,02 \text{ N} = 13,92 \text{ KN}$$

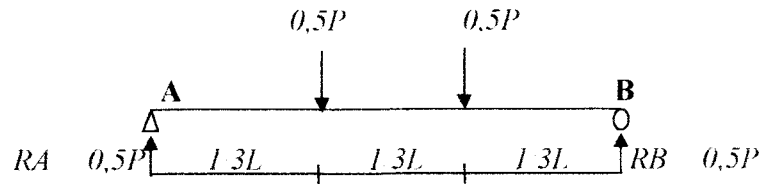
$$0,5 \phi V_c = 4,176 \text{ KN}$$

$$3V_c = 41,76 \text{ KN}$$

$$V_{smin} = 1/3 (F_y \cdot d) = 1/3 (300 \cdot 220) = 22000 \text{ N} = 20 \text{ KN}$$

## Lampiran 2

### Perhitungan Beban - Lendutan Teori



$$EIY'' = Mx = \frac{P}{2}x \rightarrow \text{jika} \left( 0 \leq x \leq \frac{1}{3}L \right) \dots \dots \dots (1)$$

$$EIY'' = Mx = \frac{P}{2}x - \frac{P}{2} \left( x - \frac{1}{3}L \right) \rightarrow \text{jika} \left( \frac{1}{3} \leq x \leq \frac{2}{3}L \right) \dots \dots \dots (2)$$

#### Integrasi 1

$$EIY' = \frac{P}{4}x^2 + C_1 \rightarrow \text{jika} \left( 0 \leq x \leq \frac{1}{3}L \right) \dots \dots \dots (3)$$

$$EIY' = \frac{P}{4}x^2 - \frac{P}{4} \left( x - \frac{1}{3}L \right)^2 + C_2 \rightarrow \text{jika} \left( \frac{1}{3} \leq x \leq \frac{2}{3}L \right) \dots \dots \dots (4)$$

$$EIY' = \frac{P}{4}x^2 - \frac{P}{4} \left( x - \frac{1}{3}L \right)^2 - \frac{P}{4} \left( x - \frac{1}{3}L \right)^2 + C_3$$

**Y' = 0 jika X = 1/2 L**

**Dengan menggunakan persamaan (5) dapat dicari C<sub>2</sub>**

$$\begin{aligned} EIY' &= \frac{P}{4} \left( \frac{1}{2}L \right)^2 - \frac{P}{4} \left( \frac{1}{2}L - \frac{1}{3}L \right)^2 + C_2 \\ &= \frac{1}{16} PL^2 - \frac{1}{144} PL^2 + C_2 = \\ C_2 &= -\frac{9-1}{144} PL^2 = \frac{8}{144} PL^2 = -\frac{1}{18} PL^2 \end{aligned}$$

**Jika  $\phi \frac{L}{3} = Y'_1 = Y'_2$ , sehingga :**

$$\begin{aligned} \phi \frac{L}{3} &= \frac{P}{4} \left( \frac{1}{3}L \right)^2 + C_1 = \frac{P}{4} \left( \frac{1}{3}L \right)^2 - \frac{P}{4} \left( \frac{1}{3}L - \frac{1}{3}L \right)^2 - \frac{1}{18} PL^2 \\ C_1 &= -\frac{1}{18} PL^2 \end{aligned}$$

## Lanjutan Lampiran 2

### Integrasi 2

$$EIY = \frac{P}{12}x^3 + C_1x + C_4 \dots \dots \dots (5)$$

**jika Y = 0 dan X = 0 maka C<sub>4</sub> = 0**

$$EIY = \frac{P}{12}x^3 - \frac{P}{12}\left(x - \frac{1}{3}L\right)^3 + C_2x + C_5 \dots \dots \dots (6)$$

Jika  $\frac{L}{3}$  persamaan(5) =  $\frac{L}{3}$  persamaan(6), maka:

$$EIY = \frac{P}{12}\left(\frac{1}{3}L\right)^3 - C_1\left(\frac{1}{3}L\right) = \frac{P}{12}\left(\frac{1}{3}L\right)^3 - \frac{P}{12}\left(\frac{L}{3} - \frac{L}{3}\right)^3 - \frac{1}{18}PL^2\left(\frac{L}{3}\right) + C_5$$

$$C_5 = -\frac{P}{12} \frac{1}{27}L^3 - \frac{1}{18}PL^2\left(\frac{1}{3}L\right) = \frac{P}{12} \frac{1}{27}L^3 - 0 - \frac{1}{54}PL^3$$

$$C_5 = -\frac{1}{324}PL^3 - \frac{1}{18}PL^3 = \frac{1}{324}PL^3 - \frac{1}{54}PL^3$$

$$C_5 = 0$$

**Mencari lendutan pada 1/3L ( x = 1/3 L)digunakan persamaan (5)**

$$EIY = \frac{P}{12}x^3 + C_1x$$

$$EIY = \frac{P}{12}\left(\frac{1}{3}L\right)^3 - \frac{1}{18}PL^2\left(\frac{1}{3}L\right) = \frac{1}{324}PL^3 - \frac{1}{54}PL^3 = \frac{1-6}{324}PL^3 = -\frac{5}{324}PL^3$$

**Mencari lendutan pada 1/2 L ( x = 1/2 L)digunakan persamaan (6)**

$$EIY = \frac{P}{12}x^3 - \frac{P}{12}\left(x - \frac{1}{3}L\right)^3 + C_2x + C_5$$

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

$$EIY = \frac{1}{96}PL^3 - \frac{1}{2592}PL^3 - \frac{1}{36}PL^3 = \frac{27-1-72}{2592}PL^3 = -\frac{23}{1296}PL^3$$

### Lanjutan Lampiran 3

#### 1. Patah sentries

$$Pn0 = 0,80(0,85Fc'(Ag-Ast)+(Fy.Ast)$$

$$Pn0 = 0,80(0,85 \cdot 7,9(14400-84,94)+(281,67 \cdot 84,94) = 120,0628 \text{ KN}$$

Karena eksentrisitas (e) = 0 maka momen = 0

#### 2. Patah Imbang

$$Xb = \frac{600}{(600 + Fy)} \cdot d = \frac{600}{(600 + 281,67)} \cdot 100 = 68,0524 \text{ mm}$$

$$ab = 0,85 \cdot Xb = 57,8445 \text{ mm}$$

$$\frac{ab}{2} = 28,922 \text{ mm}$$

$$Cc = 0,85 fc' \cdot b \cdot 0,85 \cdot Xb = 46611,11 \text{ Nmm}$$

$$Fs' = \frac{(Xb - d')600}{Xb} = 423,67$$

$$Fs' \text{ pakai} = Fy = 281,67 \text{ MPa}$$

$$Cs = As' \cdot (Fs' - 0,85 Fc') = 11683,4 \text{ Nmm}$$

$$Ts = As \cdot Fy = 11968,7 \text{ Nmm}$$

$$Pn = Cc + Cs - Ts = 46325,78 \text{ N}$$

$$Mn = (Cc \cdot (h/2 - ab/2)) + (Cs (h/2 - d' )) + (Ts \cdot (d - h/2)) = 2394653,3 \text{ N}$$

$$\text{Eksentrisitas (e)} = \frac{Mn}{Pn} = 51,692 \text{ mm}$$

#### 3. Patah desak

$$X > Xb, Fs' = Fy$$

$$\text{Misal } X = 100 \text{ mm; } a = 0,85X = 85 \text{ mm ; } a/2 = 42,5 \text{ mm}$$

$$Cc = 0,85 fc' \cdot b \cdot a = 68493 \text{ Nmm}$$



### Lanjutan Lampiran 3

$$F_s' = \frac{(x - d')600}{x} = 480$$

$$F_s' \text{ pakai} = F_y = 281,67 \text{ MPa}$$

$$C_s = A_s'(F_s' - (0,85F_c')) = 11683,4 \text{ Nmm}$$

$$P_n = C_c + C_s = 80176,4 \text{ Nmm}$$

$$M_n = (C_c \cdot (h/2 - ab/2)) + (C_s (h/2 - d')) = 1665963,5 \text{ Nmm}$$

### 4. Patah Tarik

$$X < X_b ; F_s = F_y$$

$$\text{Misal } X = 25 \text{ mm} ; a = 0,85X = 21,25 \text{ mm} ; a/2 = 10,625 \text{ mm}$$

$$C_c = 0,85 f_c' \cdot b \cdot a = 17123,3 \text{ Nmm}$$

$$F_s = 281,67$$

$$F_s' = \frac{(x - d')600}{x} = 120$$

$$F_s' \text{ pakai} = 120$$

$$C_s = A_s'(F_s' - (0,85f_c')) = 8156,52 \text{ Nmm}$$

$$T_s = A_s \cdot F_s = 20280,5 \text{ Nmm}$$

$$P_n = C_c + C_s - T_s = 4999,242 \text{ N}$$

$$M_n = (C_c \cdot (h/2 - ab/2)) + (C_s (h/2 - d')) + (T_s \cdot (d - h/2)) = 1982942,4 \text{ N}$$

### 5. Pembebanan Tarik

$$P_u = - A_s \cdot F_y = -84,94 \cdot 281,674 = -23,925 \text{ KN}$$

## Lampiran 4

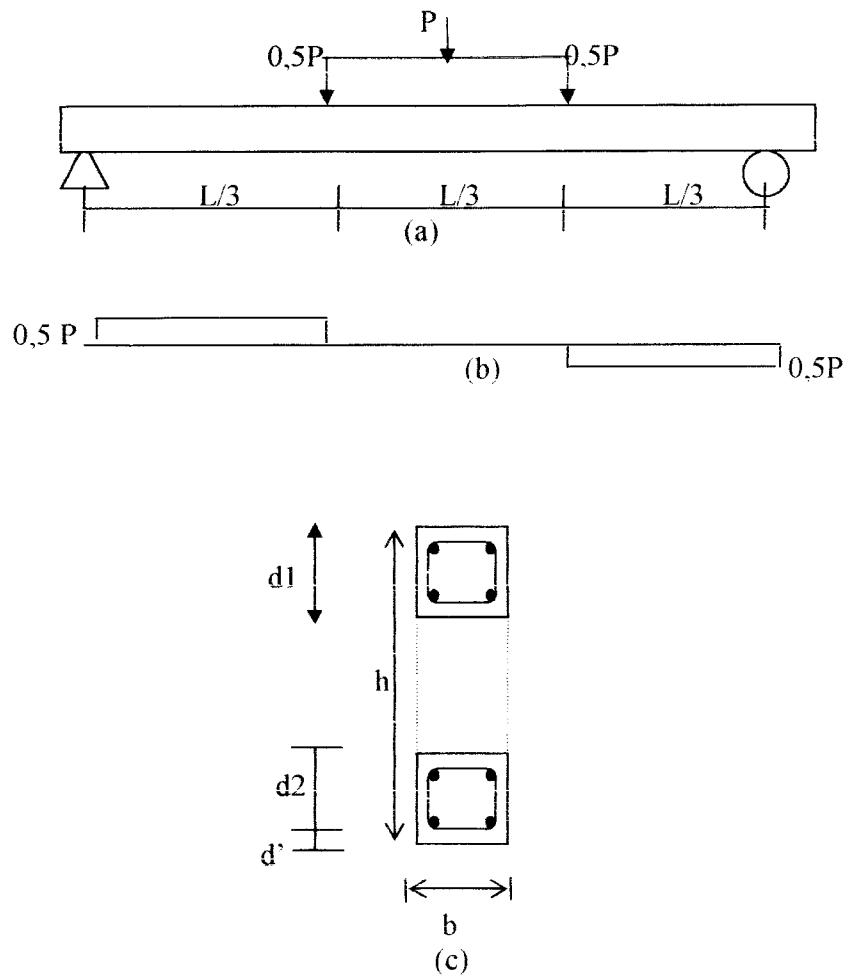
### Perhitungan Pada Tinjauan Geser

#### A. Sebagai Balok

Diketahui :  $\phi$  tulangan 5,2 mm

$F_y = 281,674 \text{ MPa}$  ;  $f_c' = 7,9 \text{ MPa}$  ;  $h = 500 \text{ mm}$

$d = 120 - 20 = 100 \text{ mm}$  ;  $b = 120 \text{ mm}$



**Gambar** (a) Balok dengan pembebanan  $1/3 L$   
(b) Diagram gaya geser akibat beban luar  
(c) Tampang balok

## Lanjutan Lampiran 4

### 1. Benda Uji 1 ( jarak sengkang 40 mm)

- Batang tepi atas

$$V_n = V_c + V_s$$

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d_1 ; d_1 = 120$$

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{7,9} \cdot 120 \cdot 120 = 6745,665 \text{ N} = 6,745 \text{ KN}$$

$$V_s = \frac{A_v \cdot F_y \cdot d}{s} = \frac{42,474 \cdot 281,674 \cdot 80}{40 \cdot 1000} = 23,927 \text{ KN}$$

$$V_n = V_c + V_s = 6,745 + 23,927 = 30,672 \text{ KN}$$

- Batang tepi bawah (kuat geser beton diabaikan)

$$V_s = \frac{A_v \cdot F_y \cdot d}{s} = \frac{42,474 \cdot 281,674 \cdot 80}{40 \cdot 1000} = 23,927 \text{ KN}$$

$$V_n \text{ total} = V_n \text{ tepi atas} + V_s \text{ tepi bawah}$$

$$V_n \text{ total} = 30,672 + 23,927 = 54,599 \text{ KN}$$

$$\phi V_n = 32,759 \text{ KN} ; \text{ dg } \phi = 0,6$$

- Berat sendiri balok

$$\text{a) batang tepi atas} = 0,12 \times 0,12 \times 3 \times 2,3 = 0,09936 \text{ T/m}^2$$

$$\text{b) batang tepi bawah} = 0,12 \times 0,12 \times 3 \times 2,3 = 0,09936 \text{ T/m}^2$$

$$\text{c) batang trans} = (0,12 \times 0,12 \times 0,26) \times 7 \times 2,3 = 0,06028 \text{ T/m}^2$$

$$\text{berat total} = 0,259 \text{ T/m}^2 = 2,59 \text{ KN/m}^2$$

$$V_u \text{ akibat berat sendiri} = 0,129 \text{ KN}$$

$$V_u \text{ akibat beban luar P (dengan P = 17,48 KN)} = 8,74 \text{ KN}$$

$$V_u \text{ total} = 0,129 + 8,74 = 8,869 \text{ KN}$$

$$\text{Jadi } V_u \leq \phi V_n$$

## Lanjutan Lampiran 4

### 2. Benda Uji 2 (jarak sengkang 60 mm)

- Batang tepi atas

$$V_n = V_c + V_s$$

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} b d_1 ; d_1 = 120$$

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{7.9} \cdot 120 \cdot 120 = 6745.665 \text{ N} = 6,745 \text{ KN}$$

$$V_s = \frac{A_v F_y d}{s} = \frac{42,474.281.674.80}{60.1000} = 15,952 \text{ KN}$$

$$V_n = V_c + V_s = 6,745 + 15,952 = 22,697 \text{ KN}$$

- Batang tepi bawah (kuat geser beton diabaikan)

$$V_s = \frac{A_v F_y d}{s} = \frac{42,474.281.674.80}{60.1000} = 15,952 \text{ KN}$$

$$V_n \text{ total} = V_n \text{ tepi atas} + V_s \text{ tepi bawah}$$

$$V_n \text{ total} = 22,697 + 15,952 = 38,649 \text{ KN}$$

$$\phi V_n = 23,189 \text{ KN} ; \text{ dg } \phi = 0,6$$

$$V_u \text{ akibat berat sendiri} = 0,129 \text{ KN}$$

$$V_u \text{ akibat beban luar P (dengan P = 16,64 KN)} = 8,32 \text{ KN}$$

$$V_u \text{ total} = 0,129 + 8,32 = 8,449 \text{ KN}$$

$$\text{Jadi } V_u \leq \phi V_n$$

### 3. Benda Uji 3 (jarak sengkang 70 mm)

- Batang tepi atas

$$V_n = V_c + V_s$$

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} b d_1 ; d_1 = 120$$

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{7.9} \cdot 120 \cdot 120 = 6745.665 \text{ N} = 6,745 \text{ KN}$$

$$V_s = \frac{A_v F_y d}{s} = \frac{42,474.281.674.80}{70.1000} = 13,673 \text{ KN}$$

$$V_n = V_c + V_s = 6,745 + 13,673 = 20,418 \text{ KN}$$

#### Lanjutan Lampiran 4

- **Batang tepi bawah** (kuat geser beton diabaikan)

$$V_s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s} = \frac{42,474 \cdot 281 \cdot 674 \cdot 80}{70 \cdot 1000} = 13,673 \text{ KN}$$

$$V_n \text{ total} = V_n \text{ tepi atas} + V_s \text{ tepi bawah}$$

$$V_n \text{ total} = 20,148 + 13,673 = 34,091 \text{ KN}$$

$$\phi V_n = 20,455 \text{ KN} ; \text{ dg } \phi = 0,6$$

$$V_u \text{ akibat berat sendiri} = 0,129 \text{ KN}$$

$$V_u \text{ akibat beban luar P (dengan P = 14,95 KN)} = 7,47 \text{ KN}$$

$$V_u \text{ total} = 0,129 + 7,47 = 7,579 \text{ KN}$$

$$\text{Jadi } V_u \leq \phi V_n$$

#### 4. Benda Uji 4 (jarak sengkang 90 mm)

- **Batang tepi atas**

$$V_n = V_c + V_s$$

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d_1 ; d_1 = 120$$

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{7,9} \cdot 120 \cdot 120 = 6745,665 \text{ N} = 6,745 \text{ KN}$$

$$V_s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s} = \frac{42,474 \cdot 281 \cdot 674 \cdot 80}{90 \cdot 1000} = 10,635 \text{ KN}$$

$$V_n = V_c + V_s = 6,745 + 10,635 = 17,38 \text{ KN}$$

- **Batang tepi bawah** (kuat geser beton diabaikan)

$$V_s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s} = \frac{42,474 \cdot 281 \cdot 674 \cdot 100}{90 \cdot 1000} = 10,635 \text{ KN}$$

$$V_n \text{ total} = V_n \text{ tepi atas} + V_s \text{ tepi bawah}$$

$$V_n \text{ total} = 17,38 + 10,635 = 28,015 \text{ KN}$$

$$\phi V_n = 16,809 \text{ KN} ; \text{ dg } \phi = 0,6$$

$$V_u \text{ akibat berat sendiri} = 0,129 \text{ KN}$$

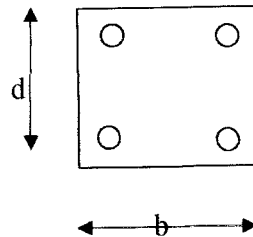
$$V_u \text{ akibat beban luar P (dengan P = 11,41 KN)} = 5,71 \text{ KN}$$

$$V_u \text{ total} = 0,129 + 5,71 = 5,839 \text{ KN}$$

$$\text{Jadi } V_u \leq \phi V_n$$

## Lanjutan Lampiran 4

### B. Geser Pada Setiap Rangka Batang *Vierendeel*



Diketahui :  $\phi$  tulangan 5,2 mm

$$F_y = 281.674 \text{ MPa} \quad ; \quad f_c' = 7,9 \text{ MPa} \quad ; \quad d' = 20 \text{ mm}$$

$$h = 500 \text{ mm}$$

$$d = 120 - 20 = 100$$

$$b = 120 \text{ mm}$$

#### 1. Benda Uji 1 jarak sengkang 40 mm)

- Batang tepi atas dan batang tansversal

$$V_n = V_c + V_s$$

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d$$

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{7,9} \cdot 120 \cdot 100 = 5621,38 \text{ N} = 5,621 \text{ KN}$$

$$V_s = \frac{A_v \cdot F_y \cdot d}{s} = \frac{42,474 \cdot 281,674 \cdot 100}{40 \cdot 1000}$$

$$V_s = 29,907 \text{ KN}$$

$$V_n = 5,621 + 29,907 = 35,528 \text{ KN}$$

$$\phi V_n = 21,317 \text{ KN} \quad ; \quad \text{dg } \phi = 0,6$$

- Batang tepi bawah (kuat tarik beton diabaikan)

$$V_n = V_s = \frac{A_v \cdot F_y \cdot d}{s} = 29,907 \text{ KN}$$

$$\phi V_n = 17,944 \text{ KN}$$

## Lanjutan Lampiran 4

### 2. Benda Uji 2 (jarak sengkang 60 mm)

- Batang tepi atas dan batang transversal

$$V_n = V_c + V_s$$

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} b d ,$$

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{7,9} \cdot 120 \cdot 100 = 5621,38 \text{ N} = 5,621 \text{ KN}$$

$$V_s = \frac{A_v \cdot F_y \cdot d}{s} = \frac{42,474 \cdot 281,674 \cdot 100}{60 \cdot 1000}$$

$$V_s = 19,939 \text{ KN}$$

$$V_n = 5,621 + 19,939 = 25,56 \text{ KN}$$

$$\phi V_n = 15,336 \text{ KN} ; \text{ dg } \phi = 0,6$$

- Batang tepi bawah (kuat tarik beton diabaikan)

$$V_n = V_s = \frac{A_v \cdot F_y \cdot d}{s} = 19,939 \text{ KN}$$

$$\phi V_n = 11,964 \text{ KN}$$

### 3. Benda Uji 3 (jarak sengkang 70 mm)

- Batang tepi atas dan batang transversal

$$V_n = V_c + V_s$$

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} b d ,$$

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{7,9} \cdot 120 \cdot 100 = 5621,38 \text{ N} = 5,621 \text{ KN}$$

$$V_s = \frac{A_v \cdot F_y \cdot d}{s} = \frac{42,474 \cdot 281,674 \cdot 100}{70 \cdot 1000}$$

$$V_s = 17,091 \text{ KN}$$

$$V_n = 5,621 + 17,091 = 22,712 \text{ KN}$$

$$\phi V_n = 13,627 \text{ KN} ; \text{ dg } \phi = 0,6$$

## Lampiran 5

### Contoh Perhitungan Momen - Kelengkungan

$$\phi = \frac{Y_{i+1} - 2Y_i - Y_{i-1}}{(2\Delta x)^2}; \text{ dimana } \phi = \text{kelengkungan}$$

$Y_{i+1}$  = lendutan pada 2/3 bentang (m)

$2y_i$  = lendutan pada tengah bentang (m)

$Y_{i-1}$  = lendutan pada 1/3 bentang (m)

$(\Delta x)$  = jarak dari 1/3 bentang ke tengah bentang (m)

misal diketahui :

$$Y_{i+1} = 0,02561$$

$$Y_i = 0,02735$$

$$Y_{i-1} = 0,02725$$

$$\Delta x = 0,5$$

Maka kelengkungannya adalah :

$$\phi = \frac{0,02561 - (2 \cdot 0,02735) - 0,02725}{(2 \cdot 0,5)^2} = 0,05634 \text{ Rad/m}$$



## Lampiran 6

### Data Pengujian Kuat Tarik Baja Tulangan

Sampel	D (mm)	D Rata-rata (mm)	A Rata-rata (mm <sup>2</sup> )	Beban Leleh	Beban Maximum	Beban Putus
1	2	3	4	5	6	7
I	5	5.167	20.966	600 Kg	905 Kg	620 Kg
	5.25			28.62 Kg/mm <sup>2</sup>	43.17 Kg/mm <sup>2</sup>	29.57 Kg/mm <sup>2</sup>
	5.25			286.181 MPa	431.656 MPa	295.720 MPa
II	5.25	5.250	21.648	600 Kg	910 Kg	650 Kg
	5.25			27.72 Kg/mm <sup>2</sup>	42.04 Kg/mm <sup>2</sup>	30.027 Kg/mm <sup>2</sup>
	5.3			277.17 MPa	420.371 MPa	300.265 MPa
			Rata-rata	281.674 MPa	426.014 MPa	297.993 MPa

#### 1. Perhitungan pada sampel 1

$$A = \frac{1}{4} \pi \cdot D^2 = 20,966 \text{ mm}^2$$

$$\text{Beban leleh} = \frac{600 \text{ Kg}}{A} = 28,62 \text{ Kg/mm}^2 = 286,181 \text{ MPa}$$

$$\text{Beban maksimum} = \frac{905 \text{ Kg}}{A} = 43,17 \text{ Kg/mm}^2 = 431,656 \text{ MPa}$$

$$\text{Beban putus} = \frac{620 \text{ Kg}}{A} = 29,57 \text{ Kg/mm}^2 = 295,720 \text{ MPa}$$

#### 2. Perhitungan pada sampel 2

$$A = \frac{1}{4} \pi \cdot D^2 = 21,648 \text{ mm}^2$$

$$\text{Beban leleh} = \frac{600 \text{ Kg}}{A} = 27,72 \text{ Kg/mm}^2 = 277,17 \text{ MPa}$$

$$\text{Beban maksimum} = \frac{910 \text{ Kg}}{A} = 42,04 \text{ Kg/mm}^2 = 420,371 \text{ MPa}$$

$$\text{Beban putus} = \frac{650 \text{ Kg}}{A} = 30,027 \text{ Kg/mm}^2 = 300,265 \text{ MPa}$$

$$\text{Beban leleh rata-rata } (F_y) \text{ rata-rata} = \frac{F_{y1} + F_{y2}}{2} = 281,674 \text{ MPa}$$

## Lampiran 7

### Data Perencanaan Adukan Beton (*Mix Design*)

PERENCANAAN ADUKAN BETON METODE DOE			
1	Kuat tekan yang disyaratkan pada umur 28 hari	10	MPa
2	Deviasi Standart (s)	7	MPa
3	Nilai tambah (m)	12	MPa
4	Kuat tekan rata-rata yang ditargetkan ( $f'_{cr}$ )	22	MPa
5	Jenis semen	I (biasa)	
6	Jenis kerikil	batu pecah	
7	Faktor air semen	0.48	
8	Faktor air semen maksimum	0.6	
9	Nilai slump	100	mm
10	Ukuran butir maksimum kerikil	10	mm
11	Kebutuhan air	180	liter
12	Kebutuhan semen portland	375	Kg
13	Kebutuhan semen portland minimum	275	Kg
14	dipakai kebutuhan semen portland	375	Kg
15	Penyesuaian jumlah air atau fas	tetap	180 Ltr & 0.48
16	Pasir masuk golongan	2	
17	Prosentase pasir terhadap agregat campuran	35	%
18	Berat jenis campuran	2.6	
19	Berat beton	2380	Kg/M <sup>3</sup>
20	Kebutuhan campuran pasir dan kerikil	1825	Kg/M <sup>3</sup>
21	Kebutuhan pasir	638.75	Kg/M <sup>3</sup>
22	Kebutuhan kerikil	1186.25	Kg/M <sup>3</sup>

Volume (M <sup>3</sup> )	Berat beton (Kg)	Air (Kg)	Semen (Kg)	Ag. Halus (Kg)	Ag. Kasar (Kg)	Keterangan
1	2380	180.000	375.000	638.750	1186.250	
0.183608	2380	33.049	68.853	117.280	217.805	sampel 1
0.183608	2380	33.049	68.853	117.280	217.805	sampel 2
0.183608	2380	33.049	68.853	117.280	217.805	sampel 3
0.183608	2380	33.049	68.853	117.280	217.805	sampel 4
0.734432	2380	132.198	275.412	469.118	871.220	Vol total

## Lampiran 8

### Data Pengujian Silinder Beton

#### Data Pengujian Silinder Beton

Sampel	Kode	D	Luas	tinggi	volume	berat	Bj	Bj	beban	fc'	rata-rata
		cm	cm <sup>2</sup>	cm	cm <sup>3</sup>	Kg	kN/m <sup>3</sup>	rata-rata	N	MPa	
1	A	14.9	174.4	12.4	2163.01	12.4	23.695	23.2	3E+05	17.2	14.296
	B	14.4	162.4	30.4	4935.76	12.6	25.528		2E+05	11.4	
2	A	14.9	176.2	30.75	5418.06	12.4	22.886	21.664	2E+05	10.2	10.444
	B	15.3	182.7	34	6212.74	12.7	20.442		2E+05	10.7	
3	A	15	176.8	29.78	5263.79	12.2	23.177	23.314	2E+05	9.62	10.093
	B	14.9	175.1	29.73	5202.54	12.2	23.45		2E+05	10.6	
4	A	14.9	175.1	29.45	5154.41	12	23.281		2E+05	14.2	
	B	15	176.8	29.58	5228.44	12.1	23.143	24.3	3E+05	16.7	15.428
								fc' rata - rata		12.5	MPa

## Lanjutan Lampiran 8

Data Perhitungan Standar Deviasi (Sd)

n	fc' (MPa)	fc' – (fc' rata-rata)	(fc'-fc'rata-rata) <sup>2</sup>
1	17,205	4,636	21,490
2	11,391	-1,178	1,388
3	10,220	-2,349	5,519
4	10,676	-1,894	3,585
5	9,620	-2,949	8,698
6	10,574	-1,995	3,980
7	14,175	1,606	2,578
8	16,694	4,124	17,008
jumlah	100,555	0,000	64,250
fc' rata <sup>2</sup>	12,569		

$$Sd = \sqrt{\frac{(fc' - fc' \text{ rata-rata})^2}{n}} = 2,834$$

$$fc' = fc' \text{ rata-rata} - 1,64 \cdot Sd = 12,569 - 1,64 \cdot 2,834$$

$$fc' = 7,9 \text{ MPa}$$

## Lampiran 9

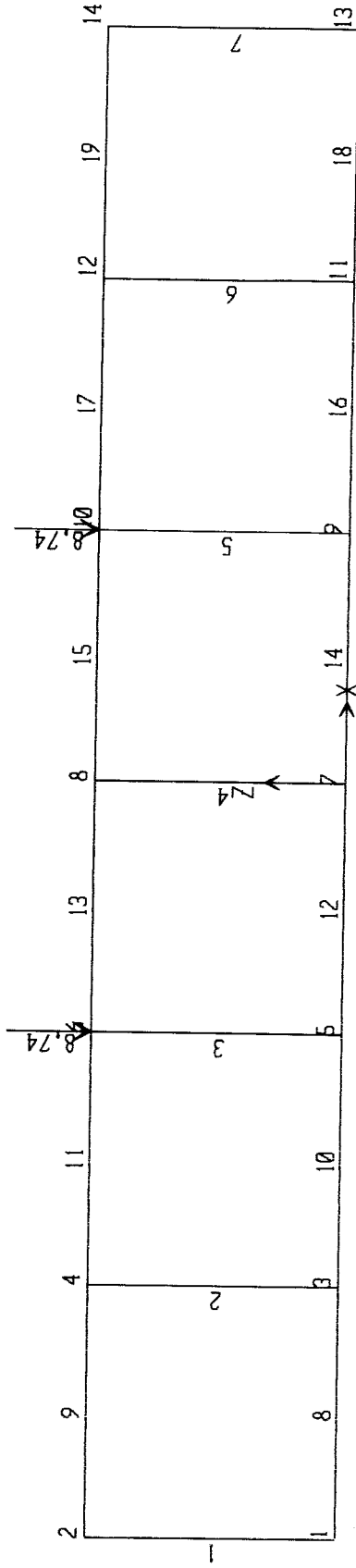
### Data Beban – Deformasi Setiap Benda Uji

#### Data P- $\Delta$ benda uji 1 dengan jarak sengkang 40 mm

Beban (KN)	Dial 1	Dial 2	Dial 3
0	0	0	0
2.2644555	7	15	2
3.9552245	15	27	10
5.498896	24	40	84
7.189665	40	64	85
8.8880434	54	82	90
10.7182975	98	124	108
11.5627875	320	352	396
12.4090675	565	635	624
14.0998375	987	1052	1010
14.79813015	1465	1495	1400
15.7906075	1680	1692	1593
16.6359975	1863	1871	1702
17.4813775	2056	2054	1914
17.4813775	2255	2238	2092
17.4813775	2335	2330	2178
17.4813775	2415	2416	2263
17.4813775	2540	2590	2334
17.4813775	2610	2680	2452
17.4813775	2725	2735	2561

#### Data P- $\Delta$ benda uji 2 dengan jarak sengkang 60 mm

Beban (KN)	Dial 1	Dial 2	Dial 3
0	0	0	0
2,264456775	9	10	0
3,955226775	22	25	1
5,645996775	37	43	78
7,336766775	64	73	83
9,027536775	86	95	91
10,71828678	128	143	180
11,56368678	295	288	208
11,56368678	442	467	408
12,40908678	598	651	600
14,09988678	764	1033	898
14,94518678	1146	1217	1185
15,79058678	1345	1448	1390
16,63598678	1670	1763	1789
16,63598678	1812	1912	1898
16,63598678	1963	2060	2088

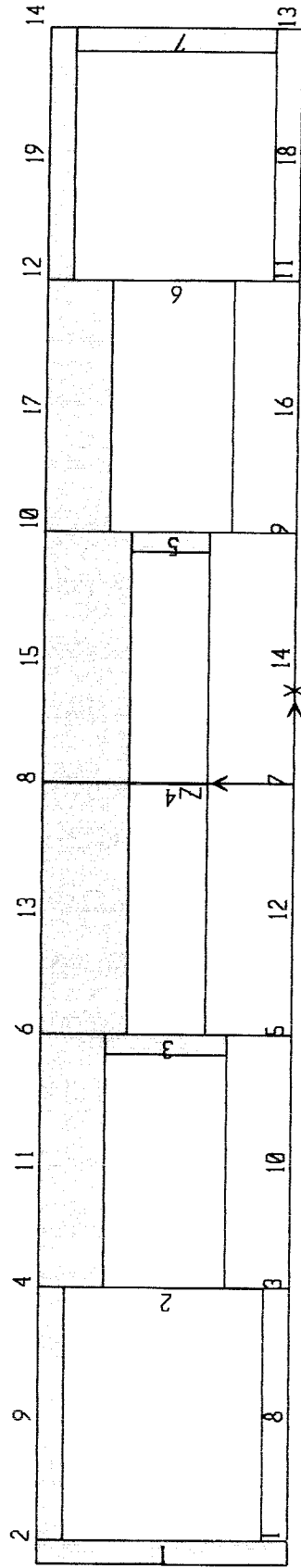


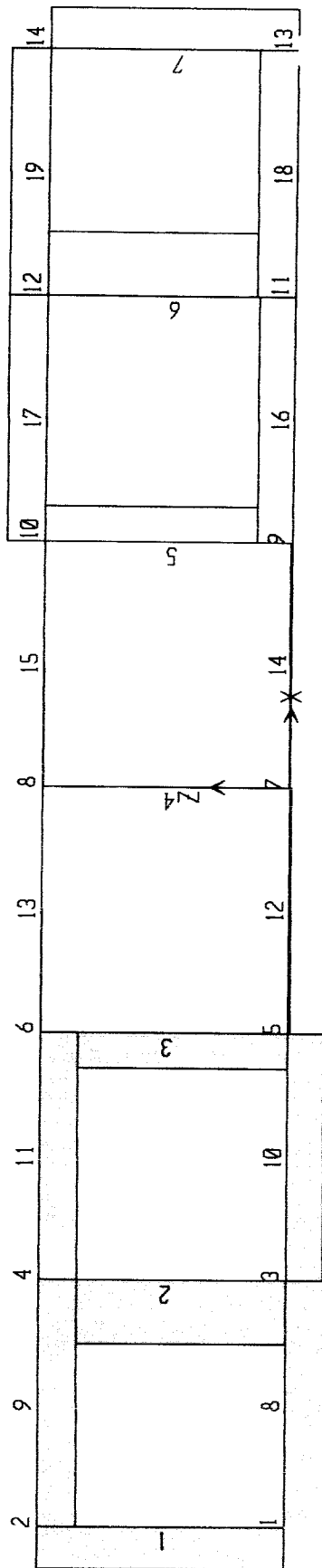
**TABLE: Element Forces - Frames**

Frame	Station	OutputCase	CaseType	P	V2	M3
Text	m	Text	Text	KN	KN	KN-m
1	0	mati	LinStatic	-0,883	-0,689	-0,174
1	0,25	mati	LinStatic	-0,798	-0,689	-0,002
1	0,5	mati	LinStatic	-0,714	-0,689	0,171
1	0	hidup	LinStatic	-4,309	-4,792	-1,208
1	0,25	hidup	LinStatic	-4,309	-4,792	-0,010
1	0,5	hidup	LinStatic	-4,309	-4,792	1,188
1	0	kombinasi	Combination	-7,954	-8,495	-2,141
1	0,25	kombinasi	Combination	-7,853	-8,495	-0,017
1	0,5	kombinasi	Combination	-7,751	-8,495	2,106
2	0	mati	LinStatic	-0,095	-0,885	-0,222
2	0,25	mati	LinStatic	-0,011	-0,885	-0,001
2	0,5	mati	LinStatic	0,074	-0,885	0,220
2	0	hidup	LinStatic	-0,154	-7,440	-1,858
2	0,25	hidup	LinStatic	-0,154	-7,440	0,002
2	0,5	hidup	LinStatic	-0,154	-7,440	1,861
2	0	kombinasi	Combination	-0,360	-12,965	-3,240
2	0,25	kombinasi	Combination	-0,259	-12,965	0,001
2	0,5	kombinasi	Combination	-0,157	-12,965	3,243
3	0	mati	LinStatic	-0,081	-0,484	-0,121
3	0,25	mati	LinStatic	0,004	-0,484	0,000
3	0,5	mati	LinStatic	0,089	-0,484	0,121
3	0	hidup	LinStatic	-4,180	-4,131	-1,033
3	0,25	hidup	LinStatic	-4,180	-4,131	0,000
3	0,5	hidup	LinStatic	-4,180	-4,131	1,033
3	0	kombinasi	Combination	-6,785	-7,190	-1,798
3	0,25	kombinasi	Combination	-6,683	-7,190	0,000
3	0,5	kombinasi	Combination	-6,581	-7,190	1,797
4	0	mati	LinStatic	-0,086	0,000	0,000
4	0,25	mati	LinStatic	-0,001	0,000	0,000
4	0,5	mati	LinStatic	0,084	0,000	0,000
4	0	hidup	LinStatic	-0,195	0,000	0,000
4	0,25	hidup	LinStatic	-0,195	0,000	0,000
4	0,5	hidup	LinStatic	-0,195	0,000	0,000
4	0	kombinasi	Combination	-0,415	0,000	0,000
4	0,25	kombinasi	Combination	-0,313	0,000	0,000
4	0,5	kombinasi	Combination	-0,211	0,000	0,000
5	0	mati	LinStatic	-0,081	0,484	0,121
5	0,25	mati	LinStatic	0,004	0,484	0,000
5	0,5	mati	LinStatic	0,089	0,484	-0,121
5	0	hidup	LinStatic	-4,180	4,131	1,033
5	0,25	hidup	LinStatic	-4,180	4,131	0,000
5	0,5	hidup	LinStatic	-4,180	4,131	-1,033
5	0	kombinasi	Combination	-6,785	7,190	1,798
5	0,25	kombinasi	Combination	-6,683	7,190	0,000
5	0,5	kombinasi	Combination	-6,581	7,190	-1,797
6	0	mati	LinStatic	-0,095	0,885	0,222
6	0,25	mati	LinStatic	-0,011	0,885	0,001
6	0,5	mati	LinStatic	0,074	0,885	-0,220
6	0	hidup	LinStatic	-0,154	7,440	1,858
6	0,25	hidup	LinStatic	-0,154	7,440	-0,002
6	0,5	hidup	LinStatic	-0,154	7,440	-1,861

15	0	mati	LinStatic	-2,058	0,042	0,058
15	0,5	mati	LinStatic	-2,058	0,211	-0,005
15	0	hidup	LinStatic	-16,363	-0,097	0,255
15	0,5	hidup	LinStatic	-16,363	-0,097	0,303
15	0	kombinasi	Combination	-28,650	-0,106	0,477
15	0,5	kombinasi	Combination	-28,650	0,098	0,479
16	0	mati	LinStatic	1,574	0,294	0,115
16	0,5	mati	LinStatic	1,574	0,463	-0,074
16	0	hidup	LinStatic	12,232	4,277	1,288
16	0,5	hidup	LinStatic	12,232	4,277	-0,851
16	0	kombinasi	Combination	21,460	7,196	2,199
16	0,5	kombinasi	Combination	21,460	7,399	-1,450
17	0	mati	LinStatic	-1,574	0,300	0,116
17	0,5	mati	LinStatic	-1,574	0,470	-0,077
17	0	hidup	LinStatic	-12,232	4,463	1,336
17	0,5	hidup	LinStatic	-12,232	4,463	-0,895
17	0	kombinasi	Combination	-21,460	7,501	2,276
17	0,5	kombinasi	Combination	-21,460	7,704	-1,525
18	0	mati	LinStatic	0,689	0,559	0,148
18	0,5	mati	LinStatic	0,689	0,728	-0,174
18	0	hidup	LinStatic	4,792	4,431	1,008
18	0,5	hidup	LinStatic	4,792	4,431	-1,208
18	0	kombinasi	Combination	8,495	7,760	1,790
18	0,5	kombinasi	Combination	8,495	7,963	-2,141
19	0	mati	LinStatic	-0,689	0,544	0,144
19	0,5	mati	LinStatic	-0,689	0,714	-0,171
19	0	hidup	LinStatic	-4,792	4,309	0,966
19	0,5	hidup	LinStatic	-4,792	4,309	-1,188
19	0	kombinasi	Combination	-8,495	7,547	1,718
19	0,5	kombinasi	Combination	-8,495	7,751	-2,106







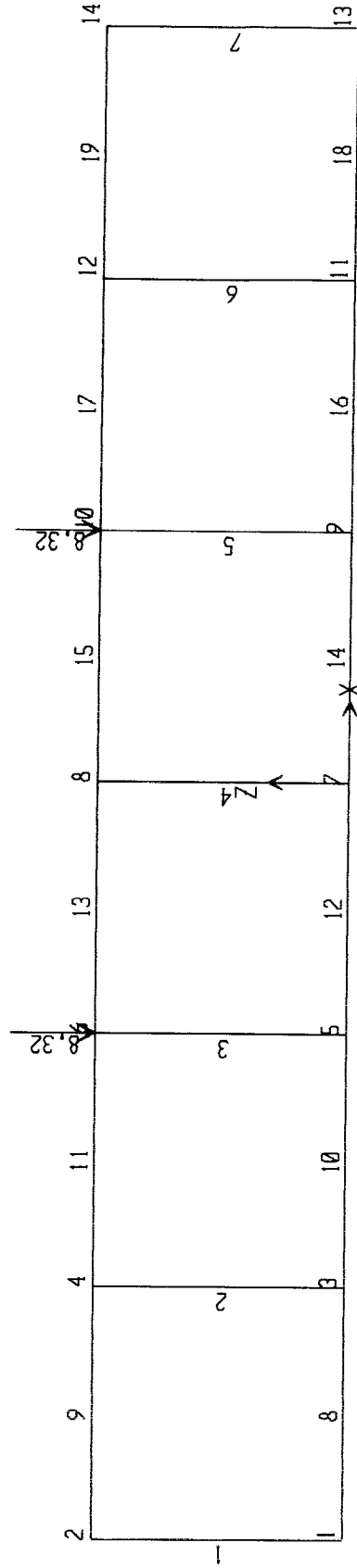
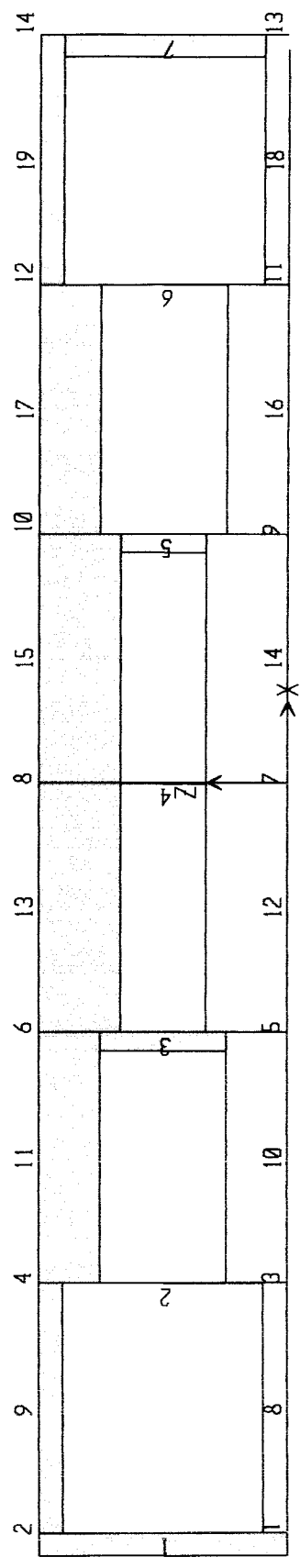
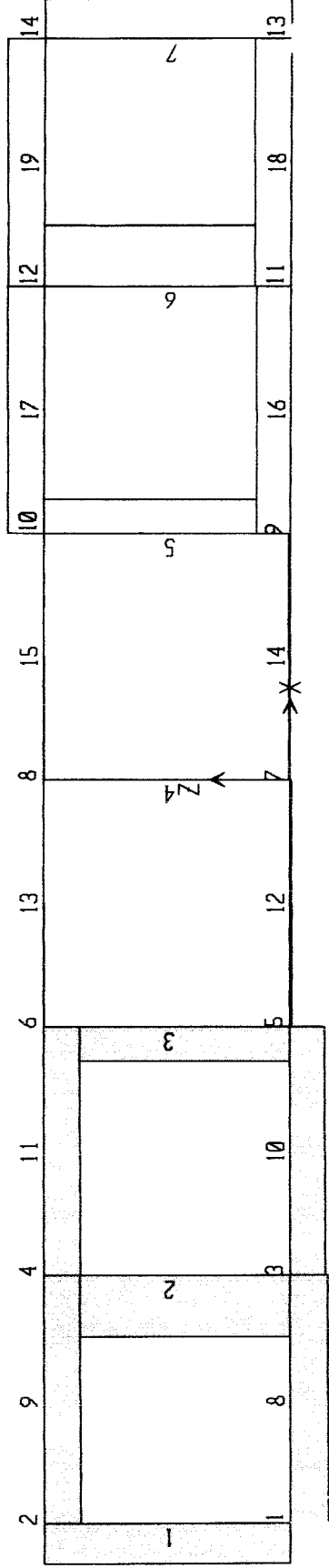


TABLE: Element Forces - Frames

Frame	Station	OutputCase	CaseType	P	V2	M3
Text	m	Text	Text	KN	KN	KN-m
1	0	mati	LinStatic	-0,883	-0,689	-0,174
1	0,25	mati	LinStatic	-0,798	-0,689	-0,002
1	0,5	mati	LinStatic	-0,714	-0,689	0,171
1	0	hidup	LinStatic	-4,101	-4,561	-1,149
1	0,25	hidup	LinStatic	-4,101	-4,561	-0,009
1	0,5	hidup	LinStatic	-4,101	-4,561	1,131
1	0	kombinasi	Combination	-7,622	-8,125	-2,048
1	0,25	kombinasi	Combination	-7,520	-8,125	-0,016
1	0,5	kombinasi	Combination	-7,418	-8,125	2,015
2	0	mati	LinStatic	-0,095	-0,885	-0,222
2	0,25	mati	LinStatic	-0,011	-0,885	-0,001
2	0,5	mati	LinStatic	0,074	-0,885	0,220
2	0	hidup	LinStatic	-0,146	-7,081	-1,769
2	0,25	hidup	LinStatic	-0,146	-7,081	0,001
2	0,5	hidup	LinStatic	-0,146	-7,081	1,772
2	0	kombinasi	Combination	-0,348	-12,391	-3,096
2	0,25	kombinasi	Combination	-0,247	-12,391	0,001
2	0,5	kombinasi	Combination	-0,145	-12,391	3,099
3	0	mati	LinStatic	-0,081	-0,484	-0,121
3	0,25	mati	LinStatic	0,004	-0,484	0,000
3	0,5	mati	LinStatic	0,089	-0,484	0,121
3	0	hidup	LinStatic	-3,978	-3,931	-0,983
3	0,25	hidup	LinStatic	-3,978	-3,931	0,000
3	0,5	hidup	LinStatic	-3,978	-3,931	0,983
3	0	kombinasi	Combination	-6,462	-6,871	-1,718
3	0,25	kombinasi	Combination	-6,360	-6,871	0,000
3	0,5	kombinasi	Combination	-6,259	-6,871	1,718
4	0	mati	LinStatic	-0,086	0,000	0,000
4	0,25	mati	LinStatic	-0,001	0,000	0,000
4	0,5	mati	LinStatic	0,084	0,000	0,000
4	0	hidup	LinStatic	-0,185	0,000	0,000
4	0,25	hidup	LinStatic	-0,185	0,000	0,000
4	0,5	hidup	LinStatic	-0,185	0,000	0,000
4	0	kombinasi	Combination	-0,400	0,000	0,000
4	0,25	kombinasi	Combination	-0,298	0,000	0,000
4	0,5	kombinasi	Combination	-0,196	0,000	0,000
5	0	mati	LinStatic	-0,081	0,484	0,121
5	0,25	mati	LinStatic	0,004	0,484	0,000
5	0,5	mati	LinStatic	0,089	0,484	-0,121
5	0	hidup	LinStatic	-3,978	3,931	0,983
5	0,25	hidup	LinStatic	-3,978	3,931	0,000
5	0,5	hidup	LinStatic	-3,978	3,931	-0,983
5	0	kombinasi	Combination	-6,462	6,871	1,718
5	0,25	kombinasi	Combination	-6,360	6,871	0,000
5	0,5	kombinasi	Combination	-6,259	6,871	-1,718
6	0	mati	LinStatic	-0,095	0,885	0,222
6	0,25	mati	LinStatic	-0,011	0,885	0,001
6	0,5	mati	LinStatic	0,074	0,885	-0,220
6	0	hidup	LinStatic	-0,146	7,081	1,769
6	0,25	hidup	LinStatic	-0,146	7,081	-0,001
6	0,5	hidup	LinStatic	-0,146	7,081	-1,772

6	0	kombinasi	Combination	-0,348	12,391	3,096
6	0,25	kombinasi	Combination	-0,247	12,391	-0,001
6	0,5	kombinasi	Combination	-0,145	12,391	-3,099
7	0	mati	LinStatic	-0,883	0,689	0,174
7	0,25	mati	LinStatic	-0,798	0,689	0,002
7	0,5	mati	LinStatic	-0,714	0,689	-0,171
7	0	hidup	LinStatic	-4,101	4,561	1,149
7	0,25	hidup	LinStatic	-4,101	4,561	0,009
7	0,5	hidup	LinStatic	-4,101	4,561	-1,131
7	0	kombinasi	Combination	-7,622	8,125	2,048
7	0,25	kombinasi	Combination	-7,520	8,125	0,016
7	0,5	kombinasi	Combination	-7,418	8,125	-2,015
8	0	mati	LinStatic	0,689	-0,728	-0,174
8	0,5	mati	LinStatic	0,689	-0,559	0,148
8	0	hidup	LinStatic	4,561	-4,217	-1,149
8	0,5	hidup	LinStatic	4,561	-4,217	0,959
8	0	kombinasi	Combination	8,125	-7,621	-2,048
8	0,5	kombinasi	Combination	8,125	-7,417	1,712
9	0	mati	LinStatic	-0,689	-0,714	-0,171
9	0,5	mati	LinStatic	-0,689	-0,544	0,144
9	0	hidup	LinStatic	-4,561	-4,101	-1,131
9	0,5	hidup	LinStatic	-4,561	-4,101	0,919
9	0	kombinasi	Combination	-8,125	-7,418	-2,015
9	0,5	kombinasi	Combination	-8,125	-7,214	1,643
10	0	mati	LinStatic	1,574	-0,463	-0,074
10	0,5	mati	LinStatic	1,574	-0,294	0,115
10	0	hidup	LinStatic	11,642	-4,071	-0,810
10	0,5	hidup	LinStatic	11,642	-4,071	1,226
10	0	kombinasi	Combination	20,515	-7,069	-1,384
10	0,5	kombinasi	Combination	20,515	-6,865	2,099
11	0	mati	LinStatic	-1,574	-0,470	-0,077
11	0,5	mati	LinStatic	-1,574	-0,300	0,116
11	0	hidup	LinStatic	-11,642	-4,247	-0,852
11	0,5	hidup	LinStatic	-11,642	-4,247	1,271
11	0	kombinasi	Combination	-20,515	-7,359	-1,456
11	0,5	kombinasi	Combination	-20,515	-7,156	2,173
12	0	mati	LinStatic	2,058	-0,213	-0,006
12	0,5	mati	LinStatic	2,058	-0,043	0,058
12	0	hidup	LinStatic	15,573	-0,093	0,243
12	0,5	hidup	LinStatic	15,573	-0,093	0,289
12	0	kombinasi	Combination	27,386	-0,403	0,381
12	0,5	kombinasi	Combination	27,386	-0,200	0,532
13	0	mati	LinStatic	-2,058	-0,211	-0,005
13	0,5	mati	LinStatic	-2,058	-0,042	0,058
13	0	hidup	LinStatic	-15,573	0,093	0,289
13	0,5	hidup	LinStatic	-15,573	0,093	0,242
13	0	kombinasi	Combination	-27,386	-0,105	0,456
13	0,5	kombinasi	Combination	-27,386	0,098	0,458
14	0	mati	LinStatic	2,058	0,043	0,058
14	0,5	mati	LinStatic	2,058	0,213	-0,006
14	0	hidup	LinStatic	15,573	0,093	0,289
14	0,5	hidup	LinStatic	15,573	0,093	0,243
14	0	kombinasi	Combination	27,386	0,200	0,532
14	0,5	kombinasi	Combination	27,386	0,403	0,381





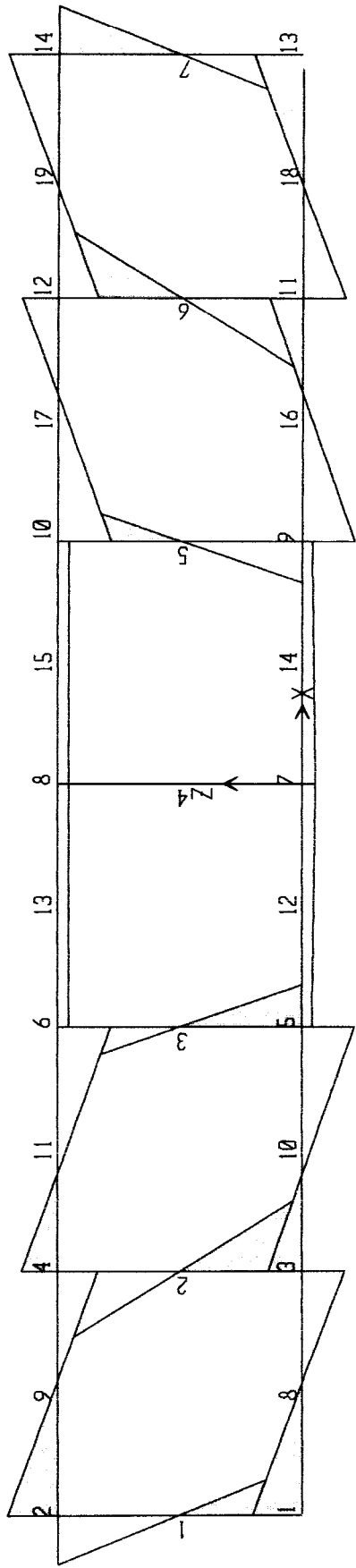


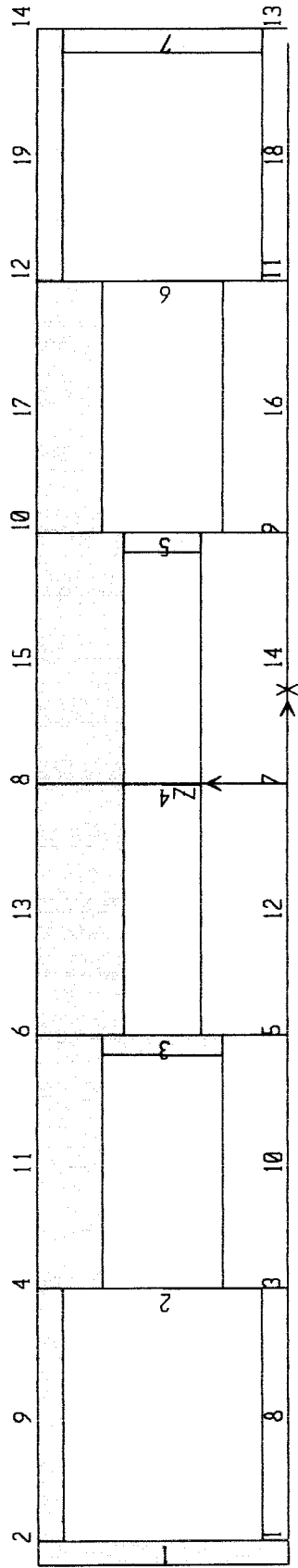


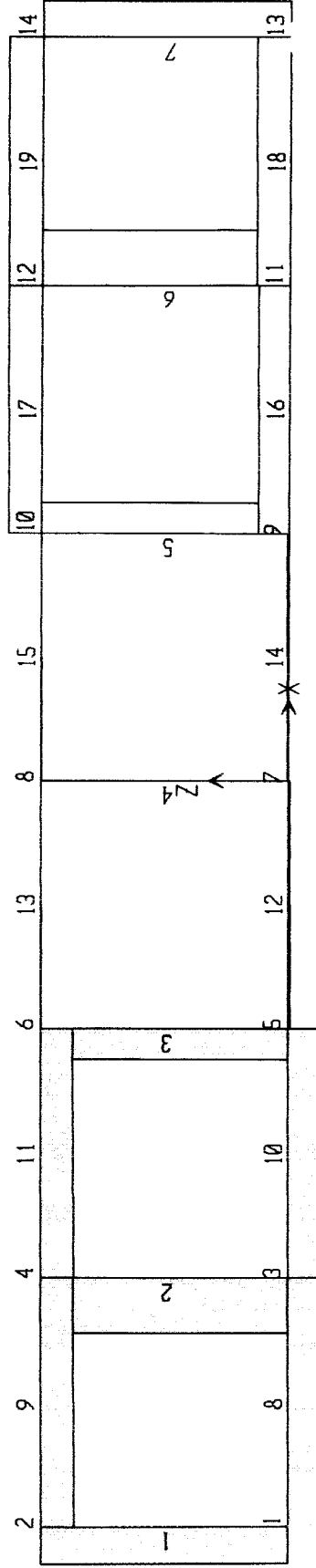
TABLE: Element Forces - Frames

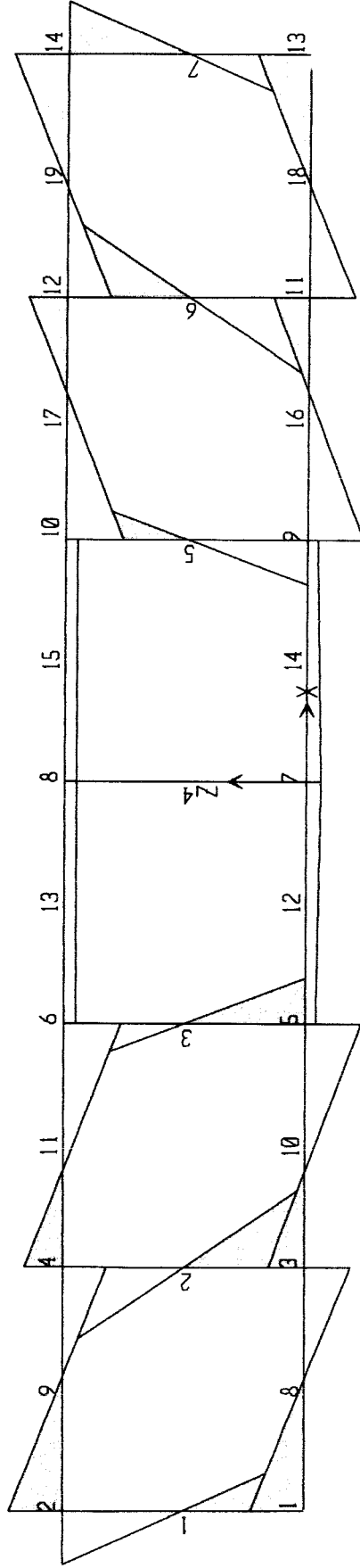
Frame	Station	OutputCase	CaseType	P	V2	M3
Text	m	Text	Text	KN	KN	KN-m
1	0	mati	LinStatic	-0,888	-0,693	-0,175
1	0,25	mati	LinStatic	-0,803	-0,693	-0,002
1	0,5	mati	LinStatic	-0,718	-0,693	0,172
1	0	hidup	LinStatic	-3,673	-4,085	-1,029
1	0,25	hidup	LinStatic	-3,673	-4,085	-0,008
1	0,5	hidup	LinStatic	-3,673	-4,085	1,013
1	0	kombinasi	Combination	-6,943	-7,368	-1,857
1	0,25	kombinasi	Combination	-6,841	-7,368	-0,015
1	0,5	kombinasi	Combination	-6,738	-7,368	1,827
2	0	mati	LinStatic	-0,096	-0,890	-0,223
2	0,25	mati	LinStatic	-0,011	-0,890	-0,001
2	0,5	mati	LinStatic	0,075	-0,890	0,222
2	0	hidup	LinStatic	-0,131	-6,342	-1,584
2	0,25	hidup	LinStatic	-0,131	-6,342	0,001
2	0,5	hidup	LinStatic	-0,131	-6,342	1,587
2	0	kombinasi	Combination	-0,325	-11,215	-2,803
2	0,25	kombinasi	Combination	-0,222	-11,215	0,001
2	0,5	kombinasi	Combination	-0,120	-11,215	2,805
3	0	mati	LinStatic	-0,081	-0,486	-0,121
3	0,25	mati	LinStatic	0,004	-0,486	0,000
3	0,5	mati	LinStatic	0,089	-0,486	0,122
3	0	hidup	LinStatic	-3,563	-3,521	-0,880
3	0,25	hidup	LinStatic	-3,563	-3,521	0,000
3	0,5	hidup	LinStatic	-3,563	-3,521	0,880
3	0	kombinasi	Combination	-5,798	-6,218	-1,555
3	0,25	kombinasi	Combination	-5,696	-6,218	0,000
3	0,5	kombinasi	Combination	-5,594	-6,218	1,554
4	0	mati	LinStatic	-0,086	0,000	0,000
4	0,25	mati	LinStatic	-0,001	0,000	0,000
4	0,5	mati	LinStatic	0,084	0,000	0,000
4	0	hidup	LinStatic	-0,166	0,000	0,000
4	0,25	hidup	LinStatic	-0,166	0,000	0,000
4	0,5	hidup	LinStatic	-0,166	0,000	0,000
4	0	kombinasi	Combination	-0,369	0,000	0,000
4	0,25	kombinasi	Combination	-0,267	0,000	0,000
4	0,5	kombinasi	Combination	-0,165	0,000	0,000
5	0	mati	LinStatic	-0,081	0,486	0,121
5	0,25	mati	LinStatic	0,004	0,486	0,000
5	0,5	mati	LinStatic	0,089	0,486	-0,122
5	0	hidup	LinStatic	-3,563	3,521	0,880
5	0,25	hidup	LinStatic	-3,563	3,521	0,000
5	0,5	hidup	LinStatic	-3,563	3,521	-0,880
5	0	kombinasi	Combination	-5,798	6,218	1,555
5	0,25	kombinasi	Combination	-5,696	6,218	0,000
5	0,5	kombinasi	Combination	-5,594	6,218	-1,554
6	0	mati	LinStatic	-0,096	0,890	0,223
6	0,25	mati	LinStatic	-0,011	0,890	0,001
6	0,5	mati	LinStatic	0,075	0,890	-0,222
6	0	hidup	LinStatic	-0,131	6,342	1,584
6	0,25	hidup	LinStatic	-0,131	6,342	-0,001
6	0,5	hidup	LinStatic	-0,131	6,342	-1,587

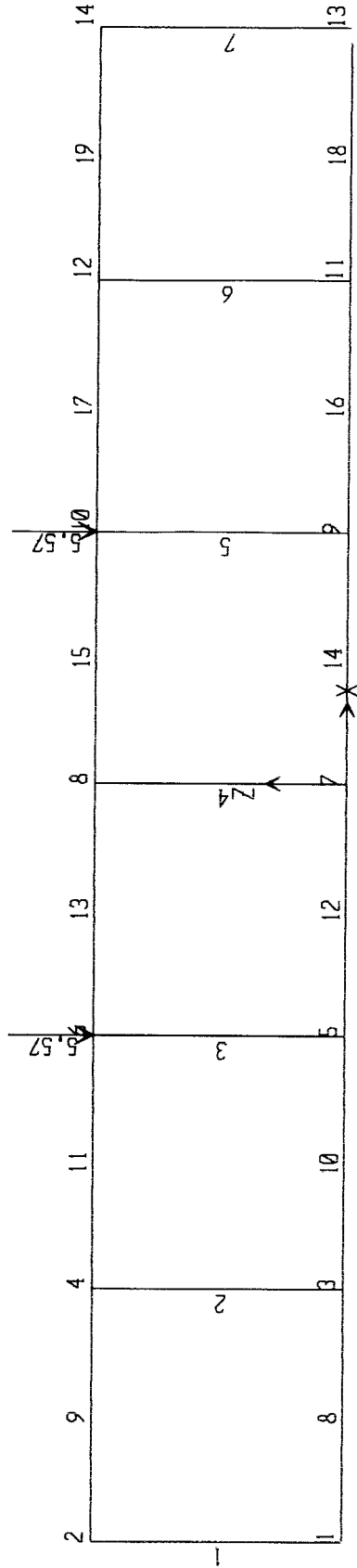
6	0	kombinasi	Combination	-0,325	11,215	2,803
6	0,25	kombinasi	Combination	-0,222	11,215	-0,001
6	0,5	kombinasi	Combination	-0,120	11,215	-2,805
7	0	mati	LinStatic	-0,888	0,693	0,175
7	0,25	mati	LinStatic	-0,803	0,693	0,002
7	0,5	mati	LinStatic	-0,718	0,693	-0,172
7	0	hidup	LinStatic	-3,673	4,085	1,029
7	0,25	hidup	LinStatic	-3,673	4,085	0,008
7	0,5	hidup	LinStatic	-3,673	4,085	-1,013
7	0	kombinasi	Combination	-6,943	7,368	1,857
7	0,25	kombinasi	Combination	-6,841	7,368	0,015
7	0,5	kombinasi	Combination	-6,738	7,368	-1,827
8	0	mati	LinStatic	0,693	-0,733	-0,175
8	0,5	mati	LinStatic	0,693	-0,562	0,149
8	0	hidup	LinStatic	4,085	-3,777	-1,029
8	0,5	hidup	LinStatic	4,085	-3,777	0,859
8	0	kombinasi	Combination	7,368	-6,922	-1,857
8	0,5	kombinasi	Combination	7,368	-6,717	1,553
9	0	mati	LinStatic	-0,693	-0,718	-0,172
9	0,5	mati	LinStatic	-0,693	-0,547	0,144
9	0	hidup	LinStatic	-4,085	-3,673	-1,013
9	0,5	hidup	LinStatic	-4,085	-3,673	0,824
9	0	kombinasi	Combination	-7,368	-6,738	-1,827
9	0,5	kombinasi	Combination	-7,368	-6,534	1,491
10	0	mati	LinStatic	1,583	-0,466	-0,075
10	0,5	mati	LinStatic	1,583	-0,295	0,116
10	0	hidup	LinStatic	10,427	-3,646	-0,725
10	0,5	hidup	LinStatic	10,427	-3,646	1,098
10	0	kombinasi	Combination	18,583	-6,393	-1,250
10	0,5	kombinasi	Combination	18,583	-6,188	1,895
11	0	mati	LinStatic	-1,583	-0,473	-0,077
11	0,5	mati	LinStatic	-1,583	-0,302	0,116
11	0	hidup	LinStatic	-10,427	-3,804	-0,763
11	0,5	hidup	LinStatic	-10,427	-3,804	1,139
11	0	kombinasi	Combination	-18,583	-6,654	-1,314
11	0,5	kombinasi	Combination	-18,583	-6,449	1,962
12	0	mati	LinStatic	2,070	-0,214	-0,006
12	0,5	mati	LinStatic	2,070	-0,043	0,059
12	0	hidup	LinStatic	13,948	-0,083	0,217
12	0,5	hidup	LinStatic	13,948	-0,083	0,259
12	0	kombinasi	Combination	24,801	-0,389	0,341
12	0,5	kombinasi	Combination	24,801	-0,185	0,484
13	0	mati	LinStatic	-2,070	-0,213	-0,005
13	0,5	mati	LinStatic	-2,070	-0,042	0,058
13	0	hidup	LinStatic	-13,948	0,083	0,259
13	0,5	hidup	LinStatic	-13,948	0,083	0,217
13	0	kombinasi	Combination	-24,801	-0,122	0,407
13	0,5	kombinasi	Combination	-24,801	0,082	0,418
14	0	mati	LinStatic	2,070	0,043	0,059
14	0,5	mati	LinStatic	2,070	0,214	-0,006
14	0	hidup	LinStatic	13,948	0,083	0,259
14	0,5	hidup	LinStatic	13,948	0,083	0,217
14	0	kombinasi	Combination	24,801	0,185	0,484
14	0,5	kombinasi	Combination	24,801	0,389	0,341

15	0	mati	LinStatic	-2,070	0,042	0,058
15	0,5	mati	LinStatic	-2,070	0,213	-0,005
15	0	hidup	LinStatic	-13,948	-0,083	0,217
15	0,5	hidup	LinStatic	-13,948	-0,083	0,259
15	0	kombinasi	Combination	-24,801	-0,082	0,418
15	0,5	kombinasi	Combination	-24,801	0,122	0,407
16	0	mati	LinStatic	1,583	0,295	0,116
16	0,5	mati	LinStatic	1,583	0,466	-0,075
16	0	hidup	LinStatic	10,427	3,646	1,098
16	0,5	hidup	LinStatic	10,427	3,646	-0,725
16	0	kombinasi	Combination	18,583	6,188	1,895
16	0,5	kombinasi	Combination	18,583	6,393	-1,250
17	0	mati	LinStatic	-1,583	0,302	0,116
17	0,5	mati	LinStatic	-1,583	0,473	-0,077
17	0	hidup	LinStatic	-10,427	3,804	1,139
17	0,5	hidup	LinStatic	-10,427	3,804	-0,763
17	0	kombinasi	Combination	-18,583	6,449	1,962
17	0,5	kombinasi	Combination	-18,583	6,654	-1,314
18	0	mati	LinStatic	0,693	0,562	0,149
18	0,5	mati	LinStatic	0,693	0,733	-0,175
18	0	hidup	LinStatic	4,085	3,777	0,859
18	0,5	hidup	LinStatic	4,085	3,777	-1,029
18	0	kombinasi	Combination	7,368	6,717	1,553
18	0,5	kombinasi	Combination	7,368	6,922	-1,857
19	0	mati	LinStatic	-0,693	0,547	0,144
19	0,5	mati	LinStatic	-0,693	0,718	-0,172
19	0	hidup	LinStatic	-4,085	3,673	0,824
19	0,5	hidup	LinStatic	-4,085	3,673	-1,013
19	0	kombinasi	Combination	-7,368	6,534	1,491
19	0,5	kombinasi	Combination	-7,368	6,738	-1,827









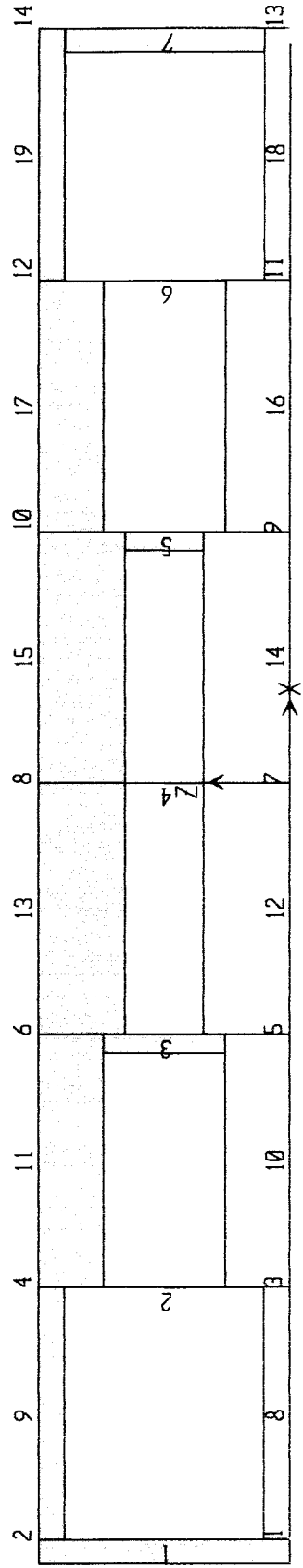
**TABLE: Element Forces - Frames**

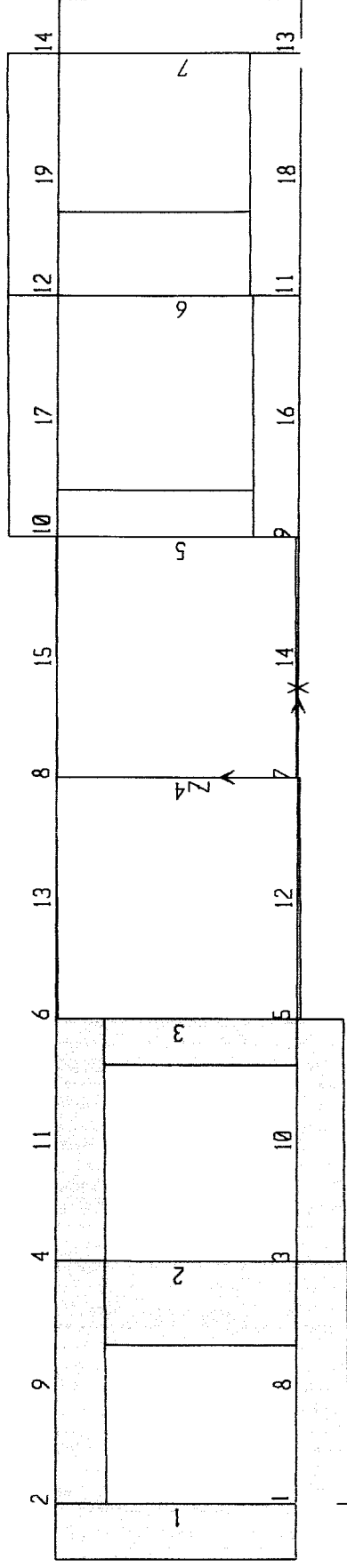
Frame	Station	OutputCase	CaseType	P	V2	M3
Text	m	Text	Text	KN	KN	KN-m
1	0	mati	LinStatic	-0,883	-0,689	-0,174
1	0,25	mati	LinStatic	-0,798	-0,689	-0,002
1	0,5	mati	LinStatic	-0,714	-0,689	0,171
1	0	hidup	LinStatic	-2,746	-3,054	-0,770
1	0,25	hidup	LinStatic	-2,746	-3,054	-0,006
1	0,5	hidup	LinStatic	-2,746	-3,054	0,757
1	0	kombinasi	Combination	-5,454	-5,714	-1,440
1	0,25	kombinasi	Combination	-5,352	-5,714	-0,012
1	0,5	kombinasi	Combination	-5,250	-5,714	1,417
2	0	mati	LinStatic	-0,095	-0,885	-0,222
2	0,25	mati	LinStatic	-0,011	-0,885	-0,001
2	0,5	mati	LinStatic	0,074	-0,885	0,220
2	0	hidup	LinStatic	-0,098	-4,741	-1,184
2	0,25	hidup	LinStatic	-0,098	-4,741	0,001
2	0,5	hidup	LinStatic	-0,098	-4,741	1,186
2	0	kombinasi	Combination	-0,271	-8,648	-2,161
2	0,25	kombinasi	Combination	-0,169	-8,648	0,001
2	0,5	kombinasi	Combination	-0,068	-8,648	2,163
3	0	mati	LinStatic	-0,081	-0,484	-0,121
3	0,25	mati	LinStatic	0,004	-0,484	0,000
3	0,5	mati	LinStatic	0,089	-0,484	0,121
3	0	hidup	LinStatic	-2,664	-2,633	-0,658
3	0,25	hidup	LinStatic	-2,664	-2,633	0,000
3	0,5	hidup	LinStatic	-2,664	-2,633	0,658
3	0	kombinasi	Combination	-4,359	-4,793	-1,198
3	0,25	kombinasi	Combination	-4,258	-4,793	0,000
3	0,5	kombinasi	Combination	-4,156	-4,793	1,198
4	0	mati	LinStatic	-0,086	0,000	0,000
4	0,25	mati	LinStatic	-0,001	0,000	0,000
4	0,5	mati	LinStatic	0,084	0,000	0,000
4	0	hidup	LinStatic	-0,124	0,000	0,000
4	0,25	hidup	LinStatic	-0,124	0,000	0,000
4	0,5	hidup	LinStatic	-0,124	0,000	0,000
4	0	kombinasi	Combination	-0,302	0,000	0,000
4	0,25	kombinasi	Combination	-0,200	0,000	0,000
4	0,5	kombinasi	Combination	-0,098	0,000	0,000
5	0	mati	LinStatic	-0,081	0,484	0,121
5	0,25	mati	LinStatic	0,004	0,484	0,000
5	0,5	mati	LinStatic	0,089	0,484	-0,121
5	0	hidup	LinStatic	-2,664	2,633	0,658
5	0,25	hidup	LinStatic	-2,664	2,633	0,000
5	0,5	hidup	LinStatic	-2,664	2,633	-0,658
5	0	kombinasi	Combination	-4,359	4,793	1,198
5	0,25	kombinasi	Combination	-4,258	4,793	0,000
5	0,5	kombinasi	Combination	-4,156	4,793	-1,198
6	0	mati	LinStatic	-0,095	0,885	0,222
6	0,25	mati	LinStatic	-0,011	0,885	0,001
6	0,5	mati	LinStatic	0,074	0,885	-0,220
6	0	hidup	LinStatic	-0,098	4,741	1,184
6	0,25	hidup	LinStatic	-0,098	4,741	-0,001
6	0,5	hidup	LinStatic	-0,098	4,741	-1,186



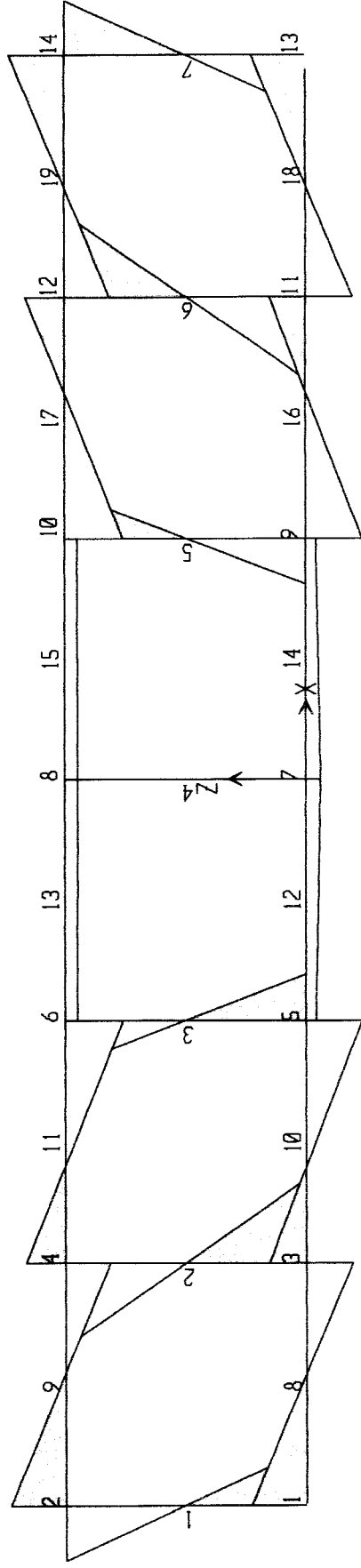
6	0	kombinasi	Combination	-0,271	8,648	2,161
6	0,25	kombinasi	Combination	-0,169	8,648	-0,001
6	0,5	kombinasi	Combination	-0,068	8,648	-2,163
7	0	mati	LinStatic	-0,883	0,689	0,174
7	0,25	mati	LinStatic	-0,798	0,689	0,002
7	0,5	mati	LinStatic	-0,714	0,689	-0,171
7	0	hidup	LinStatic	-2,746	3,054	0,770
7	0,25	hidup	LinStatic	-2,746	3,054	0,006
7	0,5	hidup	LinStatic	-2,746	3,054	-0,757
7	0	kombinasi	Combination	-5,454	5,714	1,440
7	0,25	kombinasi	Combination	-5,352	5,714	0,012
7	0,5	kombinasi	Combination	-5,250	5,714	-1,417
8	0	mati	LinStatic	0,689	-0,728	-0,174
8	0,5	mati	LinStatic	0,689	-0,559	0,148
8	0	hidup	LinStatic	3,054	-2,824	-0,770
8	0,5	hidup	LinStatic	3,054	-2,824	0,642
8	0	kombinasi	Combination	5,714	-5,392	-1,440
8	0,5	kombinasi	Combination	5,714	-5,188	1,205
9	0	mati	LinStatic	-0,689	-0,714	-0,171
9	0,5	mati	LinStatic	-0,689	-0,544	0,144
9	0	hidup	LinStatic	-3,054	-2,746	-0,757
9	0,5	hidup	LinStatic	-3,054	-2,746	0,616
9	0	kombinasi	Combination	-5,714	-5,250	-1,417
9	0,5	kombinasi	Combination	-5,714	-5,047	1,157
10	0	mati	LinStatic	1,574	-0,463	-0,074
10	0,5	mati	LinStatic	1,574	-0,294	0,115
10	0	hidup	LinStatic	7,796	-2,726	-0,542
10	0,5	hidup	LinStatic	7,796	-2,726	0,821
10	0	kombinasi	Combination	14,362	-4,917	-0,956
10	0,5	kombinasi	Combination	14,362	-4,714	1,451
11	0	mati	LinStatic	-1,574	-0,470	-0,077
11	0,5	mati	LinStatic	-1,574	-0,300	0,116
11	0	hidup	LinStatic	-7,796	-2,844	-0,571
11	0,5	hidup	LinStatic	-7,796	-2,844	0,851
11	0	kombinasi	Combination	-14,362	-5,114	-1,005
11	0,5	kombinasi	Combination	-14,362	-4,911	1,501
12	0	mati	LinStatic	2,058	-0,213	-0,006
12	0,5	mati	LinStatic	2,058	-0,043	0,058
12	0	hidup	LinStatic	10,428	-0,062	0,162
12	0,5	hidup	LinStatic	10,428	-0,062	0,194
12	0	kombinasi	Combination	19,154	-0,354	0,253
12	0,5	kombinasi	Combination	19,154	-0,151	0,379
13	0	mati	LinStatic	-2,058	-0,211	-0,005
13	0,5	mati	LinStatic	-2,058	-0,042	0,058
13	0	hidup	LinStatic	-10,428	0,062	0,193
13	0,5	hidup	LinStatic	-10,428	0,062	0,162
13	0	kombinasi	Combination	-19,154	-0,154	0,303
13	0,5	kombinasi	Combination	-19,154	0,049	0,329
14	0	mati	LinStatic	2,058	0,043	0,058
14	0,5	mati	LinStatic	2,058	0,213	-0,006
14	0	hidup	LinStatic	10,428	0,062	0,194
14	0,5	hidup	LinStatic	10,428	0,062	0,162
14	0	kombinasi	Combination	19,154	0,151	0,379
14	0,5	kombinasi	Combination	19,154	0,354	0,253

15	0	mati	LinStatic	-2,058	0,042	0,058
15	0,5	mati	LinStatic	-2,058	0,211	-0,005
15	0	hidup	LinStatic	-10,428	-0,062	0,162
15	0,5	hidup	LinStatic	-10,428	-0,062	0,193
15	0	kombinasi	Combination	-19,154	-0,049	0,329
15	0,5	kombinasi	Combination	-19,154	0,154	0,303
16	0	mati	LinStatic	1,574	0,294	0,115
16	0,5	mati	LinStatic	1,574	0,463	-0,074
16	0	hidup	LinStatic	7,796	2,726	0,821
16	0,5	hidup	LinStatic	7,796	2,726	-0,542
16	0	kombinasi	Combination	14,362	4,714	1,451
16	0,5	kombinasi	Combination	14,362	4,917	-0,956
17	0	mati	LinStatic	-1,574	0,300	0,116
17	0,5	mati	LinStatic	-1,574	0,470	-0,077
17	0	hidup	LinStatic	-7,796	2,844	0,851
17	0,5	hidup	LinStatic	-7,796	2,844	-0,571
17	0	kombinasi	Combination	-14,362	4,911	1,501
17	0,5	kombinasi	Combination	-14,362	5,114	-1,005
18	0	mati	LinStatic	0,689	0,559	0,148
18	0,5	mati	LinStatic	0,689	0,728	-0,174
18	0	hidup	LinStatic	3,054	2,824	0,642
18	0,5	hidup	LinStatic	3,054	2,824	-0,770
18	0	kombinasi	Combination	5,714	5,188	1,205
18	0,5	kombinasi	Combination	5,714	5,392	-1,440
19	0	mati	LinStatic	-0,689	0,544	0,144
19	0,5	mati	LinStatic	-0,689	0,714	-0,171
19	0	hidup	LinStatic	-3,054	2,746	0,616
19	0,5	hidup	LinStatic	-3,054	2,746	-0,757
19	0	kombinasi	Combination	-5,714	5,047	1,157
19	0,5	kombinasi	Combination	-5,714	5,250	-1,417





SAP2000 v8.0.8 - File:virendel4baru - Shear Force 2-2 Diagram (kombinas) - KN, m, C Units





UNTUK DOSEN

KARTU PRESENSI KONSULTASI  
TUGAS AKHIR MAHASISWA

PERIODE KE : I ( Sep 04 - Peb 05 )  
TAHUN : 2004 - 2005

BE	NO	N A M A	NO.MHS.	BID.STUDI
NC	1.	Ricky Pauji	99 511 162	Teknik Sipil
1.	2.	Helistyawan	00 511 345	Teknik Sipil

JUDUL TUGAS AKHIR

JUD

Perilaku balok Vierendeel beton variasi jarak sengkang

Per

Dosen Pembimbing I : Sarwidi,Ir,H,MSCE,Ph.D

Dose

Dosen Pembimbing II : Suharyatmo,Ir,H,MT

Dose



Jogjakarta ,16-Sep-04  
a.n. Dekan

Ir.H.Munadhir, MS

Catatan :

Seminar : \_\_\_\_\_

Ca

Sidang : \_\_\_\_\_

Sem

Pendadaran : \_\_\_\_\_

Sida

Pen