

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xviii
DAFTAR NOTASI.....	ix
ABSTRAK.....	xxii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan masalah.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Pengertian Rangka <i>Vierendeel</i> .....	6
BAB III LANDASAN TEORI.....	9
3.1 Pendahuluan.....	9
3.2 Analisis Balok <i>Vierendeel</i> .....	11

3.2.1 Gaya Geser.....	12
a. Batang Tepi.....	12
b. Batang Transversal.....	15
3.2.2 Gaya Aksial .....	16
a. Batang Tepi.....	16
b. Batang Transversal.....	16
3.2.3 Momen .....	17
a. Batang Tepi .....	17
b. Batang Transversal .....	17
3.3 Pengaruh Rasio $a/h$ terhadap Gaya Aksial dan Kapasitas Momen	18
3.4 Batang Lentur .....	19
3.5 Hubungan Beban-Lendutan.....	21
3.6 Hubungan Momen-Kelengkungan.....	23
3.7 Kombinasi Tekan-Lentur.....	26
3.8 Hipotesa .....	28
<b>BAB IV METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>29</b>
4.1 Tinjauan Umum .....	29
4.2 Metode Penelitian .....	30
4.3 Bahan dan Alat yang Digunakan.....	30
4.3.1 Bahan.....	31
4.3.2 Peralatan Penelitian.....	31
4.4 Model Benda Uji.....	37
4.5 Pembuatan Benda Uji.....	40

4.6	Pengujian Benda Uji.....	40
4.6.1	Pengujian Kuat Tarik Baja.....	41
4.6.2	Pengujian Slump.....	41
4.6.3	Pengujian Kuat Desak Beton.....	41
4.6.4	Pengujian Kuat Tekan Struktur Beton Balok <i>Vierendeel</i> ..	42
BAB V	HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	44
5.1	Tinjauan Umum.....	44
5.2	Hasil Penelitian Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik.....	44
5.2.1	Pengujian Kuat Desak Beton .....	45
5.2.2	Pengujian Kuat Tarik Baja Tulangan .....	47
5.3	Hasil Pengujian Laboratorium Mekanika Rekayasa.....	48
5.3.1	Uji Kuat Lentur Balok <i>Vierendeel</i> .....	48
5.4	Pembahasan Hasil Uji Kuat Lentur Balok <i>Vierendeel</i> .....	50
5.4.1	Analisis Hubungan Beban ( $P$ )-Defleksi ( $\Delta$ ) .....	51
	1. Hubungan Beban-Defleksi Secara Teoritis.....	51
	2. Perbandingan ( $P-\Delta$ ) Hasil Pengujian dan Teoritis.....	56
	3. Analisis Kekakuan Balok <i>Vierendeel</i> .....	60
5.4.2	Hubungan Momen ( $M$ )-Kelengkungan ( $\phi$ ).....	62
	1. Hubungan Momen ( $M$ )-Kelengkungan ( $\phi$ ) Hasil Pengujian.....	62
	2. Hubungan Momen ( $M$ )-Kelengkungan ( $\phi$ ) Teoritis.....	66
	3. Perbandingan Kuat Lentur Berdasarkan Momen ( $M$ )	

	Kelengkungan ( $\Phi$ ) Teoritis dan Pengujian .....	70
4.	Pembahasan Momen (M)-Kelengkungan ( $\Phi$ ) Balok	
	<i>Vierendeel</i> .....	74
	a. Faktor Kekakuan.....	75
	b. Kekuatan.....	75
	c. Daktilitas.....	76
5.4.3.	Analisis Balok <i>Vierendeel</i> .....	76
1.	Analisis Kapasitas Elemen Balok <i>Vierendeel</i> Berdasarkan <i>Mn-Pn</i> .....	81
2.	Pembahasan Analisis Balok <i>Vierendeel</i> sebagai Kolom dari Grafik <i>Mn-Pn</i> .....	90
5.4.4.	Analisis Geser Pada Balok <i>Vierendeel</i> .....	91
5.4.5.	Perbandingan Analisis SAP dan Metode Portal.....	95
BAB VI	5.4.7 Pola Kerusakan Pada Benda Uji.....	96
	KESIMPULAN DAN SARAN.....	99
6.1.	Kesimpulan .....	99
6.2.	Saran .....	100
	DAFTAR PUSTAKA.....	xxii
	LAMPIRAN – LAMPIRAN	

## DAFTAR GAMBAR

- Gambar 1.1** (a) Tampang benda uji balok *Vierendeel*  
(b) Potongan (1-1)
- Gambar 3.1** (a) Peristiwa Pembebanan pada Balok *Vierendeel*  
(b) Diagram Momen  
(c) Diagram Geser
- Gambar 3.2** Gaya – gaya pada Balok *Vierendeel*
- Gambar 3.3** (a) Simpul pada Tengah Bantang Tepi dan Batang Transversal  
Balok *Vierendeel*.  
(b) *Free body*.
- Gambar 3.4** *Free body* Balok *Vierendeel* Pada Potongan *A-A*
- Gambar 3.5** *Free body* Balok *Vierendeel* Pada Potongan *B-B*
- Gambar 3.6** Gaya-gaya dalam batang (7) dan batang (1)
- Gambar 3.7** Potongan batang (7) dan batang (1)
- Gambar 3.8** Momen kopel gaya
- Gambar 3.9** Balok *Vierendeel*.
- Gambar 3.10** (a) Detail potongan *A-A*.  
(b) Distribusi Tegangan
- Gambar 3.11** Defleksi Pada balok *Vierandeel*.
- Gambar 3.12** Grafik hubungan beban-deformasi.
- Gambar 3.13** Deformasi Pada Balok *Vierendeel*
- Gambar 3.14** Batang Tekan Lentur.

- Gambar 4.1** *Flowchart* Metode Penelitian.
- Gambar 4.2** Mesin Uji Kuat Tarik.
- Gambar 4.3** *Loading Frame*.
- Gambar 4.4** Dukungan sendi dan rol.
- Gambar 4.5** *Dial Gauge*.
- Gambar 4.6** *Hdraulic Jack*.
- Gambar 4.7** Mesin Aduk Beton.
- Gambar 4.8** (a) Tampang Benda Uji Balok *Vierendeel*.  
(b) Potongan 1-1.
- Gambar 4.9** Benda Uji 1.
- Gambar 4.10** Benda Uji 2.
- Gambar 4.11** Benda Uji 3.
- Gambar 4.12** Benda Uji 4.
- Gambar 4.13** Model Benda Uji Kuat Tarik.
- Gambar 4.14** Benda Uji Kuat Desak Beton.
- Gambar 4.15** Pembebanan Benda Uji dan Pemasangan Dial.
- Gambar 5.1** Grafik Hubungan Beban-Defleksi Hasil Pengujian.
- Gambar 5.2** (a) Peristiwa Pembebanan Pada Balok *Vierendeel*.  
(b) Diagram Momen.  
(c) Diagram Geser.
- Gambar 5.3** Tampang Potongan 1-1.
- Gambar 5.4** Grafik Perbandingan Beban-Defleksi Benda Uji 1 dengan Perbandingan  $a/h=0,5$ .

- Gambar 5.5** Grafik Perbandingan Beban-Defleksi Benda Uji 1 dengan Perbandingan  $a/h=0,66$ .
- Gambar 5.6** Grafik Perbandingan Beban-Defleksi Benda Uji 1 dengan Perbandingan  $a/h=1,00$ .
- Gambar 5.7** Grafik Perbandingan Beban-Defleksi Benda Uji 1 dengan Perbandingan  $a/h=2,00$ .
- Gambar 5.8** Hubungan  $a/h$  dengan Kekakuan.
- Gambar 5.9** Grafik Hubungan Momen-Kelengkungan Hasil Pengujian.
- Gambar 5.10** Grafik Hubungan Momen-Kelengkungan pada Benda Uji 1 dengan Perbandingan  $a/h=0,5$ .
- Gambar 5.11** Grafik Hubungan Momen-Kelengkungan pada Benda Uji 1 dengan Perbandingan  $a/h=0,66$ .
- Gambar 5.12** Grafik Hubungan Momen-Kelengkungan pada Benda Uji 1 dengan Perbandingan  $a/h=1,00$ .
- Gambar 5.13** Grafik Hubungan Momen-Kelengkungan pada Benda Uji 1 dengan Perbandingan  $a/h=2,00$ .
- Gambar 5.14** Grafik Mn-Pn Balok *Vierendeel* dengan  $a/h=0,5$ .
- Gambar 5.15** Grafik Mn-Pn Balok *Vierendeel* dengan  $a/h=0,66$ .
- Gambar 5.16** Grafik Mn-Pn Balok *Vierendeel* dengan  $a/h=1,00$ .
- Gambar 5.17** Grafik Mn-Pn Balok *Vierendeel* dengan  $a/h=2,00$ .
- Gambar 5.18** Pola Kerusakan pada Balok *Vierendeel* perbandingan  $a/h=0,5$ .
- Gambar 5.19** Pola Kerusakan pada Balok *Vierendeel* perbandingan  $a/h=0,66$ .
- Gambar 5.20** Pola Kerusakan pada Balok *Vierendeel* perbandingan  $a/h=1,00$ .

Gambar 5.21 Pola Kerusakan pada Balok *Vierendeel* perbandingan  $a/h=2,00$ .





## DAFTAR TABEL

- Tabel 5.1a** Hasil Pengujian Kuat Desak Beton.
- Tabel 5.1b** Perhitungan Deviasi Standar untuk Kuat Desak Beton.
- Tabel 5.2** Hasil Pengujian Kuat Tarik Baja Tulangan.
- Tabel 5.3** Hasil Pengujian Kuat Lentur pada *dial 2*.
- Tabel 5.4** Hasil Perhitungan Teoritis Balok *Vierendeel* Benda Uji I dengan perbandingan  $a/h = 0,5$ .
- Tabel 5.5** Hasil Perhitungan Teoritis Balok *Vierendeel* Benda Uji1 dengan perbandingan  $a/h = 0,66$ .
- Tabel 5.6** Hasil Perhitungan Teoritis Balok *Vierendeel* Benda Uji1 dengan perbandingan  $a/h = 1,00$ .
- Tabel 5.7** Hasil Perhitungan Teoritis Balok *Vierendeel* Benda Uji1 dengan perbandingan  $a/h = 2,00$ .
- Tabel 5.8** Kekakuan Benda Uji I ( $a/h = 0,5$ )
- Tabel 5.9** Kekakuan Benda Uji I ( $a/h = 0,66$ )
- Tabel 5.10** Kekakuan Benda Uji I ( $a/h = 1$ )
- Tabel 5.11** Kekakuan Benda Uji I ( $a/h = 2$ )
- Tabel 5.12** Kekakuan Balok *Vierendeel* pada Masing-masing Benda Uji.
- Tabel 5.13** Hubungan Momen-Kelengkungan Benda Uji 1 ( $a/h = 0,5$ ).
- Tabel 5.14** Hubungan Momen-Kelengkungan Benda Uji 2 ( $a/h = 0,66$ ).
- Tabel 5.15** Hubungan Momen-Kelengkungan Benda Uji 3 ( $a/h = 1$ ).
- Tabel 5.16** Hubungan Momen-Kelengkungan Benda Uji 4 ( $a/h = 2$ ).

**Tabel 5.17** Hasil Perhitungan Teoritis balok *Vierendeel* Benda Uji1  
dengan Perbandingan  $a/h=0,5$ .

**Tabel 5.18** Hasil Perhitungan Teoritis balok *Vierendeel* Benda Uji2  
dengan Perbandingan  $a/h=0,66$ .

**Tabel 5.19** Hasil Perhitungan Teoritis balok *Vierendeel* Benda Uji 3  
dengan Perbandingan  $a/h=1,00$ .

**Tabel 5.20** Hasil Perhitungan Teoritis balok *Vierendeel* Benda Uji 4  
dengan Perbandingan  $a/h=2,00$ .

**Tabel 5.21** Faktor Kekakuan Benda Uji I ( $a/h=0,5$ )

**Tabel 5.22** Faktor Kekakuan Benda Uji I ( $a/h=0,66$ )

**Tabel 5.23** Faktor Kekakuan Benda Uji I ( $a/h=1$ )

**Tabel 5.24** Faktor Kekakuan Benda Uji I ( $a/h=2$ )

**Tabel 5.25** Nilai Faktor Kekakuan ( $EI$ ) Hasil Pengujian Keempat Benda Uji.

**Tabel 5.26** Nilai Daktilitas Untuk Masing-masing Benda Uji .

**Tabel 5.27** Hasil Perhitungan Balok- Kolom *Vierendeel*.

**Tabel 5.28** Hasil Perhitungan Balok- Kolom *Vierendeel*.

**Tabel 5.29** Hasil Analisis ( $Pn-Mn$ ) Program SAP 2000 Balok *Vierendeel*  
Benda Uji 1 ( $a/h=0,5$ ).

**Tabel 5.30** Hasil Analisis ( $Pn-Mn$ ) Program SAP 2000 Balok *Vierendeel*  
Benda Uji 2 ( $a/h=0,66$ ).

**Tabel 5.31** Hasil Analisis ( $Pn-Mn$ ) Program SAP 2000 Balok *Vierendeel*  
Benda Uji 3 ( $a/h=1,00$ ).

**Tabel 5.32** Hasil Analisis ( $Pn-Mn$ ) Program SAP 2000 Balok *Vierendeel*

Benda Uji 4 ( $a/h= 2.00$ ).

**Tabel 5.33** Hasil Analisis Gaya Geser Program SAP 2000 Balok *Vierendeel*  
Benda Uji 1 ( $a/h= 0,5$ ).

**Tabel 5.34** Hasil Analisis Gaya Geser Program SAP 2000 Balok *Vierendeel*  
Benda Uji 2 ( $a/h= 0,66$ ).

**Tabel 5.35** Hasil Analisis Gaya Geser Program SAP 2000 Balok *Vierendeel*  
Benda Uji 3 ( $a/h= 1,00$ ).

**Tabel 5.36** Hasil Analisis Gaya Geser Program SAP 2000 Balok *Vierendeel*  
Benda Uji 4 ( $a/h= 2.00$ ).

**Tabel 5.37** Standar deviasi ( $S_d$ ) berdasarkan rasio perbandingan Analisa Sap  
dengan Metode Portal pada tiap Benda Uji.

**Tabel 5.38** *Time History* Pola Kerusakan Benda Uji 1.

**Tabel 5.39** *Time History* Pola Kerusakan Benda Uji 2.

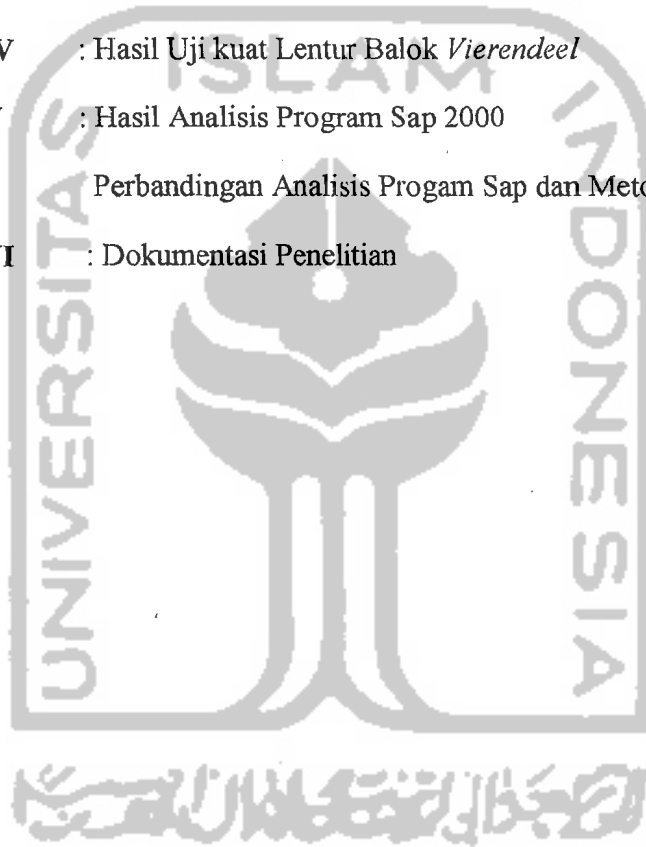
**Tabel 5.40** *Time History* Pola Kerusakan Benda Uji 3.

**Tabel 5.41** *Time History* Pola Kerusakan Benda Uji 4.



## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran I** : Perencanaan Pembebanan Balok Beton *Vierendeel*  
Perhitungan Mix Design Beton
- Lampiran II** : Data Hasil Uji Kuat Desak Beton
- Lampiran III** : Hasil Uji Kuat Tarik Baja
- Lampiran IV** : Hasil Uji kuat Lentur Balok *Vierendeel*
- Lampiran V** : Hasil Analisis Program Sap 2000  
Perbandingan Analisis Progam Sap dan Metode Portal
- Lampiran VI** : Dokumentasi Penelitian



## DAFTAR NOTASI



$f_c'$	Mutu beton rencana
$f_y$	Tegangan leleh baja
$f_u$	Tegangan ultimit
$h$	Tinggi benda uji dari as-as
$H$	Tinggi benda uji dari serat tepi luar beton
$h_e$	Tinggi tampang elemen balok
$P$	Beban
$P_u$	Beban ultimit
$P_y$	Beban leleh
$f'_c$	Kuat tekan yang disyaratkan
$f_c$	Kuat tekan masing – masing benda uji
$f_{cr}$	Kuat tekan rata-rata semua benda uji
$S_d$	Deviasi standar
$N$	Jumlah benda uji.
$E_c$	Modulus elastisitas beton
$A_{beton}$	Luas tampang elemen beton
$A_{komposit}$	Luas total kedua bahan ( baja + beton)
$A_s$	Jumlah luas baja tulangan atas
$A_s'$	Jumlah luas baja tulangan atas
$a_c$	Tinggi blok tegangan tekan beton
$a$	Jarak pengaku

$x$	Letak garis netral
$b$	Lebar penampang
$b_e$	Lebar penampang elemen balok <i>viereendeel</i>
$d$	Tinggi efektif
$\varepsilon_s$	Regangan baja
$M$	Momen
$V_n$	Gaya geser nominal
$V_{s1}$	Gaya geser simpul 1
$M_n$	Momen nominal
$M_U$	Momen ultimit
$N$	Gaya aksial normal
$n$	faktor pembanding modulus elastis antara (baja & beton)
$y$	jarak dari garis netral ke tengah tampang elemen
$\Delta$	Lendutan / defleksi
$L$	Panjang balok
$I$	Inersia
$\mu$	Daktilitas
$\pi$	3,14
$\Phi$	Kelengkungan
$D$	Diameter tulangan
$k$	Kekakuan
$EI$	Faktor kekakuan
$C$	Gaya aksial tekan

- $T$  Gaya aksial tarik
- $E_c$  Modulus elastisitas beton
- $E_s$  Modulus elastisitas baja

