

Analisis Pertemuan Balok-Kolom Struktur Rangka Beton Bertulang Menggunakan Metode *Strut And Tie*

Nama: Budi Piyung Riyadi

NRP : 0121104

Pembimbing : Winarni Hadipratomo, Ir.

**UNIVERSITAS KRISTEN MARANATHA
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK SIPIL
BANDUNG
JULI 2010**

ABSTRAK

Strut and Tie model (model penunjang dan pengikat) berasal dari *Truss analogy model* yang pertama kali diperkenalkan oleh Ritter (1899) dan Mörsch (1902). Untuk pertama kalinya mereka secara sistematis mengembangkan langkah perancangan struktur beton bertulang dengan *Strut and Tie model*, yaitu dengan membagi struktur dalam daerah D dan B. Transfer gaya pada struktur dalam kondisi retak akibat pembebanan digambarkan dalam alur gaya (*load path*).

Tujuan tugas akhir ini adalah untuk menganalisis hubungan balok kolom berbentuk L dengan menggunakan metode *strut and tie*. Dimodelkan dengan menggunakan program SAP 2000 vers.9 untuk mencari batang tarik dan batang tekan, diverifikasi dengan metode analisis penampang agar dapat diketahui seberapa besar kekuatan *strut* beton itu sendiri dan berapa jumlah tulangan yang diperlukan untuk menahan gaya tarik yang bekerja pada hubungan balok kolom.

Dari analisis yang telah dilakukan pada tugas akhir ini diperlukan tulangan 4D22 untuk tulangan sebagai *tie*, D13-100 sebagai sengkang horizontal, dan D13-100 sebagai sengkang vertikal. Metode *strut and tie* membutuhkan luas tulangan lebih kecil dari pada hasil analisis penampang yaitu mengalami selisih sebesar 3,3463 % pada luas penampang balok, pada luas penampang kolom arah membuka lebih besar 46,8472 % dan, pada luas penampang kolom arah menutup mengalami lebih besar 35,2069 %. Hasil diatas menunjukkan bahwa metode *strut and Tie* lebih ekonomis daripada menggunakan metode analisis penampang.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
SURAT KETERANGAN TUGAS AKHIR.....	ii
SURAT KETERANGAN SELESAI TUGAS AKHIR.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iv
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	v
ABSTRAK.....	vi
PRAKATA.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Penulisan.....	3
1.3 Ruang Lingkup Pembahasan.....	4
1.4 Metodologi Penulisan.....	5

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Struktur <i>Beam-Column joint</i>	7
2.1.1 Pengertian dan perilaku <i>Beam-Column-Joint</i>	7
2.2 Prinsip dari Saint Venant's dan pengembangan dari D-regions..	8
2.2.1 Perilaku dari D-regions.....	11
2.2.2 Metode <i>Strut-and Tie</i>	12
2.2.3 <i>Strut</i>	14

2.2.4	<i>Tie</i>	20
2.2.5	<i>Nodes</i> dan <i>Nodal Zones</i>	21
2.2.6	Metode Penentuan <i>Strut and Tie</i>	22
2.3	Metode Elemen Hingga.....	23
2.3.1	Jenis-Jenis Elemen.....	24
BAB III STUDY KASUS DAN PEMBAHASAN PERTEMUAN		
BALOK KOLOM DENGAN METODE <i>STRUT AND TIE</i>		
3.1	Pemodelan Struktur balok dan kolom.....	28
3.2	Beban-Beban yang bekerja pada struktur.....	29
3.3	Pemodelan dengan metode elemen hingga.....	39
3.4	Pemodelan <i>Strut and Tie</i> dan Analisis Tegangan dan Gaya Dalam.....	52
BAB IV ANALISIS PERTEMUAN BALOK-KOLOM DENGAN		
METODE <i>STRUT AND TIE</i>		
4.1	Analisis <i>Strut and Tie</i>	55
4.2	Perhitungan <i>Strut and tie</i>	56
4.3	Titik Nodal.....	58
4.4	Perhitungan sengkang.....	58
4.5	Kuat tekan balok dan kolom.....	59
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		
5.1	Kesimpulan.....	63
5.2	Saran.....	64
DAFTAR PUSTAKA		65
LAMPIRAN		

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Pola retak pada beton bertulang.....	2
Gambar 1.2 <i>Truss</i> analogi (<i>Ritter</i>).....	2
Gambar 1.3 Pembagian D dan B region pada suatu struktur.....	3
Gambar 1.4 Gambar hubungan Balok-Kolom (a) menutup, (b) membuka.....	4
Gambar 2.1 Join membuka (a) Tegangan pada join, (b) Pola retak pada Join.....	8
Gambar 2.2 Join menutup (a) Tegangan pada join, (b) Pola retak pada join.....	8
Gambar 2.3 Distribusi Tegangan sekitar Beban Kerja Terpusat, (a) Sistem keseimbangan pada suatu struktur, (b) Distribusi tegangan pada jarak b , (c) Distribusi tegangan sejarak $b/2$, (d) Distribusi tegangan sejarak $b/4$ [4].....	9
Gambar 2.4 B-regions diantara D-region, (a) B-region diantara D-region diatas dua perletakan dan beban terpusat, (b) B-region diantara D-region pada sebuah kantilever yang Dibebani merata, (c) B-region diantara D-region yang berbatasan dengan bagian berlubang.....	10
Gambar 2.5 Gaya pada batasan D-regions, (a) Gaya pada sambungan, (b) Gaya pada batas D-region, (c) Gaya pada batas D-region, (c) Gaya Pada batas D-region.....	10
Gambar 2.6 Perubahan distribusi tegangan pada berbagai jenis balok dengan tinggi berbeda, (a) Balok dengan $l/d=4$, (b) Balok dengan $l/d=2$, (c) Balok dengan $l/d=1$, (d) Balok dengan $l/d<1$ [5].....	11
Gambar 2.7 Permodelan <i>Strut-and Tie</i> pada balok tinggi.....	12
Gambar 2.8 Strut bentuk <i>Bottle-shaped</i> (bentuk botol), (a) <i>Strut</i> Prismatik Yang diidealisasikan (b) <i>Strut</i> bentuk botol (c) <i>Strut-and-tie</i> dari	

<i>strut</i> bentuk botol.....	14
Gambar 2.9 Berbagai bentuk <i>strut</i> , (a) Prismatic, (b) Kipas, (c) Botol....	15
Gambar 2.10 <i>Strut</i> mewakili blok tegangan tekan pada balok,	
(a) Distribusi regangan, (b) Distribusi tegangan.....	18
Gambar 2.11 Tulangan kontrol retak menyilang pada sebuah <i>strut</i> dalam jaringan yang retak.....	19
Gambar 2.12 Berbagai Bentuk <i>Node</i> , (a) CCC- <i>node</i> , (b) CCT- <i>node</i> ,	
(c) CTT- <i>node</i> Dan (d) TTT- <i>node</i> [4].....	21
Gambar 2.13 Diskretisasi menjadi jumlah elemen, (a) seluruh elemen,	
(b) $\frac{3}{4}$ kontinum menjadi 4 elemen, (c) menjadi 16 elemen,	
(d) menjadi 64 elemen [3].....	26
Gambar 2.14 Kontinum dengan berbagai aspek rasio, (a) aspek rasio 7.5,	
(b) aspek rasio 1.875, (c) aspek rasio 1.2.[3].....	27
Gambar 3.1 Model struktur Portal dan pembebanan.....	29
Gambar 3.2 Penentuan Grid dan Spacing.....	30
Gambar 3.3 Penentuan Bahan.....	30
Gambar 3.4 Material Property Data.....	31
Gambar 3.5 Define Frame Properties.....	32
Gambar 3.6 Rectangular Section untuk pembuatan balok.....	32
Gambar 3.7 Reinforcement Data pembuatan balok.....	33
Gambar 3.8 Rectangular Section untuk pembuatan kolom.....	33
Gambar 3.9 Reinforcement Data pembuatan kolom.....	34
Gambar 3.10 Properties object (a) Balok, (b) Kolom.....	34
Gambar 3.11 Pembuatan model portal.....	35
Gambar 3.12 Define Loads.....	35
Gambar 3.13 Define Respons Combination.....	36
Gambar 3.14 Define Respons Combination Data.....	36
Gambar 3.15 . Frame Distributed Loads (a) beban tambahan berat sendiri,	
(b) beban tambahan beban hidup.....	37
Gambar 3.16 <i>Member Force Diagram for Frames</i>	38
Gambar 3.17 <i>Diagram Momen akibat kombinasi</i> $w_u = 1,2w_{dl} + 1,6 w_{ll}$...	39
Gambar 3.18 Model struktur hubungan balok kolom.....	40

Gambar 3.19 Penentuan Grid dan Spacing pada Hubungan balok– Kolom.....	40
Gambar 3.20 Penentuan Bahan pada hubungan Balok-kolom.....	41
Gambar 3.21 Material Property Data pada Hubungan Balok-kolom...	41
Gambar 3.22 Define Loads untuk hubungan balok-kolom.....	42
Gambar 3.23 Area Section Data.....	42
Gambar 3.24 Pemberian beban terpusat arah Z pada momen arah Membuka/menutup.....	43
Gambar 3.25 Pemberian beban terpusat arah Z pada momen arah Membuka/menutup.....	44
Gambar 3.26 Pemodelan Hubungan balok kolom pada SAP 2000 setelah Diberi Beban (a) Momen arah membuka, (b) Momen arah menutup.....	45
Gambar 3.27 Element stress contour plane.....	46
Gambar 3.28 Kontur Tegangan pada hubungan balok kolom yang Dianalisis akibat momen dengan arah membuka, (a) Tegangan S11, (b) Tegangan S22, (c) Tegangan S12, (d) Tegangan Smax,, (e) Tegangan Smin.....	47
Gambar 3.29 Kontur Tegangan pada hubungan balok kolom yang Dianalisis akibat momen dengan arah menutup, (a) Tegangan S11, (b) Tegangan S22, (c) Tegangan S12, (d) Tegangan Smax,, (e) Tegangan Smin.....	50
Gambar 3.30 Permodelan hubungan Balok Kolom dengan beban Terpusat akibat (a) Momen arah membuka, (b) Momen arah menutup.....	53
Gambar 3.31 Permodelan hubungan Balok Kolom akibat (a) Momen arah membuka,, (b) Momen arah menutup.....	54
Gambar 4.1 Permodelan hubungan Balok Kolom akibat (a) Momen arah membuka,(b)Momen arah menutup.....	55
Gambar 4.2 Detail Tulangan Longitudinal pada Hubungan Balok Kolom (a) Momen arah membuka, (b) Momen arah menutup.....	61

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Nilai β_s dan β_n untuk <i>strut</i> dan <i>Nodal Zone</i>	16
Tabel 4.1 Perbandingan kekuatan Tekan antara Pemodelan <i>Strut and Tie</i> dan Analisis penampang.....	60

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

a	= Bidang geser, sama dengan jarak beban ke tepi, mm
A_c	= Luas efektif potongan melintang pada salah satu ujung sebuah <i>strut</i> , diambil tegak lurus sumbu <i>strut</i> , mm ²
A_{nZ}	= Luas muka nodal zone, atau potongan pada nodal zone, mm
A_{si}	= Luas dari permukaan tulangan pada lapisan ke-i bersilangan dengan <i>strut</i> , mm ²
A_{st}	= Luas tulangan bukan preategang pada <i>tie</i> , mm ²
A_s'	= Luas tekan tulangan pada sebuah <i>strut</i> , mm ²
b_w	= Lebar sayap corbel ganda, mm
d	= Jarak dari setengah diameter tulangan utama ke tepi bawah, mm ²
f_c'	= Kuat tekan beton, MPa
f_{cu}	= Kekuatan tekan efektif beton pada <i>strut</i> di <i>nodal zone</i> , MPa
f_s'	= Tegangan pada tulangan tekan, MPa
F_{ce}	= Tegangan efektif setelah kehilangan pada beton pratekan, MPa
f_y	= Tegangan leleh baja, MPa
F_n	= Kekuatan nominal <i>strut</i> , <i>tie</i> atau nodal zone, N
F_{nn}	= Kekuatan nominal dari permukaan nodal zone, N
F_{ns}	= Kekuatan nominal <i>strut</i> , N
F_{nt}	= Kekuatan nominal <i>tie</i> , N
F_u	= Kekuatan terfaktor yang bekerja pada <i>strut</i> , <i>tie</i> , daerah dukung, atau <i>nodal zone</i> , N
P_c	= Beban terpusat pada kolom, kN
N_u	= Gaya Horizontal akibat geser, kN
s	= Jarak sengkang, mm
w_s	= Lebar efektif <i>strut</i> , mm
w_t	= Lebar efektif <i>tie</i> , mm
β_s	= Faktor efek retak pada <i>strut</i>
β_n	= Faktor efek penjangkaran <i>tie</i>

- γ_i = Sudut antara sumbu *strut* dan batang pada lapisan ke-i tulangan yang bersilangan dengan *strut*
- λ = Faktor koreksi berhubungan dengan berat satuan beton
- ϕ = Faktor reduksi kekuatan

DAFTAR LAMPIRAN

Perhitungan Beban pada jalur Desain	L-1
Perhitungan Gaya Batang Momen arah membuka.....	L-2
Komponen Vertikal, Horizontal, dan gaya aksial pada <i>strut and tie</i>	
Momen arah membuka.....	L-4
Perhitungan Gaya Batang Momen arah menutup.....	L-7
Komponen Vertikal, Horizontal, dan gaya aksial pada <i>strut and tie</i>	
Momen arah menutup.....	L-11
Kekuatan Titik Nodal Momen arah membuka.....	L-12
Kekuatan Titik Nodal Momen arah menutup.....	L-13
Perhitungan Tulangan Sengkang.....	L-14
Perhitungan kekuatan Tekan dengan Analisis Penampang pada balok.....	L-16
Perhitungan kekuatan Tekan dengan Analisis Penampang pada kolom	
Arah membuka.....	L-18
Perhitungan kekuatan Tekan dengan Analisis Penampang pada kolom	
Arah menutup	L-19