

STUDI ANALISIS PERTEMUAN BALOK KOLOM BERBENTUK T STRUKTUR RANGKA BETON BERTULANG DENGAN PEMODELAN *STRUT-AND-TIE*

Tidaryo Kusumo
NRP : 0821035

Pembimbing: Winarni Hadipratomo, Ir

ABSTRAK

Strut-and-tie model (model penunjang dan pengikat) berasal dari *truss analogy model*. 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 T dengan menggunakan metode *strut-and-tie* kemudian hasilnya akan dibandingkan dengan hasil dari *ETABS nonlinear v9.5.0* dan analisis penampang.

Hasil analisis pada tugas akhir ini diperlukan tulangan 5 D22 untuk tulangan sebagai *tie*, 2 D22 untuk tulangan *strut*, 2D10-200 sebagai sengkang horizontal, dan 2D10-200 sebagai sengkang vertikal. Pada luas tulangan balok, metode *strut-and-tie* membutuhkan luas tulangan lebih besar dari pada hasil metode analisis penampang, yaitu mengalami selisih sebesar 18,04%, dan 8,61% pada luas tulangan kolom. Hal ini menunjukkan metode analisis penampang lebih ekonomis dibandingkan dengan metode *strut-and-tie*.

ANALYTICAL STUDY OF T-SHAPE BEAM-COLUMN JOINT OF REINFORCED CONCRETE FRAME STRUCTURE BY STRUT-AND-TIE MODELING

Tidaryo Kusumo
NRP : 0821035

Supervisor: Winarni Hadipratomo, Ir

ABSTRACT

Strut-and-tie modeling was derived from truss analogy model. The design steps of strut-and-tie model in reinforced concrete structures, is by dividing the structure in D- and B-regions. Force transfer in the structure at crack conditions due to the loading, was described in load paths.

The purpose of this study is to analyze T-shape beam-column joint by strut-and-tie model, then the results will be compared to the results of ETABS nonlinear v9.5.0 as well as the cross-sections analysis method.

As a result of the study, reinforcement by strut-and-tie modeling needs 5D22 as tie, 2D22 as strut, and 2 D10 – 200 mm as horizontal and vertical stirrups of the shear reinforcement. While by strut-and-tie model, the beam reinforcement need 18.04% more and the column reinforcement need 8.61% more than the cross-sections analysis method. it is proved, that the cross-sections analysis method give a more economic result than the strut-and-tie model.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN ORISINALITAS LAPORAN PENELITIAN	iii
PERNYATAAN PUBLIKASI LAPORAN PENELITIAN	iv
SURAT KETERANGAN TUGAS AKHIR	v
SURAT KETERANGAN SELESAI TUGAS AKHIR	vi
KATA PENGANTAR	vii
ABSTRAK	ix
ABSTRACT	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR NOTASI	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Inti Permasalahan	2
1.3 Tujuan Penulisan	2
1.4 Ruang Lingkup Penulisan	2
1.5 Sistematik Penulisan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Hubungan Balok-Kolom	4
2.1.1 Balok-Kolom T	4
2.2 Prinsip Saint Venant's dan Pengembangan Dari D-regions	5
2.2.1 Perilaku Dari D-regions	7
2.3 Metode <i>Strut-and-Tie</i>	8
2.3.1 <i>Strut</i>	10
2.3.2 <i>Tie</i>	15
2.3.3 <i>Nodes</i> dan <i>Nodal Zones</i>	16
2.4 Metode Elemen Hingga	17
2.4.1 Jenis – Jenis Elemen	18
2.5 Balok Penampang Persegi Terlentur	21
2.5.1 Keseimbangan dan Kompatibilitas Tegangan-Regangan	22
2.5.2 Analisis Balok Beton Bertulang dengan Tulangan Tarik Tunggal	22
2.6 Kolom Beton Bertulang	23
2.6.1 Analisis Kolom	23
BAB III PEMODELAN DAN ANALISIS STRUKTUR	
3.1 Pemodelan Struktur Balok dan Kolom	25
3.2 Beban-Beban Yang Bekerja Pada Struktur	26
3.3 Langkah – Langkah Analitis	27
3.4 Hasil Perhitungan ETABS	33
BAB IV ANALISIS DENGAN METODE <i>STRUT-AND-TIE</i>	
4.1 Pemodelan Dengan Metode Elemen Hingga	35

4.2 Langkah – Langkah Analisis ETABS	39
4.3 Pemodelan <i>Strut-and-Tie</i> , Analisis Tegangan, dan Gaya Dalam	55
4.4 Perhitungan Lebar <i>Strut</i> dan Luas Tulangan Tarik	57
4.5 Perbandingan Hasil ETABS Dengan Metode <i>Strut-and-Tie</i>	60
4.6 Titik Nodal	62
4.7 Perhitungan Sengkang	63
4.8 Luas Tulangan Balok dan Kolom Dengan Analisis Penampang	66
4.8.1 Perhitungan/ analisis balok	66
4.8.2 Perhitungan/ analisis kolom	68
4.9 Perbandingan Metode <i>Strut-and-Tie</i> Dengan Metode Analisis Penampang	69
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	70
5.2 Saran	71
DAFTAR PUSTAKA	72
LAMPIRAN	73

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Pembagian daerah D dan B pada balok	1
Gambar 1.2	Hubungan balok kolom bentuk T	2
Gambar 2.1	Join T.....	5
Gambar 2.2	Penentuan daerah D dan B	6
Gambar 2.3	B-regions diantara D-region	6
Gambar 2.4	Perubahan distribusi tegangan pada berbagai jenis balok dengan tinggi berbeda	7
Gambar 2.5	Permodelan <i>strut-and-tie</i> pada balok tinggi.....	8
Gambar 2.6	Strut bentuk <i>Bottle-shaped</i> (bentuk botol)	10
Gambar 2.7	<i>Strut</i> mewakili blok tegangan tekan pada balok	13
Gambar 2.8	Tulangan kontrol retak menyilang pada sebuah <i>strut</i> dalam jaringan yang retak.....	14
Gambar 2.9	Berbagai Bentuk <i>Node</i>	16
Gambar 2.10	Diskretisasi menjadi jumlah elemen	19
Gambar 2.11	Pemodelan gaya pada deskretisasi elemen	20
Gambar 2.12	Analisis penampang balok penampang persegi tulangan tunggal	22
Gambar 2.13	Penentuan nilai g	24
Gambar 3.1	Denah bangunan	26
Gambar 3.2	Model struktur portal dan pembebanan	26
Gambar 3.3	<i>Define grid data</i>	27
Gambar 3.4	<i>Define Materials</i>	27
Gambar 3.5	<i>Material property data</i>	28
Gambar 3.6	<i>Rectangular section for beam</i>	28
Gambar 3.7	<i>Rectangular section for column</i>	29
Gambar 3.8	<i>Define static load case names</i>	29
Gambar 3.9	<i>Load combination data</i>	30
Gambar 3.10	<i>Frame distributed loads</i>	30
Gambar 3.11	<i>Assign restraints</i>	31
Gambar 3.12	2-D view	32
Gambar 3.13	<i>Design load combination selection</i>	32
Gambar 3.14	<i>Member force diagram for frames</i>	33
Gambar 3.15	Diagram momen akibat kombinasi 1.....	33
Gambar 3.16	Diagram normal akibat kombinasi 1.....	34
Gambar 3.17	Momen kombinasi 1 pada Balok T	34
Gambar 4.1	Pembagian elemen	35
Gambar 4.2	Penentuan <i>grid</i> dan <i>spacing</i> pada hubungan balok–kolom	39
Gambar 4.3	Penentuan tinggi pada hubungan balok-kolom T	39
Gambar 4.4	Penentuan bahan pada hubungan balok-kolom	40
Gambar 4.5	<i>Material property data</i> pada hubungan balok-kolom	40
Gambar 4.6	<i>Define loads</i> untuk hubungan balok-kolom	41
Gambar 4.7	<i>Load combination data</i>	41
Gambar 4.8	<i>Wall/slab section</i>	42
Gambar 4.9	Gaya-gaya pada <i>plate element</i>	42
Gambar 4.10	Gaya-gaya pada <i>shell element</i>	42

Gambar 4.11	Input beban SDL terpusat arah X bagian kiri	43
Gambar 4.12	Input beban SDL terpusat arah X bagian kanan	44
Gambar 4.13	Input beban SDL terpusat arah Z bagian bawah	45
Gambar 4.14	Input beban live load terpusat arah X bagian kiri	47
Gambar 4.15	Input beban live load terpusat arah X bagian kanan	48
Gambar 4.16	Input beban live load terpusat arah Z bagian bawah	49
Gambar 4.17	Pemodelan hubungan balok kolom pada ETABS setelah diberi beban SDL	51
Gambar 4.18	Pemodelan hubungan balok-kolom pada ETABS setelah diberi beban live load	51
Gambar 4.19	<i>Elemen stress contours planes</i>	52
Gambar 4.20	Kontur tegangan pada hubungan balok-kolom yang dianalisis	54
Gambar 4.21	Pemodelan hubungan balok-kolom dengan beban terpusat	56
Gambar 4.22	Pemodelan tulangan hubungan balok-kolom	56
Gambar 4.23	Detail tulangan balok-kolom T	60
Gambar 4.24	Tulangan hubungan balok-kolom T menurut ETABS.....	61

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Nilai β_s dan β_n untuk <i>strut</i> dan <i>nodal zone</i>	12
Tabel 3.1	Kombinasi pembebanan.....	30
Tabel 3.2	Momen dan gaya normal akibat kombinasi 1 pada muka kolom	34
Tabel 4.1	Kombinasi pembebanan.....	41
Tabel 4.2	Komponen <i>vertikal</i> , <i>horizontal</i> , dan gaya aksial pada <i>strut and tie</i>	57
Tabel 4.3	Kekuatan <i>strut</i> dan luas tulangan tarik (<i>tie</i>).....	59
Tabel 4.4	Perbandingan antara luas tulangan hasil ETABS dengan luas tulangan perhitungan <i>strut and tie</i>	61
Tabel 4.5	Kekuatan titik nodal pada pemodelan hubungan balok-kolom T	63
Tabel 4.6	Perbandingan hasil luas tulangan menurut <i>strut and tie</i> dengan analisis penampang	69

DAFTAR NOTASI

A	= Luas bidang, mm^2 .
A_b	= Luas landasan dari beban normal, mm^2 .
A_c	= Daerah efektif pada arah melintang dari <i>strut</i> , mm^2 .
A_{nz}	= Luas nodal Zone, mm^2 .
A_v	= Luas tulangan geser pada daerah sejarak s , mm^2 .
A_{vh}	= Luas penampang tulangan geser memanjang, mm^2 .
A_s	= Luas tulangan tarik balok, mm^2 .
A_s'	= Luas tulangan tekan balok, mm^2 .
a	= Tinggi balok tegangan persegi ekuivalen, mm.
b	= Lebar penampang, mm.
b_w	= Lebar balok, mm.
c	= Jarak garis netral dari tepi tertekan, mm.
C	= Gaya tekan beton, kN.
D	= Tinggi efektif balok diukur dari daerah tekan paling atas terhadap titik berat tulangan tarik, mm.
d	= Tinggi manfaat penampang, mm.
d'	= Tinggi efektif balok diukur dari daerah tekan paling atas terhadap titik berat tulangan tekan, mm.
E_c	= Modulus elastisitas beton, MPa.
E_s	= Modulus elastisitas tulangan baja, MPa.
f_c'	= Mutu beton, MPa.
f_{cu}	= Kekuatan tekan efektif pada beton dalam <i>strut</i> atau daerah nodal, MPa.
f_{ce}	= Kekuatan tekan efektif pada beton dalam <i>strut</i> atau daerah nodal, MPa.
f_y	= Tegangan leleh tulangan, MPa.
f_s	= Tegangan tulangan tarik baja, MPa.
f_s'	= Tegangan tulangan tekan baja, MPa.
f_{yv}	= Tegangan tulangan geser baja, MPa.
F_n	= Kekuatan nominal dari <i>strut</i> , <i>tie</i> , atau daerah nodal, N.
F_{ns}	= Kekuatan nominal dari <i>strut</i> , N.
F	= Tegangan yang bekerja pada struktur, MPa.
F_u	= Tegangan terfaktor pada <i>strut</i> , <i>tie</i> , atau daerah nodal, N.
F_{nt}	= Kekuatan nominal dari <i>tie</i> .
H	= Tinggi balok, mm.
jd	= Lengan momen, mm.
L	= Panjang bentang, m.
L_n	= Panjang bentang bersih, m.
M_u	= Momen lentur pada struktur, Nmm.
M_n	= Momen nominal, Nmm.
n	= Banyaknya sengkang.
N_u	= Gaya normal batas terfaktor, N.
Q	= Beban merata, kN/m.
s	= Jarak antar sengkang, mm.
T	= Gaya tarik, kN.

T_u	= Gaya tarik batas terfaktor, kN.
v	= Faktor efisiensi.
V_c	= Kuat geser nominal yang disumbangkan beton, kN.
V_n	= Kuat geser nominal, kN.
V_u	= Gaya geser terfaktor, kN.
V_u	= Gaya geser terfaktor pada penampang, kN.
β_s	= Faktor yang digunakan dalam menghitung kuat tekan beton pada <i>strut</i> .
β_n	= Faktor yang digunakan dalam menghitung kuat tekan pada <i>titik nodal</i> .
β_1	= Konstanta yang merupakan fungsi dari kelas kuat tekan beton.
ϵ_{cu}	= Regangan maksimum beton.
ρ	= Rasio tulangan aktual balok.
γ_c	= Berat volume beton bertulang, kN/m ³ .
$\emptyset$	= Faktor reduksi kekuatan.

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 PERHITUNGAN BEBAN.....	73
LAMPIRAN 2 PERHITUNGAN GAYA BATANG.....	75
LAMPIRAN 3 COLUMN DESIGN CHART NEW ZEALAND.....	78
LAMPIRAN 4 VERIFIKASI MOMEN PERHITUNGAN MANUAL DENGAN ETABS.....	79