

**ANALISIS KOLOM BETON BERTULANG
DENGAN *CORBEL* TUNGGAL MENGGUNAKAN
PEMODELAN PENUNJANG DAN PENGIKAT**

Nama : Jefry Christian Assikin

NRP : 0421015

Pembimbing : Winarni Hadipratomo, Ir

UNIVERSITAS KRISTEN MARANATHA
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK SIPIL
BANDUNG

ABSTRAK

Perancangan struktur beton biasanya dilakukan berdasarkan asumsi dari Bernoulli untuk analisis penampang akibat momen lentur dimana distribusi tegangan dianggap linier dan ini dianggap masih berlaku meskipun penampang telah retak. *Corbel* merupakan salah satu contoh kasus pada suatu elemen struktur yang dapat mengakibatkan terjadinya distribusi tegangan non-linier, sehingga asumsi diatas tidak berlaku. *Corbel* adalah kantilever yang melekat pada struktur kolom dan berfungsi sebagai penahan tangga precast atau penahan derek. Salah satu alternatif pendekatan untuk mengatasi elemen struktur seperti *corbel* adalah menggunakan *Strut and Tie Model*, yaitu dengan membagi struktur dalam daerah B (Bernoulli) dan D (*Disturb*) dan menggambarkan alur gaya (*load path*) sebagai transfer gaya yang terjadi pada struktur beton bertulang pada kondisi retak akibat pembebanannya. Parameter-parameter dari *Strut and Tie Model* yaitu batang tekan (*strut*), batang tarik (*tie*) dan titik nodal (*nodal zone*) sebagai daerah pertemuan.

Tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah untuk menganalisis tulangan struktur *corbel* beton bertulang akibat beban terpusat dengan metode elemen hingga. SAP 2000 *Nonlinear* digunakan untuk memperoleh daerah tekan dan tarik yang akan dipakai untuk menggambarkan elemen penunjang dan pengikat. Tegangan yang diperoleh dari metode elemen hingga, dipakai untuk membentuk konfigurasi *Strut and Tie*. Pemodelan dengan beban terpusat dari hasil metode tersebut menghasilkan luas tulangan geser dan longitudinal.

ANALYSIS OF REINFORCED CONCRETE SINGLE CORBEL COLUMN MODELLED AS STRUT AND TIE

Name : Jefry Christian

NRP : 0421015

Advisor : Winarni Hadipratomo, Ir

**MARANATHA CHRISTIAN UNIVERSITY
FACULTY OF ENGINEERING, CIVIL ENGINEERING DEPARTMENT
BANDUNG**

ABSTRACT

Structural concrete design is usually based on the assumption of Bernoulli, as plane sections remain plane after bending. Strain distribution is assumed to be linear even after crack. That assumption is not valid on corbel, for the strain distribution is non-linear. Corbel is a cantilever attached to a column functioned to resist precast beam or crane.

Strut and Tie modeling is one alternative to design and analysis corbel by determining B region (Bernoulli) and D region (Disturb), then drawing load paths transferring forces at cracks during the loading. The parameters in Strut and Tie Modeling are compressive forces acting as Struts and tension forces as Ties, both intersecting at nodal point in nodal zone

The target of this thesis is to design and analyze the reinforcement of Reinforcement Concrete. Corbel attached to a column by finite element method to achieve the tension and compressive zone to configure the Struts and Ties. For The result we obtain the longitudinal and transversal reinforcement.

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Surat Keterangan Tugas Akhir	ii
Surat Keterangan Selesai Tugas Akhir	iii
Lembar Pengesahan	iv
Pernyataan Orisinalitas Laporan Tugas Akhir	v
Abstrak	vi
Abstract	vii
Prakata	viii
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 Tujuan Penulisan	3
1.3 Ruang Lingkup Penelitian	3
1.4 Sistematika Pembahasan	3
BAB II TINJAUAN LITERATUR	
2.1 Struktur <i>Corbel</i> Tunggal	5
2.1.1 Definisi <i>Corbel</i> Tunggal	5
2.1.2 Perilaku <i>Corbel</i> Tunggal	6
2.2 Pemodelan Penunjang dan Pengikat	7
2.2.1 Definisi dari Daerah Diskontinuitas	7
2.2.2 Prinsip dari Saint Venant's dan Pengembangan dari <i>D-Regions</i>	8
2.2.3 Perilaku dari <i>D-Regions</i>	11
2.2.4 Metode <i>Strut and Tie</i>	13
2.2.5 <i>Strut</i>	14
2.2.6 <i>Tie</i>	20
2.2.7 <i>Nodes and NodeL zone</i>	21
2.2.8 Metoda Penentuan <i>Strut and Tie</i>	22
2.3 Pemodelan Struktur dan Analisis Struktur dengan Metode Elemen Hingga	23
2.3.1 Analisis Struktur dengan Metode Elemen Hingga	24
2.3.2 Metode Elemen Hingga pada <i>SAP 2000 Nonlinear</i> untuk Analisis <i>Corbel</i> Tunggal	25
2.3.3 Sistem koordinat elemen bidang pada <i>SAP 2000 Nonlinear</i>	26
a) Sistem Koordinat Global Elemen Bidang	26
b) Sistem Koordinat Lokal Elemen Bidang	27
2.3.4 Deskritisasi dengan Elemen Bidang	30
2.3.5 Tegangan dan Regangan pada <i>Plane Element</i>	30

BAB III DESAIN DAN ANALISIS <i>CORBEL</i> TUNGGAL	
3.1 Pemodelan Struktur <i>Corbel</i> Tunggal	32
3.2 Pemodelan <i>Corbel</i> Tunggal dengan Metode Elemen Hingga Menggunakan <i>SAP 2000 Nonlinear</i>	34
3.3 Menentukan <i>B-Region</i> dan <i>D-Region</i>	38
3.4 Desain <i>Corbel</i> Tunggal dengan <i>Strut and Tie</i>	42
3.5 Pemodelan Rangka Batang <i>Strut and Tie</i>	45
3.6 Desain dari <i>Nodal Zone</i>	48
3.7 Desain dari <i>Tie</i>	48
3.8 Desain dari <i>Strut</i>	49
3.9 Daya Dukung Retak Kontrol	51
BAB IV PEMBAHASAN	
4.1 Pembentukan <i>Strut and Tie</i>	54
4.2 Kontur Tegangan	54
4.3 <i>Nodal Zone</i>	59
4.4 <i>Tie</i>	59
4.5 <i>Strut</i>	60
4.6 Kontrol Retak	61
BAB V KESIMPULAN	
5.1 Kesimpulan	63
5.2 Saran	64
Daftar Pustaka	65
Lampiran	66

DAFTAR GAMBAR

1.1	Pembagian <i>D</i> dan <i>B region</i> pada suatu struktur.....	1
1.2	<i>Corbel</i> tunggal dengan beban terpusat.....	2
2.1	Gambar <i>corbel</i> tunggal.....	6
2.2	Gambar pola keretakan pada <i>corbel</i>	7
2.3	Gambar <i>corbel</i> tunggal dengan <i>D</i> dan <i>B region</i>	8
2.4	Distribusi tegangan sekitar beban kerja terpusat.....	9
2.5	<i>B-Region</i> diantara <i>D-region</i>	10
2.6	Gaya pada batasan <i>D-region</i>	11
2.7	Perubahan distribusi tegangan pada berbagai jenis balok dengan tinggi berbeda.....	12
2.8	Pemodelan <i>Strut and Tie</i> pada <i>corbel</i>	13
2.9	<i>Strut</i> bentuk <i>Bottle-Shaped</i>	15
2.10	Berbagai bentuk <i>Strut</i>	16
2.11	<i>Strut</i> mewakili blok tegangan pada balok.....	18
2.12	Tulangan kontrol retak menyilang pada sebuah <i>strut</i> dalam jaringan yang retak.....	19
2.13	Berbagai bentuk <i>Node</i>	21
2.14	Langkah mendefinisikan area section pada <i>SAP 2000</i> <i>Nonlinear</i>	26
2.15	Koordinat global pada <i>SAP 2000 Nonlinear</i>	27
2.16	Sumbu lokal pada <i>plane element</i>	28
2.17	Tegangan pada <i>plane element</i>	29
2.18	Gaya <i>S11</i> , <i>S22</i> , <i>S12</i> pada bidang sembarang.....	31
2.19	Kontur tegangan pada <i>plane element</i>	31
3.1	Model Struktur <i>corbel</i> tunggal yang akan didesain dan di analisis..	33
3.2	Memasukan properti material pada <i>SAP 2000 Nonlinear</i>	34
3.3	Gambar Pemodelan <i>corbel</i> tunggal dengan <i>plane elemen</i>	35
3.4	Kontur tegangan pada <i>corbel</i> tunggal dengan beban 300 kN.....	36
3.5	Distribusi tegangan untuk menentukan <i>B regions</i> dan <i>D regions</i> untuk tegangan <i>S11</i>	39
3.6	Distribusi tegangan untuk menentukan <i>B regions</i> dan <i>D regions</i> untuk tegangan <i>S22</i>	40
3.7	Penentuan <i>D-regions</i> pada <i>Corbel</i>	41
3.8	Pemodelan <i>strut and tie</i> pada <i>corbel</i> tunggal dengan beban 300 kN	43
3.9	Pemodelan rangka batang pada <i>SAP 2000 Nonlinear</i>	45
3.10	Penentuan <i>Strut and Tie</i>	47
3.11	Gambar lebar <i>Strut and Tie</i>	49
3.12	Detail Gambar penulangan pada <i>corbel</i> tunggal.....	52
3.13	Detail Gambar penulangan pada <i>corbel</i> tunggal.....	53
4.1	Kontur Tegangan 400kN.....	55
4.2	Kontur Tegangan 500kN.....	56
4.3	Kontur Tegangan 400kN.....	57

L1.1	Distribusi Tegangan untuk menentukan <i>B-Regions</i> dan <i>D-Regions</i> untuk tegangan S11 beban 400kN.....	68
L1.2	Distribusi Tegangan untuk menentukan <i>B-Regions</i> dan <i>D-Regions</i> untuk tegangan S11 beban 400kN.....	69
L1.3	Distribusi Tegangan untuk menentukan <i>B-Regions</i> dan <i>D-Regions</i> untuk tegangan S11 beban 400kN.....	71
L1.4	Distribusi Tegangan untuk menentukan <i>B-Regions</i> dan <i>D-Regions</i> untuk tegangan S11 beban 400kN.....	72

DAFTAR TABEL

2.1	Nilai β_s dan β_n untuk <i>Strut</i> dan <i>Nodal Zone</i>	17
3.1	Tegangan S11 dan S22.....	38
3.2	Reaksi Perletakan.....	42
3.3	<i>Computed Truss Forces</i> 300 kN.....	46
4.1	Perhitungan Nilai F_{DF} dan a untuk pembentukan <i>Strut and Tie</i> Model	54
4.2	Konfigurasi Gaya Batang dari Variasi Pembebanan Dalam kN.....	58
4.3	Konfigurasi <i>Nodal Zone</i> dari Variasi Pembebanan.....	59
4.4	Konfigurasi Tulangan dari Variasi Pembebanan.....	59
4.5	Konfigurasi Lebar <i>Strut</i> Horisontal dari Variasi Pembebanan.....	60
4.6	Konfigurasi Lebar <i>Strut</i> Vertikal dari Variasi Pembebanan.....	60
4.7	Konfigurasi Lebar <i>Strut</i> Miring dari Variasi Pembebanan.....	61
4.8	Verifikasi Kekuatan <i>Strut</i> dari Variasi Pembebanan.....	61
4.9	Verifikasi Kontrol Retak menurut Variasi Pembebanan.....	62
L1.1	Distribusi Tegangan S11 dan S22 beban 400 kN.....	67
L1.2	Distribusi Tegangan S11 dan S22 beban 400 kN.....	70

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

a	=	Bidang geser, sama dengan jarak beban ke tepi corbel, mm
A_c	=	Luas efektif potongan melintang pada salah satu ujung sebuah strut, diambil tegak lurus sumbu <i>strut</i> , mm ²
A_n	=	Luas muka nodal zone, atau potongan pada nodal zone, mm
A_{ps}	=	Luas dari tulangan beton prategang, mm ²
A_{si}	=	Luas dari permukaan tulangan pada lapisan ke- <i>i</i> bersilangan dengan strut, 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 <i>tunggal</i> , mm
d	=	Jarak dari setengah diameter tulangan utama ke tepi bawah <i>corbel</i> 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_{se}	=	Tegangan efektif setelah kehilangan pada beton pratekan, MPa
f_y	=	Tegangan leleh baja, MPa
F_n	=	Kekuatan nominal strut, tie atau nodal zone, N
F_{nn}	=	Kekuatan nominal dari permukaan nodal zone, N
F_{ns}	=	Kekuatan nominal strut, N
F_{nt}	=	Kekuatan nominal tie, N
F_u	=	Kekuatan terfaktor yang bekerja pada <i>strut</i> , <i>tie</i> , daerah dukung, atau <i>nodal zone</i> , N
P	=	Beban terpusat pada kolom, kN
V_u	=	Beban terpusat pada sisi <i>corbel tunggal</i> , kN

M_u	=	Momen guling terhadap titik tangkap gaya <i>corbel tunggal</i> , Nm
N_u	=	Gaya Horizontal akibat geser, kN
s_i	=	Sudut antara friksi geser tulangan dengan bidang geser, °
w_s	=	Lebar efektif strut, mm
w_t	=	Lebar efektif tie, mm
β_s	=	Faktor efek retak pada strut
β_n	=	Faktor efek penjangkaran tie
γ_i	=	Sudut antara sumbu <i>strut</i> dan batang pada lapisan ke-i tulangan yang bersilangan dengan <i>strut</i>
λ	=	Faktor koreksi berhubungan dengan berat satuan beton
ϕ	=	Faktor reduksi kekuatan

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran L1 Distribusi Tegangan Beban 400kN dan 500kN.....	66
Tabel L1.1 Distribusi Tegangan S11 dan S22 beban 400kN.....	67
Gambar L1.1 Distribusi Tegangan untuk menentukan <i>B-Regions</i> dan <i>D-Regions</i> untuk tegangan S11 beban 400kN.....	68
Gambar L1.2 Distribusi Tegangan untuk menentukan <i>B-Regions</i> dan <i>D-Regions</i> untuk tegangan S22 beban 400kN.....	69
Tabel L1.2 Distribusi Tegangan S11 dan S22 beban 400kN.....	70
Gambar L1.3 Distribusi Tegangan untuk menentukan <i>B-Regions</i> dan <i>D-Regions</i> untuk tegangan S11 beban 500kN.....	71
Gambar L1.4 Distribusi Tegangan untuk menentukan <i>B-Regions</i> dan <i>D-Regions</i> untuk tegangan S11 beban 500kN.....	72