



**PERENCANAAN BALOK GEDUNG C-DAST II UNIVERSITAS  
JEMBER DENGAN METODE BETON PRATEGANG**

**SKRIPSI**

Oleh

**Bhisma Yugawinarta Sulaiman  
NIM 121910301084**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2016**



**PERENCANAAN BALOK GEDUNG C-DAST II UNIVERSITAS  
JEMBER DENGAN METODE BETON PRATEGANG**

**SKRIPSI**

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat  
untuk menyelesaikan Program Studi Strata 1 Teknik Sipil  
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

**Bhisma Yugawinarta Sulaiman  
NIM 121910301084**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2016**

## PERSEMBAHAN

Alhamdulillah kupersembahkan kepada Allah SWT atas segala rahmat dan kesempatan untuk menyelesaikan tugas akhir dengan segala kekuranganku. Segala syukur ku ucapkan kepadaMu karena telah menghadirkan mereka yang selalu memberi semangat dan doa disaat kutertatih. Akhirnya, kupersembahkan tugas akhir ini untuk:

1. Kedua Orangtuaku, Bapak Sulaiman, S.E dan Ibu Ellis Suwartini, S.E, Kakakku Festian Reggi Winarta, Adikku Ade Fisma Hanny, serta keluarga besar di Jember dan Banyuwangi yang telah memberikan dukungan moriil dan materiil dalam menyelesaikan perkuliahan saya;
2. Dwi Nurtanto, S.T., M.T, Winda Tri Wahyuningtyas, S.T., M.T., Januar Fery Irawan, S.T., M.Eng., Gati Anisa Hayu, S.T., M.T., M.Sc. dan Sri Sukmawati, S.T., M.T., yang telah membimbingku dengan sabar;
3. *PT. Landas Putra Cahya Perdana* yang telah banyak memberikan informasi;
4. Dora Rusita A.Md. terima kasih atas motivasi dan semangatnya selama ini;
5. Tengkorak Hitam, Ibu-Ibu Pejabat, Kontrakan 1, Kontrakan 2, Kontrakan 3 dan semua sahabat – sahabat yang selalu memberikan dukungan dan support;
6. Guru-guruku sejak taman kanak-kanak sampai perguruan tinggi yang telah memberikan ilmu dan membimbingku dengan sabar;
7. Teman-teman Teknik Sipil Universitas Jember angkatan 2012, Terimakasih atas persahabatan dan persaudaraan yang tak akan pernah terlupakan, perkuliahan akan tidak ada rasa jika tanpa kalian.
8. Almamater Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

**MOTTO**

Raihlah ilmu, dan untuk meraih ilmu belajarlah untuk tenang dan sabar.

(Sayyidina Umar bin Khattab R.A.) \*)

Jangan pergi agar dicari, jangan sengaja lari agar dikejar.

Berjuang tak sepercanda itu.

(Sujiwo Tejo) \*\*)

---

\*) [www.mutiarabijaksana.com/](http://www.mutiarabijaksana.com/)

\*\*) [www.jagokata.com/](http://www.jagokata.com/)

**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama: Bhisma Yugawinrata Sulaiman

NIM : 121910301084

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul "Perencanaan Balok Gedung C-Dast II Universitas Jember dengan Metode Beton Prategang" adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab penuh atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 27 Mei 2016

Yang menyatakan,

Bhisma Yugawinarta Sulaiman

NIM 121910301084

**SKRIPSI**

**PERENCANAAN BALOK GEDUNG C-DAST II UNIVERSITAS  
JEMBER DENGAN METODE BETON PRATEGANG**

Oleh

Bhisma Yugawinarta Sulaiman  
NIM 121910301084

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Dwi Nurtanto, S.T., M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Winda Tri Wahyuningtyas, S.T., M.T.

**PENGESAHAN**

Skripsi berjudul “Perencanaan Balok Gedung C-Dast II Universitas Jember dengan Metode Beton Prategang” telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal : Jumat, 27 Mei 2016

tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember.

Tim Penguji:

Pembimbing Utama,

Pembimbing Anggota,

Dwi Nurtanto, S.T., M.T.  
NIP. 19731015 199802 1 001

Ahmad Hasanuddin, S.T., M.T.  
NIP. 19710327 199803 1 003

Penguji I,

Penguji II,

Januar Fery Irawan, S.T., M.Eng  
NIP. 19760111 200012 1 002

Sri Wahyuni, S.T., M.T., Ph.D.  
NIP. 19711209 199803 2 001

Mengesahkan  
Dekan,

Dr. Ir. Entin Hidayah, M.UM.  
NIP. 19661215 199503 2 001

## RINGKASAN

**Perencanaan Balok Gedung C-Dast II Universitas Jember dengan Metode Beton Prategang;** Bhisma Yugawinarta Sulaiman, 121910301084; 2016: 77 halaman; Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Gedung C-Dast II Universitas Jember merupakan gedung kuliah bersama. Gedung C-Dast II terdiri dari 8 lantai, di lantai 3 terdapat sebuah kolom yang berdiri di tengah ruang laboratorium sehingga penggunaan ruang kurang optimal. Perencanaan ini menghilangkan kolom tersebut sehingga bentang balok menjadi lebih panjang. Dalam bentang panjang tersebut penggunaan beton prategang adalah salah satu metode yang cocok digunakan.

Proses perencanaan ini diawali dengan pengumpulan data berupa gambar rencana dan perencanaan ulang pada pembebanan. Tahap kedua dilakukan perhitungan beton prategang yang mengacu pada peraturan SNI 2847-2013 (Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung). Tahap ketiga adalah penggambaran detail dari hasil perencanaan.

Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan dimensi penampang balok 65/100. Tendon yang dibutuhkan sebanyak 2 buah tendon dengan isi 19 strand di setiap tendon. Kebutuhan tulangan tarik adalah 10-D22 dan tulangan tekan 4-D22 sedangkan untuk tulangan torsi dibutuhkan D19-100. Pada daerah tumpuan balok prategang digunakan tulangan geser 4-D10 dengan jarak 50 mm. Lendutan yang terjadi sebesar 4,84 mm ke atas.



## SUMMARY

**Design of C-Dast II Building Beam University of Jember by Prestressed Concrete Method;** Bhisma Yugaawinarta Sulaiman, 121910301084; 2016: 77 pages; Department of Civil Engineering Faculty of Engineering, University of Jember.

Building C-Dast II University of Jember is a collective lecture class. Building C-Dast II consists of 8 stories, on the 3rd floor there is a column in the middle of laboratory room so that the use of space is less than optimal. This redesign plan eliminates the column, so span beam becomes longer. In the that long-span, the prestressed concrete is one right method to be used.

The redesign process begins with the data collection such as shop-drawing and loading. Second step prestressed concrete calculation which refers to the SNI 2847-2013 Regulation (Standard Regulation of Structural Concrete for building). Third step is drawing detail from the result of design.

Based on the calculation, obtained beam section dimension is 65/100. The tendons that required as many as two pieces of tendon which consist of 19 strands for each tendon. Tensile reinforcement requirement is 10-D22 and stress reinforcement is 4-D22 while torsion reinforcement required D19-100. At the support area of prestressed beam is used shear reinforcement 4-D10 with a distance of 50 mm. The deflection is 4,84 mm upwards.

## PRAKATA

*Alhamdulillah*, Puji syukur kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Perencanaan Balok Gedung C-Dast II Universitas Jember dengan Metode Beton Prategang”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program studi strata satu (S1) Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Selama penyusunan skripsi ini penulis mendapat bantuan dari berbagai pihak, untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Dr. Ir. Entin Hidayah, M.UM., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember;
2. Dwi Nurtanto, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Utama;
3. Winda Tri Wahyuningtyas, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Anggota;
4. Januar Fery Irawan, S.T., M.Eng., selaku Dosen Penguji Utama;
5. Gati Annisa Hayu, S.T., M.T., M.Sc., selaku Dosen Penguji Anggota;
6. Sri Sukmawati, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Akademik;
7. Kedua orang tua-ku dan saudaraku yang telah memberikan dukungan moril dan materiil selama penyusunan skripsi ini;
8. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Segala kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis maupun pembaca sekalian.

Jember, 27 Mei 2016

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL .....	i
HALAMAN JUDUL .....	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	iii
HALAMAN MOTO .....	iv
HALAMAN PERNYATAAN .....	v
HALAMAN PEMBIMBINGAN .....	vi
HALAMAN PENGESAHAN .....	vii
RINGKASAN .....	viii
SUMMARY .....	ix
PRAKATA .....	x
DAFTAR ISI .....	xi
DAFTAR TABEL .....	xiv
DAFTAR GAMBAR .....	xv
DAFTAR LAMPIRAN .....	xvi
<b>BAB 1. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Latar Belakang.....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 Rumusan Masalah.....</b>	<b>2</b>
<b>1.3 Tujuan Penelitian .....</b>	<b>2</b>
<b>1.4 Batasan Masalah .....</b>	<b>2</b>
<b>1.5 Manfaat Penelitian .....</b>	<b>2</b>
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>3</b>
<b>2.1 Pengertian Beton Prategang .....</b>	<b>3</b>
<b>2.2 Prinsip Beton Prategang .....</b>	<b>3</b>
<b>2.3 Konsep Beton Prategang .....</b>	<b>3</b>
<b>2.4 Material Beton Prategang .....</b>	<b>4</b>

2.5	Keunggulan Beton Prategang.....	7
2.6	Tahap-Tahap Pembebanan .....	7
2.7	Sistem Pratarik dan Pengangkuran Ujung.....	8
2.8	Analisis Prategang dan Tegangan Lentur.....	9
2.9	Kehilangan Gaya Prategang.....	11
2.10	Pentingnya Kontrol Terhadap Lendutan.....	18
2.11	Kriteria Desain Keadaan Batas untuk Batang Beton Prategang.....	21
2.12	Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) .....	23
<b>BAB 3.</b>	<b>METODOLOGI .....</b>	<b>25</b>
3.1	Lokasi Kajian .....	25
3.2	Waktu Kajian .....	25
3.3	Metodologi .....	25
3.4	Diagram Alur Perencanaan .....	26
3.5	Pengumpulan Data dan Studi Literatur .....	29
3.6	Perhitungan Beton Bertulang .....	29
3.7	Perhitungan Beton Prategang .....	29
<b>BAB 4.</b>	<b>PERHITUNGAN DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>33</b>
4.1	Preliminary Desain Beton Bertulang .....	33
4.1.1	Dimensi Balok .....	33
4.1.2	Dimensi Kolom .....	34
4.2	Pembebanan .....	35
4.2.1	Beban Mati (DL) .....	35
4.2.2	Beban Hidup (LL) .....	35
4.2.3	Beban Angin .....	35
4.2.4	Beban Gempa .....	36
4.3	Hasil Desain Beton Bertulang.....	39
4.4	Cek Validasi Perhitungan SAP2000 .....	40

4.4.1 Hasil Analisa Pemodelan SAP2000 Aksial Terbesar.....	40
4.4.2 Cek Validasi Aksial.....	40
<b>4.5 Analisa Penampang Beton Prategang .....</b>	<b>41</b>
<b>4.6 Tegangan Awal Balok Prategang .....</b>	<b>43</b>
<b>4.7 Menghitung Jumlah Tendon .....</b>	<b>45</b>
<b>4.8 Kehilangan Prategang .....</b>	<b>45</b>
4.8.1 Kehilangan Prategang Jangka Pendek .....	45
4.8.2 Kehilangan Prategang Jangka Panjang .....	47
4.8.3 Cek Kehilangan Prategang Total .....	49
<b>4.9 Tata Letak Kabel .....</b>	<b>49</b>
<b>4.10 Cek Tegangan .....</b>	<b>53</b>
<b>4.11 Desain Tulangan Geser .....</b>	<b>55</b>
<b>4.12 Perhitungan Momen Batas .....</b>	<b>55</b>
4.12.1 Momen Batas .....	55
4.12.2 Momen Retak .....	58
<b>4.13 Desain Tulangan Torsi .....</b>	<b>59</b>
<b>4.14 Lendutan .....</b>	<b>61</b>
<b>4.15 Perhitungan Konsol Pendek .....</b>	<b>64</b>
<b>4.16 Perhitungan Gaya pada Joint.....</b>	<b>67</b>
4.16.1 Penulangan Geser Horisontal .....	68
4.16.2 Penulangan Geser Vertikal .....	70
<b>4.17 Perhitungan Shear Connector .....</b>	<b>70</b>
<b>4.18 Angkur Ujung .....</b>	<b>72</b>
<b>4.19 Metode Pelaksanaan.....</b>	<b>73</b>
<b>BAB 5. PENUTUP .....</b>	<b>76</b>
5.1 Kesimpulan .....	76
5.2 Saran .....	76
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>77</b>
<b>LAMPIRAN</b>	

**DAFTAR TABEL**

	Halaman
2.1 Spesifikasi Strand 7 Kawat Tanpa Pelapisan Derajat 1720 MPa .....	5
2.2 Spesifikasi Strand 7 Kawat Tanpa Pelapisan Derajat 1860 MPa .....	6
2.3 Jenis-Jenis Kehilangan Prategang .....	12
2.4 Nilai Ksh untuk komponen struktur pasca-tarik .....	14
2.5 Nilai Kre dan J .....	15
2.6 Nilai C .....	16
2.7 Nilai Persentase Kehilangan Tegangan .....	17
2.8 Lendutan Maksimum yang Diijinkan .....	21
2.9 Koefisien untuk Rumus Lebar Retakan (Komite Beton Eropa) .....	23
4.1 Dimensi Balok .....	33
4.2 Dimensi Kolom .....	34
4.3 Perhitungan Data Respons Spektrum .....	37
4.4 Hasil Analisa SAP2000 Nilai Aksial Terbesar .....	40
4.5 Rekapitulasi Perhitungan Daerah Aman Tendon .....	51
4.6 Perhitungan e Tendon (Jarak Titik Berat Penampang Terhadap Titik Berat Tendon) .....	52
4.7 Rekapitulasi Perhitungan Cek Tegangan .....	54
4.8 Data Balok Kiri dan Balok Kanan .....	67
4.9 Rekapitulasi Perhitungan Jarak Shear Connector .....	72

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Bentuk Tendon Tipikal .....	6
2.2 Pemasangan <i>Chuck</i> untuk Penjepitan Strand Pratarik .....	8
2.3 Distribusi Tegangan Sepanjang Penampang Beton Prategang Konsentris .....	10
2.4 Distribusi Tegangan Sepanjang Penampang Beton Prategang Eksentris .....	11
3.1 Flowchart Perencanaan Balok Prategang .....	28
4.1 Denah Rencana Pembalokan .....	34
4.2 Hasil Perhitungan Desain Respons Spektrum dari Web .....	36
4.3 Hasil Perhitungan Manual Desain Respons Spektrum .....	38
4.4 Hasil Cek Kapasitas Komponen Struktur .....	39
4.5 Letak Beton Prategang pada Denah .....	42
4.6 Penampang Balok Prategang .....	43
4.7 Daerah Batas Penempatan Tendon di Tumpuan .....	50
4.8 Daerah Aman Tendon .....	51
4.9 Tata Letak Tendon .....	53
4.10 Diagram Tegangan saat Transfer .....	53
4.11 Diagram Tegangan saat <i>Service</i> .....	54
4.12 Balok Konsol Pendek .....	67
4.13 Beton dicor di Sekeliling Selongsong .....	74
4.14 Gaya Prategang ditransfer .....	74
4.15 Tendon diangkur dan digrouting .....	74
4.16 Perletakan Balok Prategang pada Konsol Pendek .....	75

**DAFTAR LAMPIRAN**

- A. Gambar Denah Pembalokan
- B. Gambar Detail Pembalokan
- C. Gambar Rencana Balok Prategang
- D. Gambar Detail Layout Tendon
- E. Gambar Detail Penulangan Angkur Ujung
- F. Gambar Detail Sambungan Balok Kolom
- G. Gambar Rencana Sambungan Balok Plat
- H. Gambar Detail *Shear Connector*



## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Dalam pembangunan gedung-gedung bertingkat saat ini, manusia membutuhkan ruang-ruang yang luas dan bebas dari kolom. Karena dengan tidak adanya kolom yang berdiri di tengah ruang, maka manusia bisa menggunakan fungsi ruang yang ada secara optimal. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut maka penggunaan beton sebagai bahan struktur balok dituntut untuk mempunyai bentang yang panjang dan luas penampang yang besar. Sedangkan menurut Nawy (2001:11) apabila balok beton bertulang dalam bentang yang panjang, maka beban mati balok tersebut menjadi sangat berlebihan yang menghasilkan komponen struktur yang lebih berat dan akibatnya retak dan defleksi jangka panjang akan lebih besar.

Menurut Raju (1991:5) dalam bentang yang panjang, beton prategang umumnya lebih ekonomis bila dibandingkan dengan konstruksi beton bertulang dan baja. Maka dari itu pemberian prategang pada suatu balok bentang panjang merupakan solusi yang layak untuk permasalahan diatas. Beton prategang adalah beton bertulang yang telah diberikan tegangan tekan dalam untuk mengurangi tegangan tarik potensial dalam beton akibat beban kerja..

Gedung C-Dast II Universitas Jember dibangun sebanyak 8 lantai dan memiliki bentang antar kolom 8 meter. Setiap grid kolom memiliki ruang dengan masing-masing fungsinya. Namun ada beberapa ruang yang menggabungkan 2 grid kolom menjadi kesatuan fungsi ruang. Sehingga pada ruang tersebut terdapat kolom yang berdiri di tengah. Dengan begitu fungsi ruang yang ada akan kurang maksimal dan akan lebih baik apabila kolom yang berada di tengah ruang tersebut dihilangkan.

Dalam tugas akhir ini, perencanaan prategang dilakukan hanya pada balok dari beberapa ruang yang memiliki kasus yang telah dijelaskan sebelumnya, yaitu pada balok lantai 3 sebagai ruang Lab. Komputer dan Tele Conference. Dalam

perencanaannya digunakan beberapa peraturan SNI agar sesuai dengan standar yang berlaku.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, maka dapat dirumuskan:

1. Bagaimana perencanaan balok prategang pada gedung C-Dast II ?

## 1.3 Tujuan

Tujuan perencanaan ini adalah untuk perencanaan ulang pada balok bentang panjang dengan menggunakan metode beton prategang.

## 1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dari perencanaan beton prategang ini adalah sebagai berikut:

1. Perencanaan ulang hanya pada balok yang diberi prategang.
2. Tinjauan hanya mencakup struktur atas, tanpa kontrol terhadap bangunan bawah (fondasi bangunan).
3. Perencanaan tidak mencakup struktur sekunder (*shear wall*, pit lift, tangga).
4. Perencanaan gedung ini tidak menghitung analisa harga satuan dan rencana anggaran biaya (RAB).
5. Hanya mengacu peraturan SNI yang sudah disebutkan di BAB 3.

## 1.5 Manfaat

Manfaat yang diperoleh dari perencanaan beton prategang pada gedung C-Dast II ini adalah sebagai berikut:

1. Menambah ilmu pengetahuan teknik sipil khususnya dalam ilmu struktur beton prategang.
2. Dapat digunakan sebagai referensi perhitungan beton prategang.

## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Pengertian Beton Prategang

Pengertian beton prategang menurut beberapa peraturan adalah sebagai berikut:

a. Menurut ACI

Beton prategang adalah beton yang mengalami tegangan internal dengan besar dan distribusi sedemikian rupa sehingga dapat mengimbangi sampai batas tertentu tegangan yang terjadi akibat beban eksternal.

b. Menurut SNI 7833-2012

Beton prategang adalah beton bertulang yang telah diberikan tegangan tekan dalam untuk mengurangi tegangan tarik potensial dalam beton akibat beban.

### 2.2 Prinsip Beton Prategang

Untuk memberikan gaya konsentris pada beton prategang bisa dilakukan dengan dua cara yaitu dengan pengertian menurut SNI 7833-1012 :

- a. *Pre-tensioned Prestressed Concrete* (pratarik), ialah metode pemberian prategang dengan menarik baja prategang sebelum beton dicor.
- b. *Post-tensioned Prestressed Concrete* (pasca tarik), adalah metode pemberian prategang dimana baja prategang ditarik sesudah beton mengeras.

### 2.3 Konsep Beton Prategang

Menurut Lin dan Burns (1996:11), ada tiga konsep yang berbeda-beda yang dapat dipakai untuk menjelaskan dan menganalisis sifat-sifat dasar dari beton prategang.

a. Sistem Prategang untuk Mengubah Beton Menjadi Bahan yang Elastis.

Konsep ini menganggap beton sebagai bahan yang elastis dengan cara mentransformasikan beton prategang yang dasarnya merupakan bahan getas menjadi bahan yang elastis dengan memberikan tekanan terlebih dahulu pada

bahan tersebut, sehingga beton tersebut mampu menahan gaya tarik yang terjadi. Dari konsep ini lahirlah kriteria “tidak ada tegangan tarik” pada beton. Umumnya telah diketahui bahwa jika tidak ada tegangan tarik pada beton, berarti tidak akan terjadi retak, dan beton tidak merupakan bahan yang getas lagi melainkan berubah menjadi bahan yang elastis.

b. Sistem Prategang untuk Kombinasi Baja Mutu Tinggi dengan Beton.

Konsep ini mempertimbangkan kombinasi antara baja dan beton pada beton prategang. Seperti pada beton bertulang, di mana baja menahan tarikan dan beton menahan tekanan, dengan demikian kedua bahan mampu melawan momen eksternal yang terjadi.

Pada beton prategang, baja mutu tinggi dipakai dengan cara menariknya sebelum di berikan beban eksternal. Jika baja mutu tinggi hanya ditanamkan pada beton seperti pada beton bertulang biasa, beton akan mengalami retak sebelum seluruh kekuatan baja digunakan. Oleh karena itu, baja perlu ditarik sebelumnya (pratarik) terhadap beton.

c. Sistem Prategang untuk Mencapai Perimbangan Beton.

Pada desain struktur beton prategang, pengaruh dari prategang dipandang sebagai keseimbangan berat sendiri sehingga batang yang mengalami lenturan seperti pelat, balok, gelagar (girder) tidak akan mengalami tegangan lentur pada kondisi pembebanan yang terjadi. Ini memungkinkan transformasi dari batang lentur menjadi batang yang mengalami tegangan langsung dan sangat menyederhanakan persoalan baik di dalam desain maupun analisis dari struktur yang rumit.

## 2.4 Material Beton Prategang

a. Beton

Untuk beton pratekan diperlukan mutu beton yang tinggi (min K-300) karena mempunyai sifat penyusutan dan rangkai yang rendah mempunyai modulus elastisitas dan modulus tekan yang tinggi serta dapat menerima tegangan yang

lebih besar dibandingkan beton mutu rendah,. Sifat-sifat ini sangat penting untuk menghindarkan kehilangan tegangan yang cukup besar akibat sifat-sifat beton tersebut.

b. Baja Prategang

Baja mutu tinggi merupakan bahan yang umum dipakai pada struktur beton prategang. Baja untuk beton prategang terdiri dari:

- Kawat baja

Kawat baja disediakan dalam bentuk gulungan, kawat dipotong dengan panjang tertentu dan dipasang di pabrik atau lapangan. Baja harus bebas dari lemak untuk menjamin rekatan antara beton dengan baja prategang.

- Untaian kawat (*strand*)

Kekuatan batas *strand* ada 2 jenis yaitu 1720 MPa dan 1860 MPa, yang lazim dipakai adalah strand dengan 7 kawat.

**Tabel 2.1** Spesifikasi *Strand* 7 Kawat Tanpa Pelapisan

Derajat 1720 MPa

Ø Nominal (mm)	Luas Nominal mm <sup>2</sup>	Kuat Putus (kN)	Beban Minimum pada Pemuaian 1% kN
6,35	23,22	40	34,0
7,94	37,42	64,5	54,7
9,53	51,61	89	75,6
11,11	69,68	120,1	102,3
12,70	92,9	160,1	136,2
15,24	139,35	240,2	204,2

Sumber : *ASTM A-416*

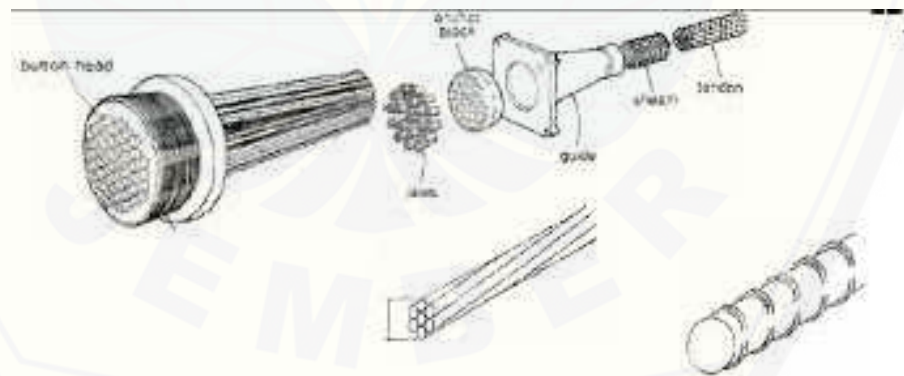
**Tabel 2.2** Spesifikasi *Strand 7* Kawat Tanpa Pelapisan  
Derajat 1860 MPa

Ø Nominal (mm)	Luas Nominal (mm <sup>2</sup> )	Kekuatan Putus (kN)	Beban Minimum pada Pemuaian 1% (kN)
9,53	54,84	102,03	87,0
11,11	74,19	137,9	117,2
12,70	98,71	183,7	156,1
15,24	140,00	260,7	221,5

Sumber : *ASTM A-416*

- Batang Baja

Batang baja yang digunakan untuk beton prategang disyaratkan pada ASTM A 322, kekuatan batas minimum adalah 1000 MPa. Modulus elastisitas  $1,72 \cdot 10^5 - 1,93 \cdot 10^5$  MPa. Batang baja mutu tinggi tersedia pada panjang sekitar 24 m. Batang-batang baja tersedia sampai Ø 34,9 mm.



**Gambar 2.1** Bentuk Tendon Tipikal

## 2.5 Keunggulan Beton Prategang

Menurut Raju (1991:5) beton prategang memiliki keuntungan sebagai berikut:

- Batang beton prategang memiliki perlawanan yang meningkat terhadap gaya geser, disebabkan oleh pengaruh prategang tekan, yang mengurangi tegangan tarik utama.
- Suatu batang lentur beton prategang lebih kaku daripada suatu batang beton bertulang dengan tebal yang sama.
- Pemakaian beton dan baja berkekuatan tinggi pada batang prategang menghasilkan batang-batang yang lebih ringan dan lebih langsing daripada yang dimungkinkan.
- Penghematan pada beton prategang dapat dicapai dengan sempurna pada struktur dengan bentang yang panjang.

## 2.6 Tahap-tahap Pembebanan

Menurut Lin dan Burns (1996:24), untuk struktur yang dicor setempat, beton prategang harus didesain paling sedikit butuh dua tahap, tahap awal pada saat pemberian gaya prategang dan tahap akhir pada saat dibebani beban eksternal. Untuk beton pracetak, tahap ketiga yaitu pengangkatan dan pengangkutan harus diteliti.

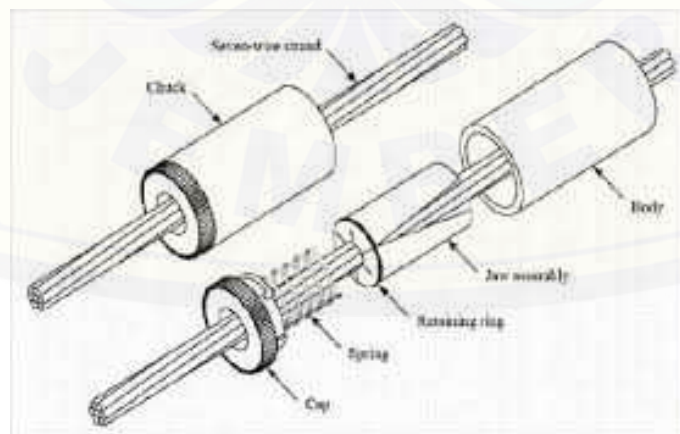
- a. Tahap Awal. Batang atau struktur diberi gaya prategang tetapi tidak dibebani oleh beban eksternal. Pada saat ini biasanya yang bekerja hanya beban mati struktur, yaitu berat sendiri struktur ditambah beban pekerja dan alat.
- b. Tahap Antara. Ini adalah tahapan selama pengangkutan dan pengangkatan. Hal ini terjadi hanya pada komponen-komponen struktur pracetak bila diangkut ke lapangan dan dipasang pada tempatnya.
- c. Tahap Akhir. Ini adalah tahapan bila beban kerja yang sesungguhnya bekerja pada struktur sesuai yang diizinkan.

## 2.7 Sistem Pratarik dan Pengangkuran Ujung

Cara yang sederhana untuk menegangkan komponen struktur pratarik adalah dengan menarik kabel-kabel di antara dua dinding penahan (*bulkhead*) dan diangkurkan pada ujung-ujung pelataran kerja. Setelah beton mengeras, kabel-kabel dipotong dan dilepas dari dinding penahan dan gaya prategang dialihkan ke beton.

Alat yang digunakan untuk menjepit kawat-kawat pratarik ke dinding penahan biasanya dibuat atas dasar prinsip baji dan gesekan. Karena kabel atau *strand* ditahan dalam keadaan tertarik hanya untuk waktu yang singkat, maka penggunaan jepitan yang mudah dilepas sangat ekonomis.

Ketergantungan pada rekatan untuk memindahkan gaya prategang antara kabel dan beton mengakibatkan dibutuhkannya kawat yang kecil untuk menjamin pengangkuran yang baik. Kabel-kabel yang lebih besar dari 3,18 mm hanya digunakan jika kabel dibuat bergelombang di seluruh panjangnya atau jika kawat berulir. Pada setiap keadaan, panjang peralihan tertentu dibutuhkan untuk mengembangkan rekatan. Bila panjang peralihan tidak cukup, rekatan dapat lepas dan kabel akan bergeser. Tambahan pengangkuran ujung secara mekanis pada kabel pratarik dapat mencegah terjadinya slip pada ujung, meskipun pengalaman dengan untaian tujuh kawat sampai diameter 15,2 mm telah menunjukkan bahwa angkur-angkur ujung tidak perlu untuk komponen struktur pratarik tipikal.



**Gambar 2.2** Pemasangan *Chuck* untuk Penjepitan *Strand* Pratarik



## 2.8 Analisis Prategang dan Tegangan Lentur

Tegangan yang disebabkan oleh prategang saja umumnya merupakan tegangan kombinasi yang disebabkan oleh aksi beban langsung dan lenturan yang dihasilkan oleh beban yang ditempatkan secara eksentris.

Notasi-notasi berikut yang dipakai untuk analisis prategang:

$F$  = gaya prategang (positif apabila menghasilkan tekanan langsung)

$e$  = eksentrisitas gaya prategang

$M$  = momen =  $F \cdot e$

$A$  = luas potongan melintang batang beton

$I$  = momen inersia potongan terhadap titik beratnya (momen inersia)

$Z_t$  dan  $Z_b$  = momen penampang serat paling atas dan paling bawah

$f_{atas}$  dan  $f_{bawah}$  = prategang pada beton yang ditimbulkan pada serat paling atas dan serat paling bawah (positif apabila tekan dan negatif apabila tarik)

$y_t$  dan  $y_b$  = jarak antara serat paling atas dan serat paling bawah terhadap titik berat penampang

$i$  = jari-jari girasi

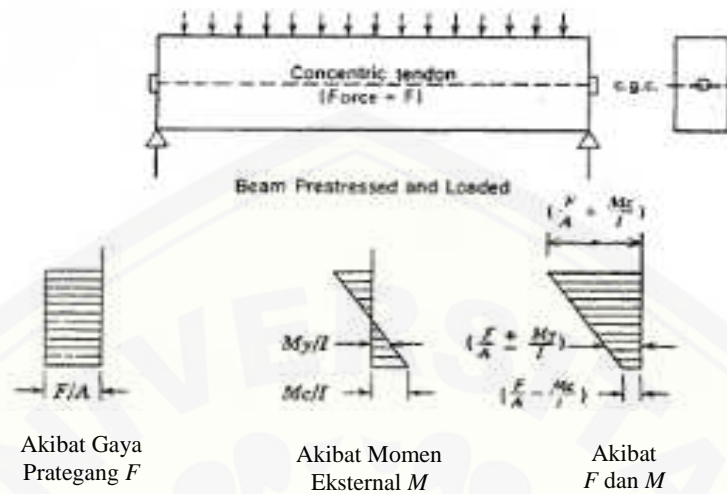
### 2.8.1 Tendon Konsentris

Sebuah balok persegi panjang yang diberi gaya prategang oleh sebuah tendon melalui sumbu yang melalui titik berat (Gambar 2.3) dan dibebani oleh gaya eksternal. Gaya tarik prategang  $F$  pada tendon menghasilkan gaya tekan  $F$  yang sama pada beton yang juga bekerja pada titik berat tendon. Pada keadaan ini gaya berada pada titik berat penampang beton. Akibat gaya prategang  $F$ , tegangan tekan merata sebesar

$f = \frac{F}{A}$  akan timbul pada penampang seluas  $A$ . Jika  $M$  adalah momen eksternal pada

penampang akibat beban dan berat sendiri balok, maka tegangan pada setiap titik

sepanjang penampang akibat  $M$  adalah  $f = \frac{My}{I}$



**Gambar 2.3** Distribusi Tegangan Sepanjang Penampang Beton Prategang Konsentris

di mana  $y$  adalah jarak dari sumbu yang melalui titik berat dan  $I$  adalah momen inersia penampang. Jadi distribusi tegangan yang dihasilkan adalah

$$f = \frac{F}{A} \pm \frac{My}{I} \dots\dots\dots (1)$$

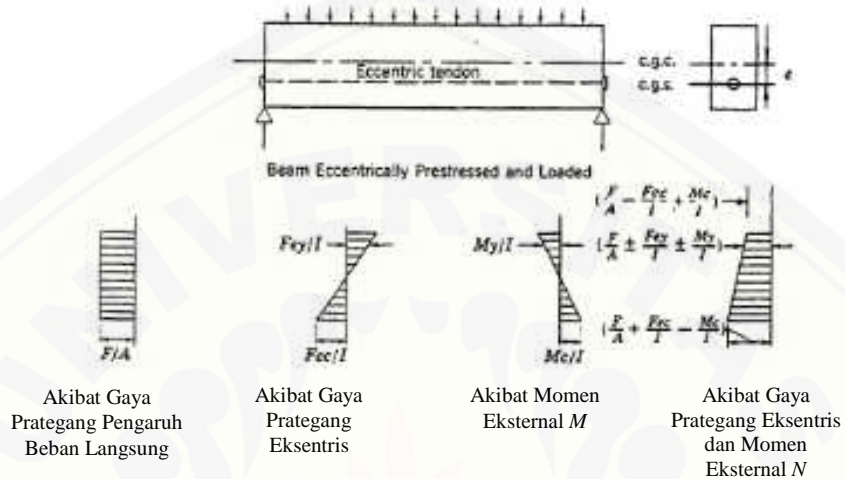
**2.8.2 Tendon Eksentris**

Pada kasus lain akan sedikit lebih rumit bila tendon ditempatkan secara eksentrisitas terhadap titik berat penampang beton. Di sini resultan gaya tekan  $F$  pada beton bekerja pada titik berat tendon yang berjarak  $e$  dari c.g.s seperti terlihat pada Gambar 2.4. Akibat gaya prategang yang egosentris, beton dibebani oleh momen dan beban langsung. Jika momen yang dihasilkan beton prategang adalah  $Fe$ , dan tegangan-tegangan akibat momen ini adalah

$$f = \frac{Fey}{I} \dots\dots\dots (2)$$

Maka, distribusi tegangan yang dihasilkan adalah

$$f = \frac{F}{A} \pm \frac{Fey}{I} \pm \frac{My}{I} \dots\dots\dots (3)$$



**Gambar 2.4** Distribusi Tegangan Sepanjang Penampang Beton Prategang Eksentris

### 2.9 Kehilangan Gaya Prategang

Analisis keseluruhan dan rancangan dari komponen struktur beton prategang akan menyertakan pertimbangan gaya-gaya efektif dari tendon prategang pada setiap tahap pembebanan yang berarti, bersama-sama dengan sifat bahan yang berlaku pada saat berfungsinya struktur itu. Tahapan yang biasa diperiksa untuk mengetahui tegangan dan perilaku adalah sebagai berikut:

- a. Segera setelah peralihan gaya prategang ke penampang beton, tegangan-tegangan di evaluasi sebagai tolak ukur perilaku. Pengecekan ini termasuk gaya terbesar pada tendon yang bekerja pada beton yang mungkin jauh di bawah kekuatannya pada umur 28 hari,  $f'c$ . Peraturan ACI menunjuk kekuatan beton sebagai  $f'ci$  pada tahap permulaan ini dan memberikan batas tegangan izin dan tegangan pada beton.

- b. Pada beban kerja setelah semua kehilangan gaya prategang terjadi dan tingkatan prategang efektif jangka panjang telah tercapai, tegangan-tegangan dicek lagi sebagai tolak ukur perilaku dan kadang-kadang juga sebagai tolak ukur kekuatan. Tegangan efektif pada baja,  $f_{se}$ , setelah terjadi kehilangan gaya, diasumsikan untuk tendon, sementara komponen struktur memikul beban hidup dan beban mati. Juga kekuatan beton kemudian dianggap bertambah menjadi  $f'_c$ .

Adapun jenis kehilangan prategang yang dijumpai dalam sistem pratarik dan pascatarik dirangkum pada Tabel 2.3

**Tabel 2.3** Jenis-Jenis Kehilangan Prategang

Pratarik	Pascatarik
Deformasi elastis beton	Tidak ada kehilangan akibat deformasi elastis kalau semua kawat ditarik secara bersamaan. Kalau kawat-kawat ditarik secara berurutan, akan terdapat kehilangan prategang akibat deformasi elastis beton
Relaksasi tegangan pada baja	Relaksasi tegangan pada baja
Penyusutan beton	Penyusutan beton
Rangkak beton	Rangkak beton
	Gesekan
	Tergelincirnya ankur

Sumber : *Buku Beton Prategang (Krishna Raju)*

### 2.9.1 Perpendekan Elastis Beton

Bagian ini dimulai dengan pertimbangan kehilangan gaya prategang akibat masing-masing sumber. Pertama-tama ditinjau beton pratarik. Pada saat gaya prategang dialihkan ke beton, Komponen struktur akan memendek dan baja prategang

turut memendek bersamanya. Jadi ada kehilangan gaya prategang pada baja. Pertama-tama tinjau hanya perpendekan beton searah sumbu yang diakibatkan oleh prategang, kita mendapat

$$\text{Perpendekan satuan} = \frac{f_c}{E_c} \dots\dots\dots (4)$$

$$= \frac{f_0}{A_c E_c} \dots\dots\dots (5)$$

dimana,  $F_0$  adalah gaya prategang total segera setelah peralihan, yaitu setelah terjadi perpendekan. Kehilangan gaya prategang pada baja adalah

$$ES = f_s = E_s = \frac{E_s F_0}{A_c E_c} = \frac{n F_0}{A_c} \dots\dots\dots (6)$$

Nilai  $F_0$ , gaya prategang setelah peralihan, tidak dapat diketahui dengan tepat. Ketepatan tidak perlu dalam nilai  $F_0$ , karena kehilangan akibat perpendekan ini hanya beberapa persen saja dari total gaya prategang, jadi kesalahan dari beberapa persen dalam perkiraan praktis tidak berarti.

**2.9.2 Kehilangan Gaya Prategang Akibat Rangkak Beton**

Sifat beton untuk mengalami tambahan regangan akibat beban tetap (mati) menunjukkan variasi perbandingan rangkak terhadap waktu. Banyak faktor yang mempengaruhi perbandingan rangkak. Metode umum PCI mempunyai cara memodifikasi untuk memasukkan ke dalam perhitungan hal-hal berikut ini: perbandingan volume terhadap permukaan, umur beton pada saat prategang, kelembaban relatif, dan jenis beton.

Rangkak dianggap terjadi dengan beban mati permanen yang ditambahkan pada komponen struktur setelah beton diberi gaya prategang. Bagian dari regangan tekan awal disebabkan pada beton segera setelah peralihangaya prategang dikurangi oleh regangan tarik yang dihasilkan dari beban mati permanen. Kehilangan gaya prategang akibat rangkak untuk komponen struktur dengan tendon terekat dihitung dari persamaan berikut:

$$CR = K_{cr} \frac{E_s F_0}{A_c E_c} (f_{cir} - f_{cds}) \dots\dots\dots (7)$$

Dimana  $K_{cr} = 2,0$  untuk komponen struktur pratarik

$K_{cr} = 1,6$  untuk komponen struktur pasca-tarik

$f_{cds}$  = tegangan beton pada titik berat tendon akibat seluruh beban mati yang bekerja pada komponen struktur setelah diberi gaya prategang

$E_s$  = modulus elastisitas tendon prategang

$E_c$  = modulus elastisitas beton umur 28 hari, yang bersesuaian dengan  $f'_c$

### 2.9.3 Kehilangan Gaya Prategang Akibat Susut Beton

Kehilangan gaya prategang akibat susut adalah hasil susut relatif,  $\epsilon_{sh}$ , dan modulus elastisitas dari baja prategang. Satu-satunya faktor lain yang terdapat pada persamaan kehilangan gaya prategang akibat susut, adalah koefisien  $K_{sh}$  yang menggambarkan fakta bahwa komponen struktur pasca-tarik akan lebih menguntungkan akibat susut yang terjadi sebelum penarikan sistem prategang.

$$SH = 8,2 \times 10^{-6} K_{sh} E_s (1 - 0,06 \frac{V}{S}) (100 - RH) \dots\dots\dots (8)$$

dimana,  $V/S$  = perbandingan volume terhadap permukaan

$RH$  = kelembaban relatif

**Tabel 2.4** Nilai  $K_{sh}$  untuk komponen struktur pasca-tarik

Jangka waktu setelah perawatan basa sampai pada penerapan prategang (hari)	1	3	5	7	10	20	30	60
$K_{sh}$	0,92	0,85	0,80	0,77	0,73	0,64	0,58	0,45

Sumber: *Buku Desain Struktur Beton Prategang (T.Y. Lins dan H. Burns)*

#### 2.9.4 Kehilangan Gaya Prategang Akibat Relaksasi Baja

Percobaan-percobaan pada baja prategang dengan perpanjangan yang konstan dan dijaga tetap pada suatu selang waktu memperlihatkan bahwa gaya prategang akan berkurang secara perlahan-lahan. Besarnya pengurangan tergantung pada lamanya waktu dan perbandingan  $f_{pi}/f_{py}$ . Kehilangan gaya prategang ini disebut relaksasi.

Peraturan PCI membatasi besarnya gaya prategang awal (segera setelah pengangkutan) sebesar  $f_{pi} = 0,7 f_{pu}$ . Makin besar tegangan tetap akan menghasilkan kehilangan tegangan akibat relaksasi yang makin besar pula. Ini adalah salah satu alasan untuk membatasi tegangan awal maksimum. Penggunaan untai kawat dengan relaksasi yang rendah akan sangat mengurangi kehilangan tegangan dan makin banyak dipakai secara meluas.

Sebenarnya balok prategang mengalami perubahan regangan baja yang konstan di dalam tendon bila terjadi rangkai yang tergantung pada waktu, dan kita harus memodifikasi perhitungan kehilangan tegangan akibat relaksasi,  $RE$ , untuk mencerminkan hal itu. Komisi ACI-ASCE menghasilkan persamaan sebagai berikut:

$$RE = [ K_{re} - J(SH + CR + ES) ] C \dots\dots\dots (9)$$

dimana  $K_{re}$ ,  $J$ , dan  $C$  adalah nilai-nilai yang diambil dari tabel 2.4 dan tabel 2.5

**Tabel 2.5** Nilai  $K_{re}$  dan  $J$

Tipe Tendon	$K_{re}$ (MPa)	$J$
Strand atau kawat stress-relieved derajat 1860 MPa	138	0,15
Strand atau kawat stress-relieved derajat 1720 MPa	128	0,14
Kawat stress-relieved derajat 1655 MPa atau 1620 MPa	121	0,13
Strand relaksasi rendah derajat 1860 MPa	35	0,040
Kawat relaksasi rendah derajat 1720 MPa	32	0,037
Kawat relaksasi rendah derajat 1655 MPa atau 1620 MPa	30	0,035
Batang stres-relieved derajat 1000 MPa atau 1100 MPa	41	0,05

Sumber: *Buku Desain Struktur Beton Prategang (T.Y. Lins dan H. Burns)*

**Tabel 2.6** Nilai C

$f_{pi}/f_{pu}$	Strand atau Kawat Stress Relieved	Batang Stress Relieved atau Strand atau Kawat Relaksasi Rendah
0,80		1,28
0,79		1,22
0,78		1,16
0,77		1,11
0,76		1,05
0,75	1,45	1,00
0,74	1,36	0,95
0,73	1,27	0,90
0,72	1,18	0,85
0,71	1,09	0,80
0,70	1,00	0,75
0,69	0,94	0,70
0,68	0,89	0,66
0,67	0,83	0,61
0,66	0,78	0,57
0,65	0,73	0,53
0,64	0,68	0,49
0,63	0,63	0,45
0,62	0,58	0,41
0,61	0,53	0,37
0,60	0,49	0,33

Sumber: *Buku Desain Struktur Beton Prategang (T.Y. Lins dan H. Burns)*



**2.9.5 Kehilangan Total yang Diizinkan Untuk Desain**

Kehilangan prategang tergantung dari beberapa faktor, seperti misalnya sifat-sifat beton dan baja, metode perawatan, tingkat prategang, serta metode pemberian prategang, adalah sulit untuk menyama-ratakan jumlah kehilangan prategang total yang pasti. Namun, nilai-nilai yang khas dari kehilangan tegangan total yang dapat dijumpai dalam kondisi-kondisi kerja normal sebagai yang dianjurkan oleh Lin di bawah ini.

**Tabel 2.7** Nilai Persentase Kehilangan Tegangan

Tipe Kehilangan	Presentase Kehilangan Tegangan	
	Pratarik	Pascatarik
Perpendekan elastis dan lenturan beton	3	1
Rangkak beton	6	5
Susut beton	7	6
Rangkak pada baja	2	3
Jumlah	18	15

Sumber: *Buku Desain Struktur Beton Prategang (T.Y. Lins dan H. Burns)*

Dalam rekomendasi ini dianggap telah dilakukan pemberian tegangan berlebihan secara sementara untuk mengurangi relaksasi, dan untuk mengimbangi kehilangan-kehilangan gesekan dan pangkur.

Kalau  $f_{pe}$  = tegangan efektif pada tendon setelah kehilangan

$f_{pi}$  = tegangan pada tendon saat transfer

= faktor reduksi untuk kehilangan prategang

$$= \frac{f_{pe}}{f_{pi}} \dots\dots\dots (10)$$

Nilai-nilai pada umumnya diambil sama dengan 0,85 untuk batang pratarik dan 0,80 untuk pascatarik.

### 2.10 Pentingnya kontrol terhadap lendutan

Falsafah desain yang disebut “pendekatan keadaan batas” (*limit state approach*), yang dipakai oleh peraturan-peraturan Rusia pada tahun 1945 dan Amerika serta Inggris pada tahun 1971, memerlukan pengetahuan yang tepat mengenai perilaku batang beton struktural pada keadaan batas berganda di mana lendutan merupakan suatu kriteria penting untuk keamanan struktur. Menurut berbagai peraturan nasional, umumnya batang beton struktur harus didesain agar mempunyai kekakuan yang cukup untuk membatasi lendutan yang dapat berpengaruh merugikan terhadap kekuatan atau kemampuan fungsi struktur pada beban kerja.

Kontrol terhadap lendutan yang sesuai sangat penting karena alasan-alasan berikut:

1. Pelendutan yang berlebihan pada batang struktural utama tidak mudah terlihat dan, pada waktunya, membuat lantai menjadi tidak sesuai untuk pemakaian yang direncanakan.
2. Lendutan yang besar akibat pengaruh dinamis dan akibat pengaruh beban yang berubah-ubah dapat mengurangi kenyamanan pemakaiannya.
3. Lendutan yang berlebihan cenderung menyebabkan kerusakan pada permukaan,sekat,dan struktur-struktur yang berkaitan.

Lendutan batang beton prategang dipengaruhi oleh faktor-faktor penting berikut ini:

1. Beban terpasang dan berat sendiri
2. Besarnya gaya prategang
3. Profil kabel
4. Momen inersia potongan melintang
5. Modulus elastisitas beton
6. Susut, rangkai, dan relaksasi tegangan baja
7. Bentangan batang yang bersangkutan
8. Kondisi penjepitan

Di dalam tahap pra-retakan, seluruh potongan melintang adalah efektif dan lendutan dalam tahap ini dihitung dengan memakai momen inersia dari penampang beton seluruhnya. Perhitungan lendutan jangka pendek atau lendutan seketika yang terjadi segera setelah transfer prategang dan pada pemberian beban mudah dilakukan dengan memakai teori Mohr.

Di dalam tahap setelah retakan, sebuah balok beton prategang berperilaku sama dengan sebuah balok beton bertulang dan perhitungan lendutan dalam tahap ini dilakukan dengan meninjau hubungan momen-kelengkungan yang menyangkut sifat-sifat penampang balok retak.

Di dalam kedua kasus, di atas pengaruh rangkai dan susut beton adalah untuk memperbesar lendutan jangka panjang akibat beban yang terus-menerus, yang diperhitungkan dengan metode-metode empiris yang mencakup pemakaian modulus elastisitas efektif (jangka panjang) atau dengan mengalikan lendutan jangka pendek dengan faktor yang sesuai.

**2.10.1 Meramalkan lendutan jangka panjang**

Deformasi batang prategang berubah menurut waktu akibat dari rangkai dan susut beton serta relaksasi tegangan pada baja. Lendutan batang prategang dapat dihitung relatif terhadap suatu datum yang ditentukan, kalau besar dan distribusi longitudinal kelengkungan untuk bentangan balok tersebut diketahui untuk saat yang berdasarkan atas riwayat pembebanan, yang meliputi gaya prategang dan beban hidup.

Batang beton prategang menimbulkan deformasi di bawah dua pengaruh yang biasanya bertentangan, yaitu prategang dan beton transversal. Kelengkungan netto  $\delta_t$  pada suatu penampang pada setiap tahap tertentu dapat diperoleh

$$\delta_t = \delta_{mt} + \delta_{pt} \dots\dots\dots (11)$$

di mana,

$\delta_{mt}$  = perubahan kelengkungan disebabkan oleh beban transversal

$\delta_{pt}$  = perubahan kelengkungan disebabkan oleh prategang

Di bawah aksi beban transversal yang terus-menerus, distribusi tegangan tekan pada beton berubah menurut waktu.

Namun, dalam hal-hal yang praktis, perubahan tegangan adalah kecil, sehingga dapat dianggap bahwa rangkai beton berlangsung dalam tegangan konstan. Regangan rangkai akibat beban transversal dihitung secara langsung sebagai fungsi dari koefisien rangkai sedemikian rupa sehingga perubahan kelengkungan dapat diperhitungkan dengan persamaan ,

$$m_t = (1 + \dots) i \dots \dots \dots (12)$$

di mana,

= koefisien rangkai, dan

$i$  = kelengkungan awal segera setelah pemasangan beban transversal.

Perubahan kelengkungan akibat prategang yang terus menerus ( $\epsilon_{pt}$ ) tergantung pada pengaruh-pengaruh kumulatif dari rangkai dan susut beton serta relaksasi tegangan pada pengaruh-pengaruh kumulatif dari rangkai dan unsur beton serta relaksasi tegangan pada baja. Beberapa metode telah diusulkan untuk mengevaluasi kelengkungan dengan anggapan-anggapan. Beberapa metode yang telah diusulkan untuk mengevaluasi kelengkungan dengan anggapan-anggapan yang disederhanakan.

Suatu prosedur yang lebih sederhana tetapi berdasarkan perkiraan telah dianjurkan oleh Lin untuk menghitung lendutan jangka panjang. Dalam metode ini, lendutan awal akibat prategang dan beban transversal telah dimodifikasi untuk memperhitungkan kehilangan prategang yang cenderung mengurangi lendutan, dan pengaruh rangkai yang cenderung menambah lendutan. Prinsip modulus tereduksi yang menyangkut koefisien rangkai dipakai untuk memperkuat lendutan awal. Sesuai dengan metode ini, lendutan jangka panjang akhir dinyatakan sebagai

$$f = [ i_l - i_p \times \frac{P_t}{P_l} ] (1 + \dots) \dots \dots \dots (13)$$

## 2.11 Kriteria Desain Keadaan Batas untuk Batang Beton Prategang

Falsafah desain keadaan batas mengakui perlunya memberikan struktur yang aman dan dapat berfungsi dengan harga ekonomis dan sekaligus memberikan suatu gagasan yang lebih jelas tentang batas-batas keamanan yang sesungguhnya dipakai untuk menutup ketiaktastian dan ketidaktahuan akan fungsi dan prestasi struktur dalam praktek sebenarnya.

### 2.11.1 Keadaan Batas Kemampuan

Keadaan batas kemampuan ialah keadaan batas yang sesuai dengan lendutan berlebihan dan retakan. Sudah menjadi kebiasaan hampir semua peraturan untuk memberikan keamanan terhadap lendutan yang berlebihan di bawah keadaan batas kemampuan, baik secara tak langsung dengan menentukan suatu perbandingan bentang/tinggi balok minimum maupun dengan menentukan suatu lendutan izin maksimum yang dinyatakan sebagai suatu fraksi dari bentangan.

**Tabel 2.8** Lendutan Maksimum yang Diijinkan

Jenis Komponen Struktur	Lendutan Terhitung	Batas Lendutan
Atap datar yang tidak menahan atau tidak disatukan dengan komponen non-struktural yang mungkin akan rusak oleh lendutan yang besar	Lendutan seketika akibat beban hidup (L)	$l / 180$
Lantai yang tidak menahan atau tidak disatukan dengan komponen non-struktural yang mungkin akan rusak oleh lendutan yang besar	Lendutan seketika akibat beban hidup (L)	$l / 360$
Konstruksi atap atau lantai yang menahan atau disatukan dengan komponen non-struktural yang mungkin akan rusak oleh lendutan yang besar	Bagian dari lendutan total yang terjadi setelah pemasangan komponen non-struktural (jumlah dari lendutan jangka panjang,	$l / 480$

**Tabel 2.8 Lanjutan**

Jenis Komponen Struktur	Lendutan Terhitung	Batas Lendutan
Konstruksi atap atau lantai yang menahan atau disatukan dengan komponen non-struktural yang mungkin tidak akan rusak oleh lendutan yang besar	akibat semua beban tetap yang bekerja, dan lendutan seketika, akibat penambahan beban hidup)	$l / 240$

Sumber: SNI 7833-2012

**2.11.2 Lebar Retakan pada Batang Prategang**

Lebar retakan yang timbul pada batang prategang tipe kelas 3 ditentukan oleh suatu kenaikan tegangan pada baja dari tahap dekompresi, persentase ruangan di daerah tarik, rekatan, dan kondisi pembebanan pada batang.

$$w_{maks} = ( f_s - \frac{\psi E_s}{\rho} ) 10^{-3} \dots\dots\dots (14)$$

dimana,  $w_{maks}$  = lebar retakan maksimum (mm)

$f_s$  = kenaikan tegangan pada baja ditinjau terhadap tegangan pada baja yang bersesuaian dengan dekompresi beton di sekelilingnya (N/mm<sup>2</sup>) = perbandingan baja seperti yang didefinisikan dalam Tabel 2.8, tetapi tidak kurang dari nilai minimum yang ditentukan.

$E_s$  = modulus elastisitas baja (N/mm<sup>2</sup>)  
 = konstanta yang berkaitan dengan kondisi rekatan dan kondisi pembebanan batang (Tabel 2.8)

**Tabel 2.9** Koefisien untuk Rumus Lebar Retakan  
(Komite Beton Eropa)

Tipe Batang	Perbandingan Baja	Minimum	$E_s$ (N/mm <sup>2</sup> )
Penampang persegi panjang dan penampang T pada lenturan sederhana	$\frac{A_s}{bw d}$	0,010	0,37
Penampang persegi panjang dan penampang T pada tekanan dan lenturan	$\frac{A_s}{bw (d - x)}$	0,016	0,60
Bantalan atau balok dengan flens bawah	$A_s / (\text{luas total atau luas flens bawah})$ $E_s = 0$	0,040	1,50

Sumber : *Buku Beton Prategang (Krishna Raju)*

### 2.12 Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM)

Sistem rangka pemikul momen menengah adalah sistem rangka ruang dalam dimana komponen-komponen struktur dan joint-jointnya menahan gaya yang bekerja melalui aksi lentur, geser dan aksial. Sistem ini biasanya digunakan pada wilayah gempu sedang, yaitu pada zona 3 dan zona 4.

Adapun syarat-syarat yang harus dipenuhi komponen struktur dengan sistem ini menurut SNI 03-2847-2013 adalah :

- Apabila beban aksial terfaktor pada struktur ( $A_g f'c / 10$ ) maka yang komponen balok harus memenuhi ketentuan berikut:

- i. Kuat lentur positif komponen struktur lentur pada muka kolom tidak boleh  $\frac{1}{3}$  kuat lentur negatifnya. Kuat lentur negatif/positif tidak boleh  $\frac{1}{5}$  kuat lentur yang terbesar yang disediakan pada kedua muka kolom di kedua ujung komponen struktur tersebut.
  - ii. Pada kedua ujung komponen struktur lentur tersebut harus dipasang sengkang sepanjang jarak  $2 \cdot h$  diukur dari perletakan ke arah tengah bentang. Sengkang pertama harus dipasang pada jarak  $50$  mm dari perletakan. Spasi maksimum tidak boleh melebihi :
    - $d/4$
    - $8 \times$  diameter tulangan longitudinal terkecil
    - $24 \times$  diameter sengkang
    - $300$  mm
  - iii. Sengkang harus dipasang disepanjang balok dengan jarak tidak melebihi  $d/2$
- b. Apabila beban aksial pada struktur  $(A_g f'_c / 10)$  maka yang komponen kolom harus memenuhi ketentuan berikut:
- i. Spasi maksimum sengkang ikat yang dipasang pada rentang  $10$  dari muka hubungan balok kolom ( $S_0$ ) tidak boleh melebihi:
    - $8 \times$  diameter tulangan longitudinal terkecil
    - $24 \times$  diameter sengkang
    - $500$  mmPanjang  $l_0$  tidak boleh lebih dari:
    - $1/6$  tinggi bersih kolom
    - Dimensi terbesar penampang kolom
  - ii. Sengkang ikat pertama harus dipasang pada jarak  $0,5 S_0$
  - iii. Spasi sengkang ikat pada seberang penampang kolom tidak boleh melebihi  $2 S_0$



## BAB 3. METODOLOGI

### 3.1 Lokasi Kajian

Lokasi kajian dalam tugas akhir ini adalah bangunan C-Dast II yang bertempat di Kecamatan Sumbersari Kabupaten Jember, tepatnya berada di area Universitas Jember.

### 3.2 Waktu Kajian

Pelaksanaan pembuatan tugas akhir ini dimulai dari bulan September 2015.

### 3.3 Metodologi

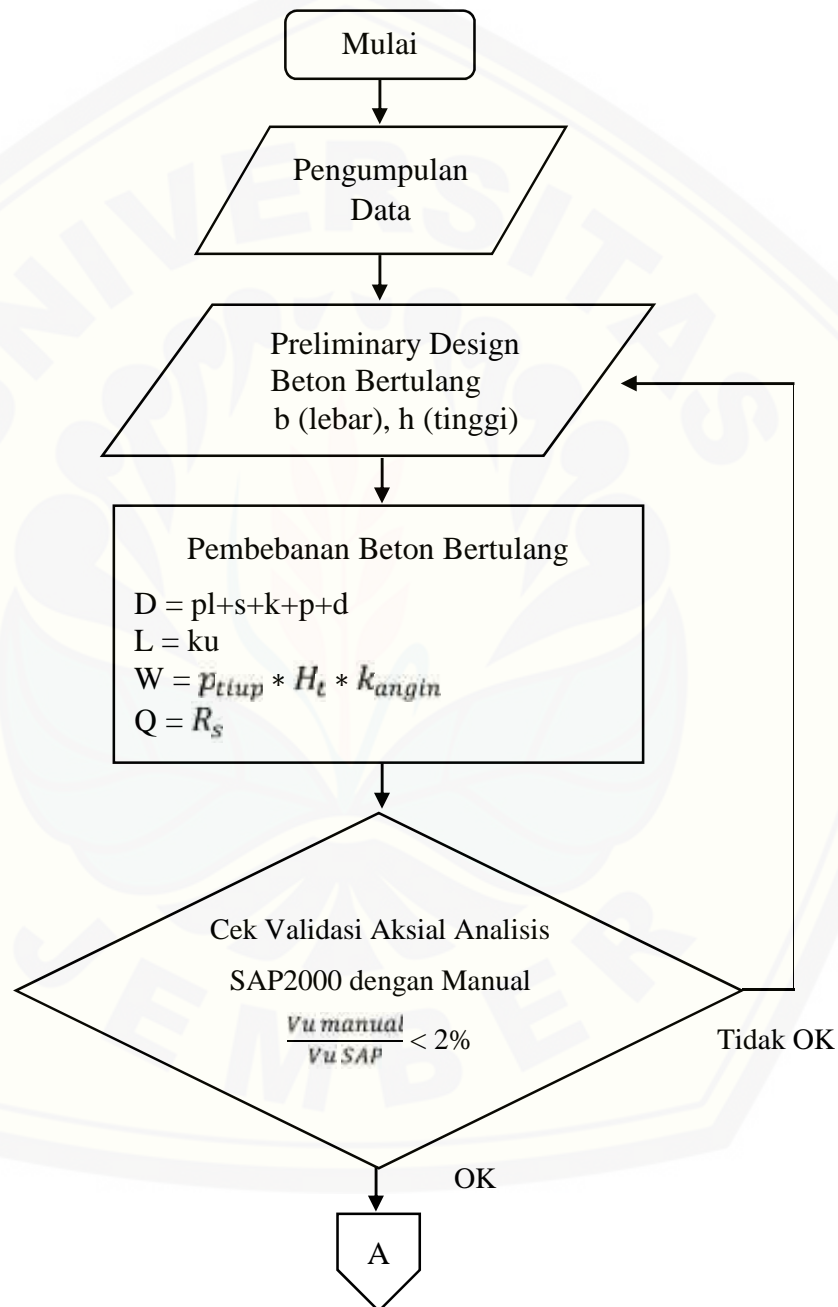
Perencanaan bangunan gedung C-Dast II Universitas Jember ini diawali dengan pengumpulan data-data, seperti denah tiap lantai, fungsi tiap ruang, tinggi lantai, dan lain-lain. Setelah data-data yang diperlukan lengkap, baru dilakukan perhitungan struktur.

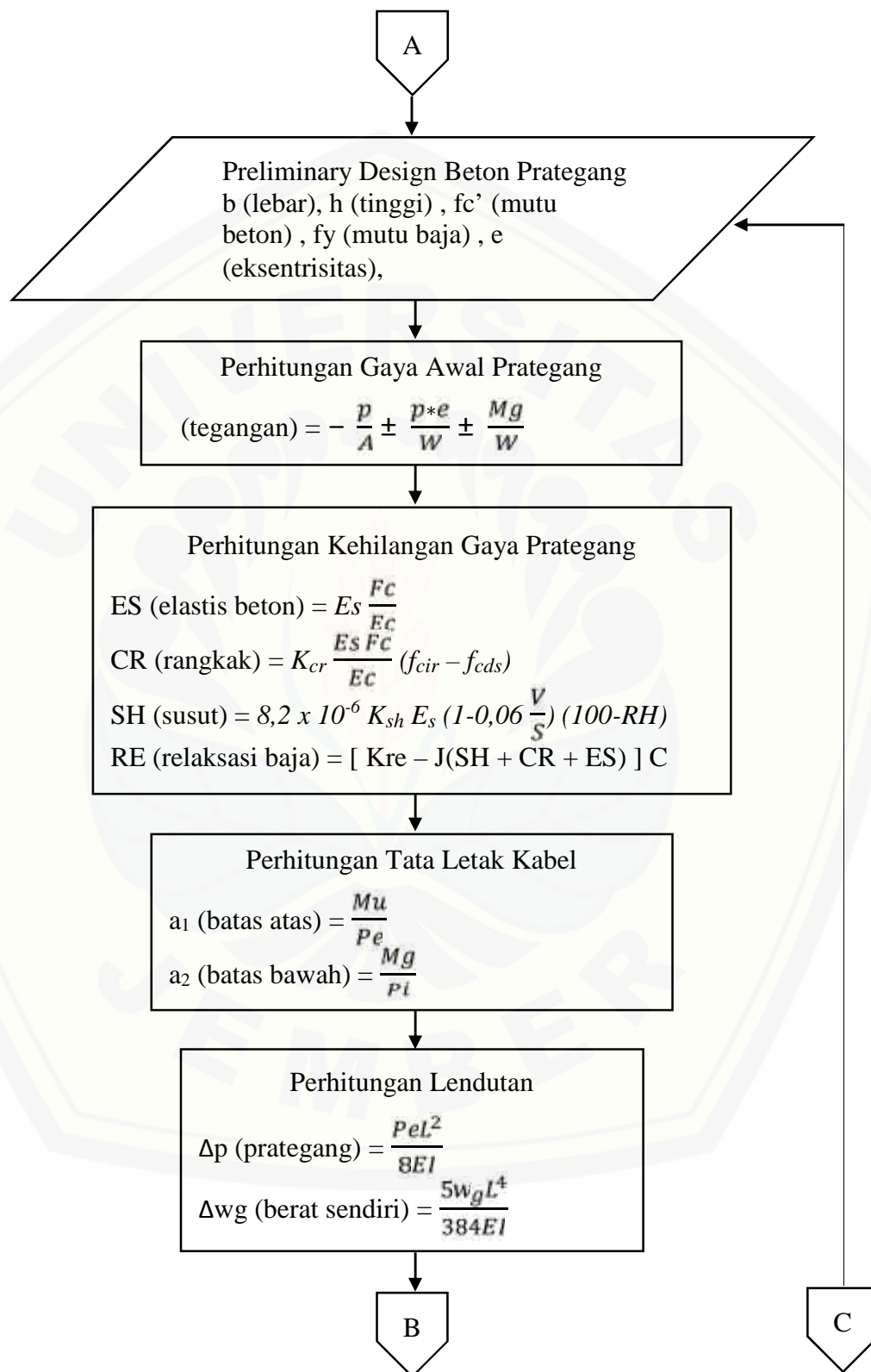
Langkah-langkah perhitungan struktur bangunan atas gedung C-Dast II Universitas Jember meliputi:

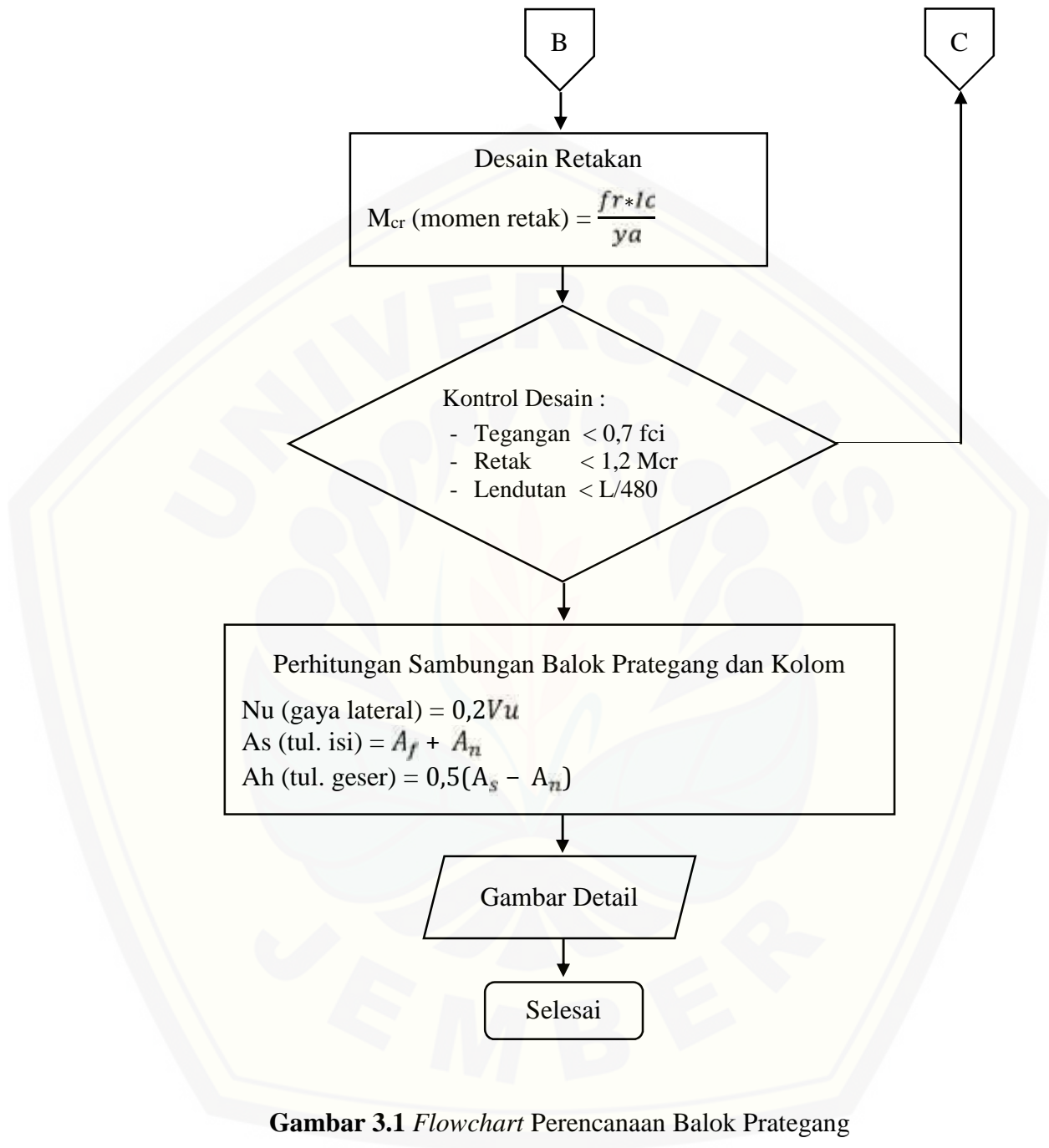
- a) Persiapan data perencanaan
- b) Perhitungan pembebanan
- c) Pemodelan beton bertulang menggunakan SAP2000
- d) Perhitungan balok prategang
- e) Kontrol desain balok prategang, meliputi kontrol tegangan, lendutan dan retak
- f) Perhitungan sambungan balok prategang dan kolom
- g) Gambar detail

### 3.4 Diagram Alur Perencanaan

Diagram alur penyelesaian perencanaan gedung C-Dast II dengan metode prategang tergambar dalam *flow chart* pada Gambar 3.1 berikut.







**Gambar 3.1** Flowchart Perencanaan Balok Prategang

## 3.5 Pengumpulan Data dan Studi Literatur

- a. Pengumpulan data dari PT. Landas Putra Cahya Perdana yang berupa:
  - Gambar denah
  - Gambar rencana dan detail balok
  - Gambar rencana dan detail kolom
- b. Studi literatur yang digunakan dalam perencanaan gedung ini diantaranya:
  - Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung (SNI 2847-2013)
  - Tata Cara Perancangan Beton Pracetak dan Beton Prategang Untuk Bangunan Gedung (SNI 7833-2012)
  - Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan non Gedung (SNI 1726-2012)
  - Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727-2013)
  - Desain Struktur Beton Prategang (T.Y. Lins dan H. Burns)
  - Beton Prategang (N. Krishna Raju)

## 3.6 Perhitungan Beton Bertulang

Komponen struktur beton bertulang meliputi plat, balok, dan kolom tetap menggunakan data yang sudah ada dari PT. Landas Putra Cahya Perdana. Hanya diperlukan pengecekan ulang terhadap beban-beban yang terjadi.

## 3.7 Perhitungan Beton Prategang

### 3.7.1 Preliminary Design

Untuk asumsi perencanaan dimensi komponen struktur plat, balok dan kolom yang akan didesain prategang menggunakan rumus pendekatan sama seperti beton bertulang.

### 3.7.2 Pembebanan

Beban – beban yang ada pada gedung ini mengacu pada peraturan beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain (SNI 1727-2013).

#### a. Beban Mati (D)

Beban mati yang dipikul gedung ini adalah:

Berat isi beton	= 2400 kg/m <sup>3</sup>
Spesi tebal 3 cm	= 0,63 kg/m <sup>2</sup>
Pasir tebal 7 cm	= 112 kg /m <sup>2</sup>
Keramik	= 24 kg/m <sup>2</sup>
Plafon + penggantung	= 18 kg/m <sup>2</sup>
Mekanikal elektrik	= 15 kg/m <sup>2</sup>

#### b. Beban Hidup (L)

Beban hidup pada gedung ini ditinjau dari fungsi gedung yaitu sebagai gedung kuliah.

$$\text{Ruang kuliah} = 192 \text{ kg/m}^2$$

#### c. Beban Angin (W)

Perencanaan beban angin mengacu pada Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung Tahun 1983, dimana nilai beban angin untuk bangunan yang jauh dari pantai adalah sebesar 25 kg/m<sup>2</sup>.

#### d. Beban Gempa (Q)

Beban gempa pada perencanaan ini didesain dengan metode beban gempa dinamik yang mengacu pada peraturan SNI 1726-2012. Untuk desain respons spektrum diambil dari situs [puskim.pu.go.id](http://puskim.pu.go.id).

**3.7.3 Gaya Luar Komponen Struktur**

Untuk perhitungan gaya luar yaitu gaya lentur, gaya aksial, dan gaya geser yang terjadi pada komponen struktur dihitung dengan bantuan aplikasi SAP2000 agar meminimalisir kesalahan *human error* dalam proses perhitungan.

**3.7.4 Perhitungan Kehilangan Gaya Prategang**

a. Perpendekan Elastis Beton

Perpendekan beton dapat dihitung dengan rumus

$$ES = Es \frac{Fc}{Ec} \dots\dots\dots (15)$$

dimana,  $Es$  = modulus elastisitas baja

$Ec$  = modulus elastisitas beton

$Fc$  = prategang pada beton pada ketinggian baja

b. Kehilangan Gaya Prategang Akibat Rangkak Beton

Kehilangan gaya prategang akibat rangkak beton dirumuskan

$$CR = K_{cr} \frac{Es Fc}{Ec} (f_{cir} - f_{cds}) \dots\dots\dots (16)$$

dimana  $K_{cr} = 2,0$  untuk komponen struktur pratarik

$K_{cr} = 1,6$  untuk komponen struktur pasca-tarik

$f_{cds}$  = tegangan beton pada titik berat tendon akibat seluruh beban mati yang bekerja pada komponen struktur setelah diberi gaya prategang

$Es$  = modulus elastisitas tendon prategang

$Ec$  = modulus elastisitas beton umur 28 hari, yang bersesuaian dengan  $f'_c$

c. Kehilangan Gaya Prategang Akibat Susut Beton

Kehilangan gaya akibat susut beton dapat dihitung dengan rumus

$$SH = 8,2 \times 10^{-6} K_{sh} Es (1 - 0,06 \frac{V}{S}) (100 - RH) \dots\dots\dots (17)$$

dimana,  $V/S$  = perbandingan volume terhadap permukaan

$RH$  = kelembaban relatif

d. Kehilangan Gaya Prategang Akibat Relaksasi Baja

Kehilangan gaya prategang akibat relaksasi baja dirumuskan

$$RE = [ K_{re} - J(SH + CR + ES) ] C \dots\dots\dots (18)$$

dimana  $K_{re}$ ,  $J$ , dan  $C$  adalah nilai-nilai yang diambil dari tabel 2.4 dan tabel 2.5 pada bab 2.

**3.7.5 Perhitungan Lendutan**

Metode perhitungan lendutan yang telah disederhanakan oleh Lin adalah

$$f = [ i_l - i_p \times \frac{Pt}{Pi} ] (1 + ) \dots\dots\dots (19)$$

dimana,  $i_l$  = lendutan awal akibat beban transversal

$i_p$  = lendutan awal akibat prategang

= koefisien rangkai

Sedangkan untuk batas lendutan terdapat pada Tabel 2.7 sesuai dengan kondisi yang ada.



## BAB 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan perencanaan ulang balok gedung C-Dast II menggunakan metode beton prategang diperlukan perbesaran dimensi balok dengan bentang 16,2 m dari dimensi awal 40/75 menjadi 65/100. Dibutuhkan 2 buah tendon dengan isi tiap tendon 19 strand berdiameter 12,7 mm dan luasan nominal  $98,71 \text{ mm}^2$  dengan mutu tendon 1860 MPa. Menggunakan tulangan longitudinal pada balok prategang dengan tulangan atas 10-D22 dan tulangan bawah 4-D22. Dan tulangan torsi D19-100. Pada daerah tumpuan balok prategang digunakan tulangan geser 4-D10 dengan jarak 50 mm untuk menahan gaya angkur saat penarikan tendon. Lendutan yang terjadi setelah semua beban bekerja sebesar 4,84 mm ke atas.

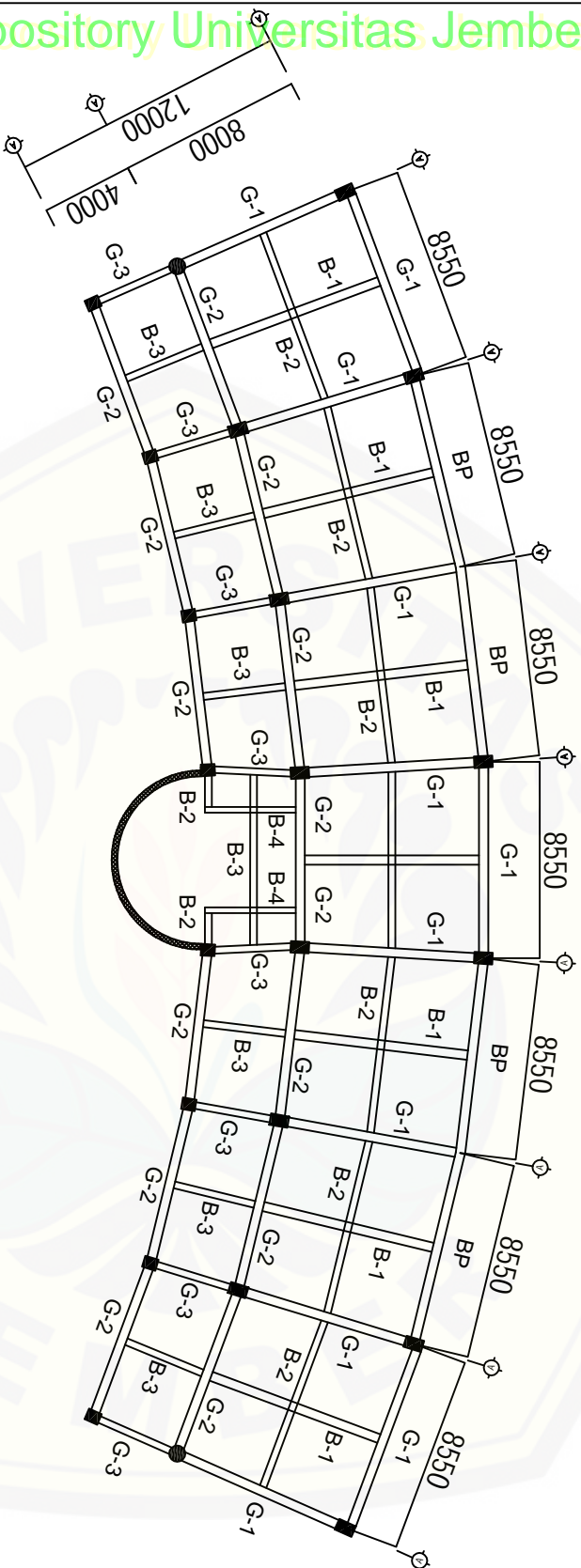
### 5.2 Saran

Untuk melengkapi perencanaan pada skripsi ini diharapkan meninjau kembali struktur sekunder pada gedung C-Dast II yang belum diperhitungkan, seperti tangga, lift, *shearwall*, dan struktur pondasi.

Agar mendapat hasil perencanaan yang maksimal, perlu adanya pengecekan ulang komponen struktur lama dengan cara perhitungan manual, sehingga bisa membandingkan dengan hasil pengecekan menggunakan program.

**DAFTAR PUSTAKA**

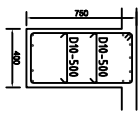
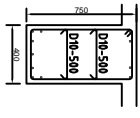
- Badan Standardisasi Nasional. 2013. SNI 1727-2013 *Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain*. Bandung: ICS.
- Badan Standardisasi Nasional. 2013. SNI 2847-2013 *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*. Bandung: ICS.
- Badan Standardisasi Nasional. 2013. SNI 7833-2012 *Tata Cara Perancangan Beton Pracetak dan Beton Prategang Untuk Bangunan Gedung*. Bandung: ICS.
- Hermawan, Reza M. dan Endah Wahyuni. 2013. *Modifikasi Perencanaan Gedung Apartemen Puncak Permai Dengan Menggunakan Balok Beton Pratekan Pada Lantai 15 sebagai Ruang Pertemuan*. Jurnal Skripsi. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Lin, T. Y. dan H. Burns. 1996. *Desain Struktur Beton Prategang*. Edisi ke 3. Diterjemahkan oleh: Daniel Indrawan. Jakarta: Erlangga.
- Nawy, Edward G. 2001. *Beton Prategang (Suatu Pendekatan Mendasar)*. Edisi ke 3. Diterjemahkan oleh: Bambang Suryoatmono. Jakarta: Erlangga.
- Raju, Krishna. 1986. *Beton Prategang*. Edisi ke 2. Diterjemahkan oleh: Suryadi. Jakarta: Erlangga.

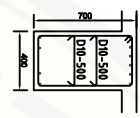
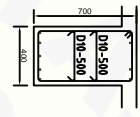




## DENAH PEMBALOKAN

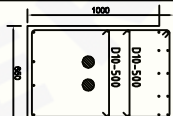
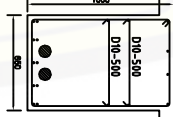
SKALA 1:300

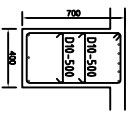
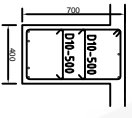
SKRIPSI		
PERENCANAAN BALOK GEDUNG C-DAST II UNIVERSITAS JEMBER DENGAN METODE BETON PRATEGANG		
OLEH	TTD	
PEMBIMBING 1	TTD	
Bhisma Y. Sidhaningrum NIM. 13191030084		
PEMBIMBING 2	TTD	
Dwi Nurwanto, S.T., M.T. NIP. 19731013 199802 1 001		
Winda Tri Wahningrum, S.T., M.T. NIP.		
PENGUJI 1	TTD	
PENGUJI 2	TTD	
JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS JEMBER 2016		
JUDUL GAMBAR	SKALA	
DENAH PEMBALOKAN	1:300	
KODE GAMBAR	NOMOR GAMBAR	JUMLAH LEMBAR

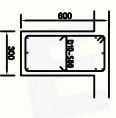
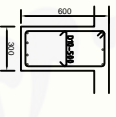
TYPE	Balok Prategang	
	TITIKUAN	LUKEMAH
G-1		
UKURAN	4,00 X 7,50	4,0 X 7,50
Tul. Atas	7 0 22	4 0 22
Tul. Bawah	4 0 22	6 0 22
Tul. Pinggang	4 0 19	4 0 19
Senggang	D10 - 80	D10 - 110

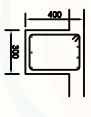
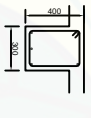
TYPE	Balok Prategang	
	TITIKUAN	LUKEMAH
G-2		
UKURAN	4,00 X 7,00	3 0 22
Tul. Atas	6 0 22	3 0 22
Tul. Bawah	3 0 22	5 0 22
Tul. Pinggang	4 0 19	4 0 16
Senggang	D10 - 60	D10 - 90

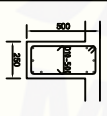
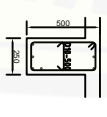
TYPE	Balok Prategang	
	TITIKUAN	LUKEMAH
G-3		
UKURAN	3,00 X 4,00	2 0 16
Tul. Atas	4 0 16	3 0 16
Tul. Bawah	3 0 16	3 0 16
Tul. Pinggang	4 0 16	4 0 16
Senggang	D10 - 50	D10 - 200

TYPE	Balok Prategang	
	TITIKUAN	LUKEMAH
Balok Prategang		
UKURAN	4,00 X 7,00	4 0 22
Tul. Atas	9 0 22	10 0 22
Tul. Bawah	4 0 22	4 0 19
Tul. Pinggang	4 0 19	4 0 19
Senggang	D10 - 55	D19 - 90

TYPE	Balok Prategang	
	TITIKUAN	LUKEMAH
B-1		
UKURAN	4,00 X 7,00	3 0 19
Tul. Atas	6 0 19	4 0 19
Tul. Bawah	3 0 19	4 0 16
Tul. Pinggang	4 0 16	4 0 16
Senggang	D10 - 90	D10 - 120

TYPE	Balok Prategang	
	TITIKUAN	LUKEMAH
B-2		
UKURAN	3,00 X 6,00	3 0 19
Tul. Atas	5 0 19	4 0 19
Tul. Bawah	3 0 19	2 0 13
Tul. Pinggang	2 0 13	2 0 13
Senggang	D10 - 90	D10 - 120

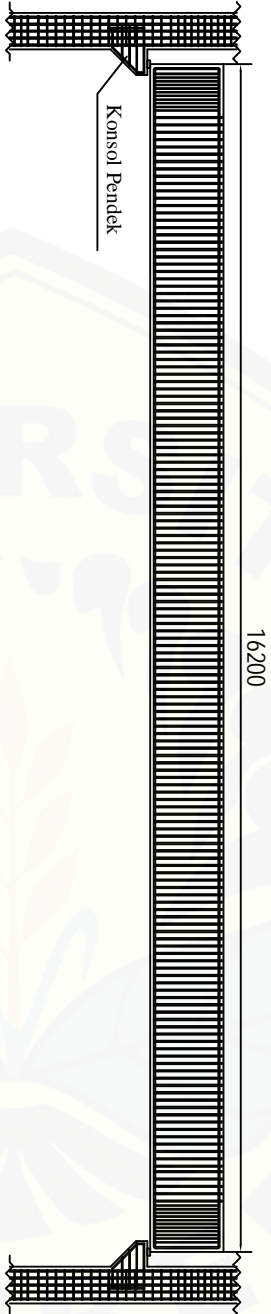
TYPE	Balok Prategang	
	TITIKUAN	LUKEMAH
B-3		
UKURAN	3,00 X 4,00	2 0 16
Tul. Atas	4 0 16	3 0 16
Tul. Bawah	3 0 16	3 0 16
Tul. Pinggang	4 0 16	4 0 16
Senggang	D10 - 50	D10 - 200

TYPE	Balok Prategang	
	TITIKUAN	LUKEMAH
B-4		
UKURAN	2,50 X 5,00	3 0 22
Tul. Atas	5 0 22	4 0 22
Tul. Bawah	4 0 22	2 0 19
Tul. Pinggang	2 0 19	2 0 19
Senggang	D10 - 60	D10 - 90

# DETAIL PEMBALOKAN

SKALA 1:50

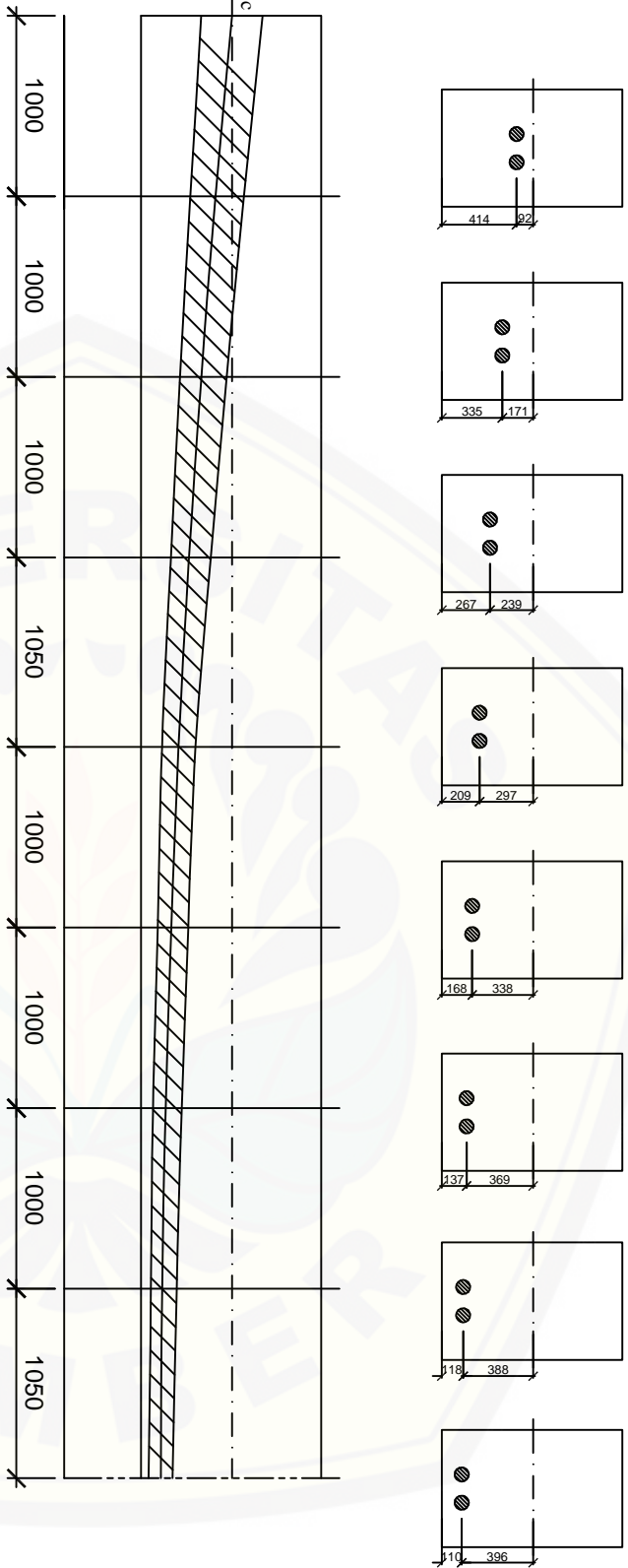
SKRIPSI		
PERENCANAAN BALOK GEDUNG C-DAST II UNIVERSITAS JEMBER DENGAN METODE BETON PRATEGANG		
OLEH	TTD	
Rishana Y. Sulaiman NIM. 121910301064		
PEMBIMBING 1 Dwi Nurrahma, S.T., MT. NIP. 19731015 199802 11001		
PEMBIMBING 2 TTD		
Wakil: Tri Widiyandaryana, S.T., MT. NRP.		
PENGUJI 1 TTD		
PENGUJI 2 TTD		
JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS JEMBER 2016		
JUDUL GAMBAR	SKALA	
DENAH PEMBALOKAN	1:50	
KODE GAMBAR	NOMOR LEMBAR	JUMLAH LEMBAR



## RENCANA BALOK PRATEGANG

SKALA 1:20

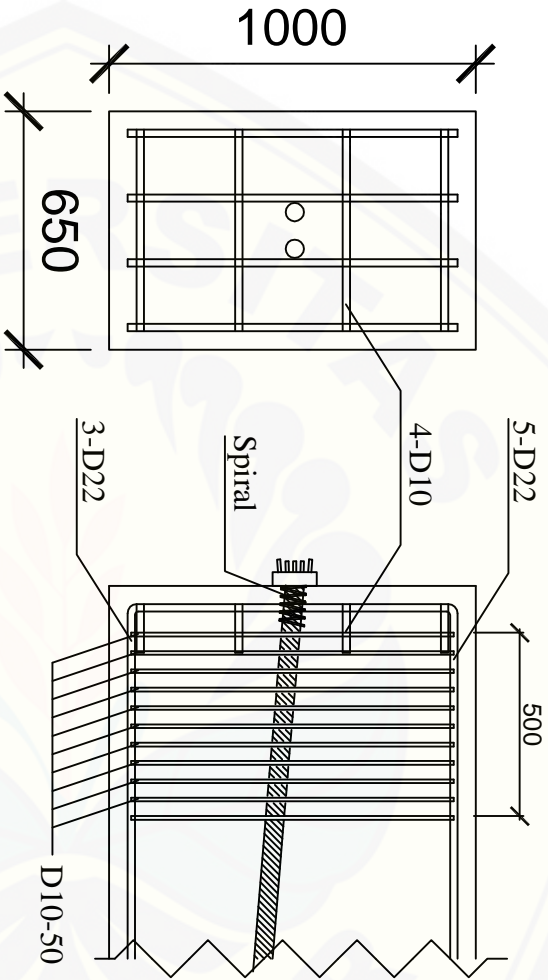
SKRIPSI		
PERENCANAAN BALOK GEDUNG C-DASST II UNIVERSITAS JEMBER DENGAN METODE BETON PRATEGANG		
OLAH	TTD	
PEMBIMBING 1	TTD	
Drs. Nurhuda, S.T., M.T. NIP. 19731015 199802 1 001		
PEMBIMBING 2	TTD	
Winda Tri Wahyuningsih, S.T., M.T. NRP.		
PENGUJI 1	TTD	
PENGUJI 2	TTD	
JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS JEMBER 2016		
JUDUL GAMBAR	SKALA	
RENCANA BALOK PRATEGANG	1:100	
KODE GAMBAR	NOMOR LEMBAR	JUMLAH LEMBAR



## DETAIL LAYOUT TENDON

SKALA 1:40

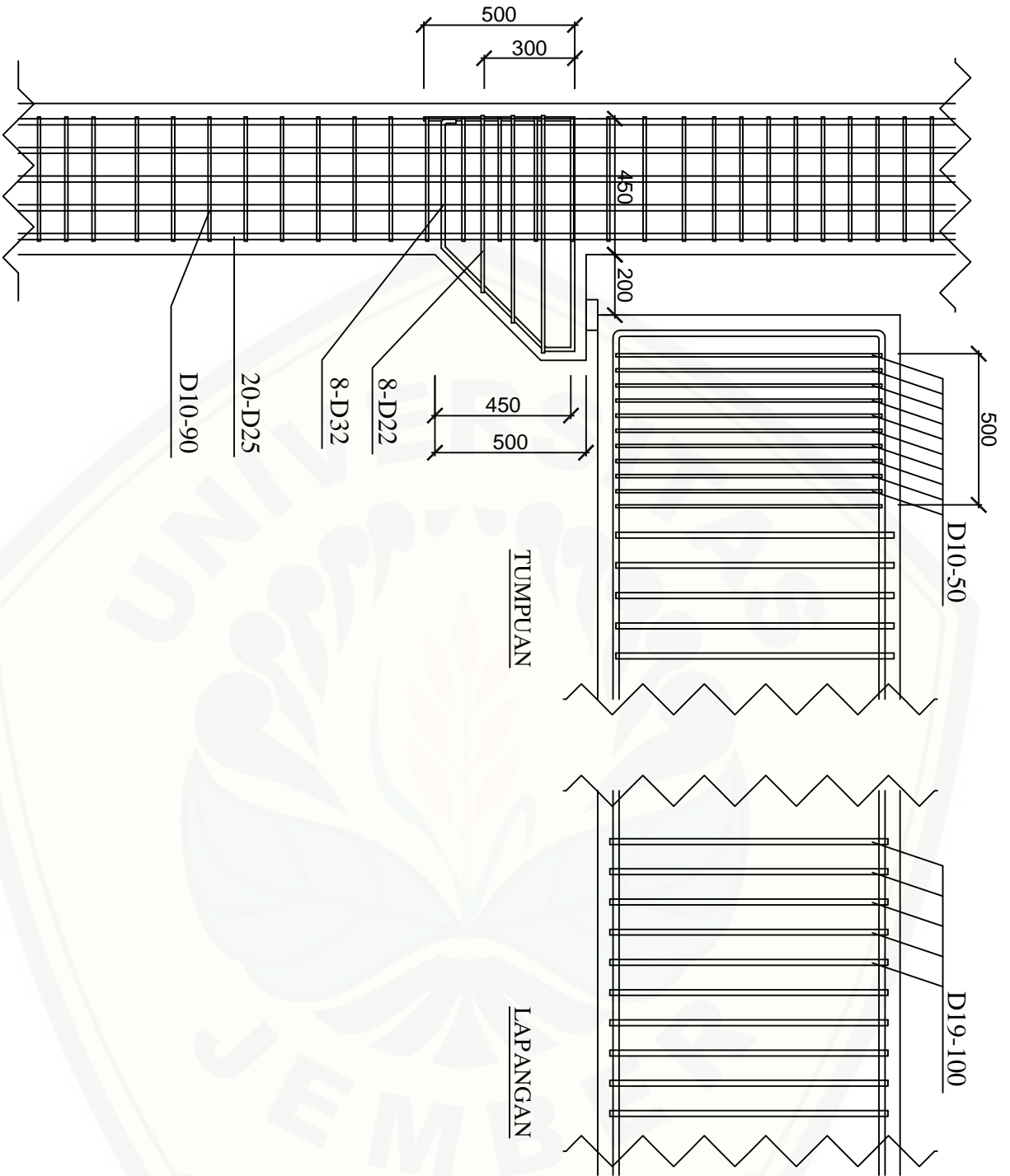
PERENCANAAN BALOK GEDUNG C-DAST II UNIVERSITAS JEMBER DENGAN METODE BETON PRATEGANG		
SKRIPSI		
OLEH TTD		
Disusun Y. Sulaksana NIM. 121910301084 PEMBIMBING 1 TTD		
Doi Nuraini, S.T., M.T. NIP. 197310131998021001 PEMBIMBING 2 TTD		
Winda Tri Wahandyaningsih S.T., M.T. NIP. PENGUJI 1 TTD		
PENGUJI 2 TTD		
JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS JEMBER 2016		
JUDUL GAMBAR	SKALA	
DETAIL LAYOUT TENDON	1:40	
KODE GAMBAR	NOMOR GAMBAR	JUMLAH LEMBAR



## DETAIL PENULANGAN ANGKUR UJUNG

SKALA 1:20

SKRIPSI			
PERENCANAAN BALOK GEDUNG C-DAST II UNIVERSITAS JEMBER DENGAN METODE BETON PRATEGANG			
OLEH	TTD		
PEMBIMBING-1	TTD		
Dini Nuraini, S.T., M.T. NIP. 19731015 199802 1001			
PEMBIMBING-2	TTD		
Wahid Tri Walayudhawan, S.T., M.T. NRP.			
PENGUJI 1	TTD		
PENGUJI 2	TTD		
JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS JEMBER 2016			
JUDUL GAMBAR	SKALA		
DETAIL PENULANGAN ANGKUR UJUNG	1:20		
KODE GAMBAR	NOMOR LEMBAR	JUMLAH LEMBAR	

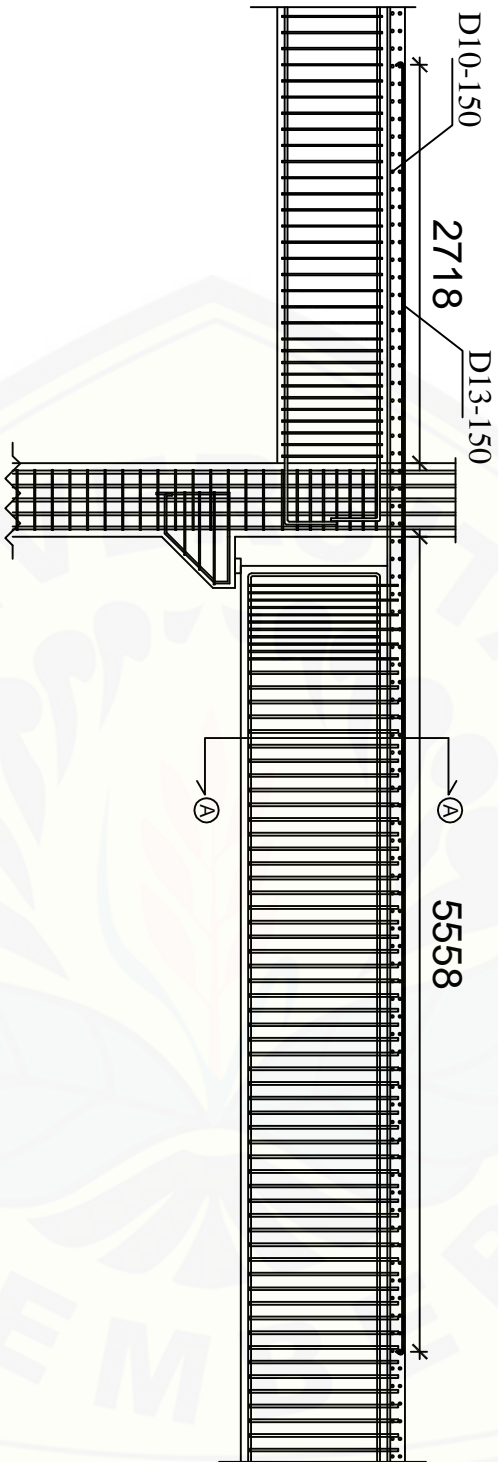


DETAIL SAMBUNGAN BALOK KOLOM

SKALA 1:20

PERENCANAAN BALOK GEDUNG C-DAST II UNIVERSITAS JEMBER DENGAN METODE BETON PRATEGANG			
OLEH		TTD	
PEMBIMBING 1		TTD	
Bhisana Y. Sulhama NIM. 121910301084			
PEMBIMBING 2		TTD	
Dedi Nugroho, S.T., M.T. NIP. 19731015 199802 1001			
Wahid Tri Walayudiyana, S.T., M.T. NRP			
PENGUJI 1		TTD	
PENGUJI 2		TTD	
JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS JEMBER 2016			
JUDUL GAMBAR		SKALA	
DETAIL SAMBUNGAN BALOK KOLOM		1:20	
KODE GAMBAR	NOMOR LEMBAR	JUMLAH LEMBAR	

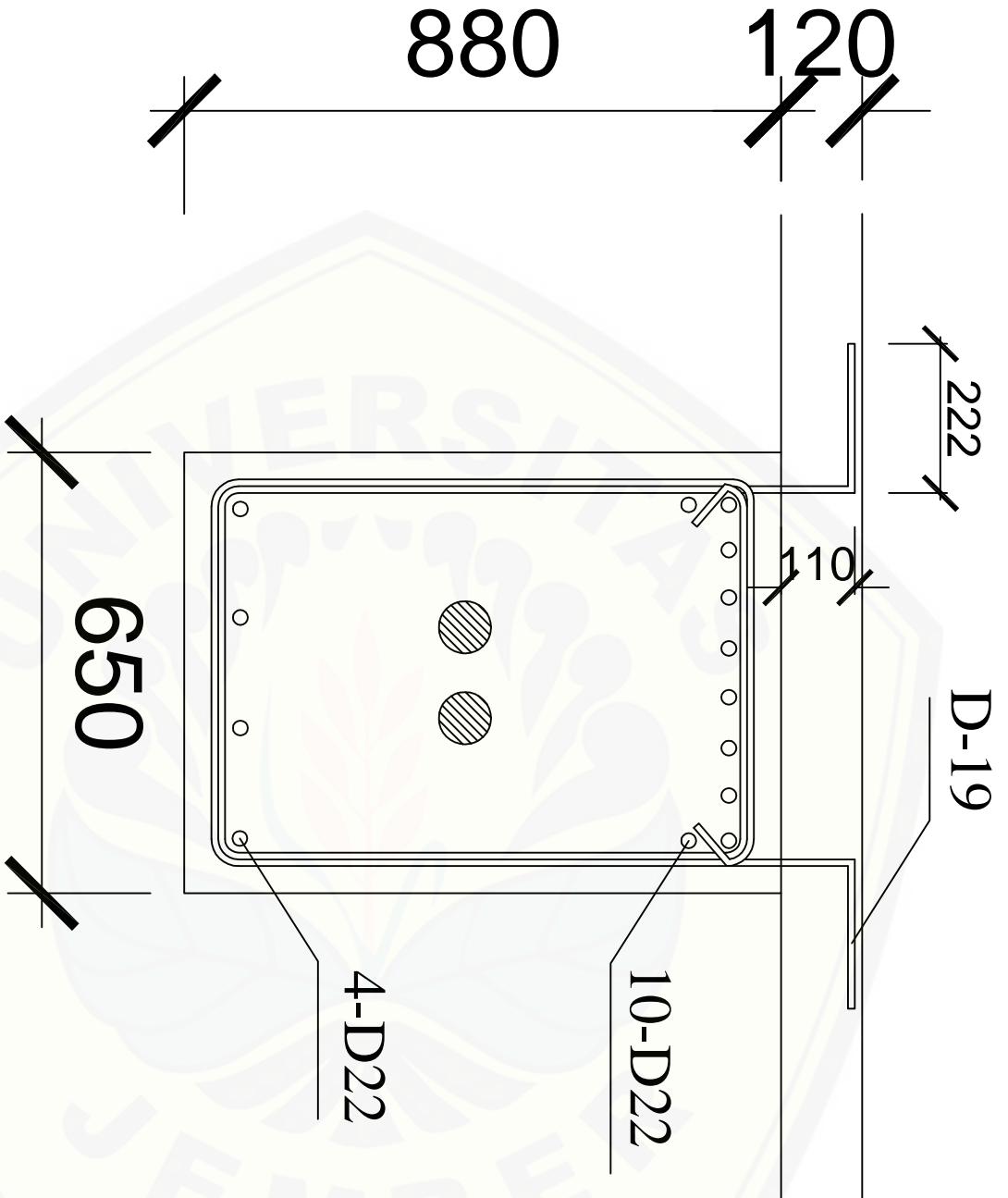




RENCANA SAMBUNGAN BALOK PLAT

SKALA 1:50

SKRIPSI		
PERENCANAAN BALOK GEDUNG C-DAS II UNIVERSITAS JEMBER DENGAN METODE BETON PRATEGANG		
OLEH	TTD	
Disusun Oleh	Bhikma Y. Sulaksana NIM. 121910301084	
PEMBIMBING-1	TTD	
Disetujui Oleh	Dedi Nugroho, S.T., M.T. NIP. 19731015 199802 1001	
PEMBIMBING-2	TTD	
Disetujui Oleh	Wahid Tri Waluya, S.T., M.T. NRP.	
PENGUJI 1	TTD	
PENGUJI 2	TTD	
JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS JEMBER 2016		
JUDUL GAMBAR	SKALA	
RENCANA SAMBUNGAN BALOK PLAT	1:50	
KODE GAMBAR	NOMOR LEMBAR	JUMLAH LEMBAR



DETAIL SHEAR CONNECTOR

SKALA 1:10

PERENCANAAN BALOK GEDUNG C-DAST II UNIVERSITAS JEMBER DENGAN METODE BETON PRATEGANG			
SKRIPSI			
OLEH	TTD		
PEMBIMBING-1	TTD		
Diah Y. Sulhama NIM. 121910301084			
PEMBIMBING-2	TTD		
Dedi Nugroho, S.T., M.T. NIP. 19731015 199802 1001			
Winda Tri Walayudewati, S.T., M.T. NRP			
PENGUJI 1	TTD		
PENGUJI 2	TTD		
JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS JEMBER 2016			
JUDUL GAMBAR	SKALA		
DETAIL SHEAR CONNECTOR	1:10		
KODE GAMBAR	NOMOR LEMBAR	JUMLAH LEMBAR	