

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bangunan gedung merupakan salah satu sarana infrastruktur yang berfungsi sebagai tempat penunjang manusia dalam beraktivitas seperti perkantoran, apartement, dan lainnya. Suatu perencanaan konstruksi gedung terdiri atas struktur bawah (*lower structure*) dan struktur atas (*super structure*). Struktur bawah (*lower structure*) merupakan komponen suatu bangunan yang berada di bawah permukaan tanah seperti pondasi dan struktur bangunan lainnya. Pondasi merupakan struktur bangunan yang berfungsi sebagai penopang utama dan menyalurkan beban bangunan ke lapisan tanah yang lebih kokoh, jenis pondasinya antara lain: Pondasi lajur, setempat, gabungan, rakit, balok *sloof*, *pile cap*, tiang pancang, dan tiang cor. Sedangkan struktur atas (*super structure*) merupakan komponen suatu bangunan yang berada di atas permukaan tanah seperti kolom, balok, plat dan lain-lain nya. Kolom didefinisikan sebagai komponen struktur bangunan yang menerima beban aksial tekan vertikal, dan sebagai penerus beban seluruh bangunan ke pondasi (Makal dkk., 2020). Balok didefinisikan sebagai komponen struktur melintang yang menopang beban horizontal dan mentransfer beban menuju elemen-elemen kolom penopang. Pelat lantai didefinisikan sebagai struktur bangunan yang dibingkai oleh balok dan di topang oleh kolom (Darmansyah & Chairani, 2022).

Pembangunan gedung yang berlantai banyak perlu diperhitungkan perencanaan kekuatan struktur, penggunaan material dan metode pelaksanaan untuk mendapatkan kualitas yang baik dan biaya yang efisien. Material dan sistem

struktur pada umumnya menggunakan struktur beton bertulang, struktur baja, struktur beton prategang, struktur kayu dan struktur komposit (Nofrizal dkk., 2015). Struktur balok beton bertulang nonprategang masih menjadi pilihan utama dikarenakan keuntungannya material yang lebih murah, dan mudah dikerjakan. Namun, memiliki kelemahan pada besarnya dimensi penampang berbanding lurus dengan panjang bentang struktur. Semakin besar dimensi struktur maka semakin besar berat sendirinya. Sistem beton prategang memiliki konsep mengoptimalkan seluruh penampang beton agar tetap mengalami tegangan tekan pada seluruh penampang. Maka dari itu penggunaan sistem prategang pada balok dengan bentang panjang dapat mengoptimalkan dimensi dan menurunkan berat sendirinya (Wiryadi dkk., 2021).

Saat ini, sudah banyak struktur atau bangunan yang menggunakan sistem prategang (*prestressed*). Tulangan yang digunakan sudah digantikan dengan suatu kawat yang dinamakan tendon. Tendon dan beton mutu tinggi ini mampu memikul beban yang sangat besar, sehingga ukuran dari bagian penampang struktur dapat diperkecil. Beberapa bangunan khususnya di Bali yang menggunakan balok prategang yaitu Gedung dekanat Fakultas Hukum, Fakultas ekonomi bisnis, Fakultas MIPA Universitas Udayana, Rumah Sakit Balimed Denpasar, Pasar Rakyat Banyuasri Buleleng, Rumah Sakit Bali Royal *hospital*, Pasar Semarapura Klungkung, Kantor Kejaksaan Negeri Klungkung (Tjiptohardojo, 2023).

Beton prategang digunakan agar bangunan dengan ruangan yang cukup besar tidak harus menggunakan kolom yang banyak. Sistem prategang akan

membuat fungsi gedung semakin efektif, terlebih gedung ini memiliki beberapa fungsi sekaligus, sehingga gedung akan memiliki fungsi ruang yang semakin besar. Keuntungan beton prategang dibandingkan beton nonprategang yaitu: penggunaan prategang efisien karena dimensi penampang struktur akan lebih kecil atau langsing, sebab seluruh luas penampang dipergunakan secara efektif (Putra, 2020), Perencanaan struktur balok prategang dapat menggunakan metode *pre-tension*. Pada metode ini baja prategang (tendon) ditarik yang kemudian diangker pada abutment tetap sebelum beton cor dituangkan kedalam cetakan (*formwork*). Setelah beton mengering dan cukup umur dan kuat untuk menerima gaya prategang dilakukan pemotongan tendon sehingga gaya prategang akan bekerja pada beton. Gaya prategang yang bekerja akan membuat beton tersebut melengkung ke atas dan ketika beban-beban yang ada bekerja maka beton tersebut akan rata (Propika dkk., 2024). Perencanaan prategang ada perancangan yang perlu diperhitungkan diantaranya mencari tinggi efektif, penentuan tegangan ijin baja dan beton, penentuan gaya prategang, daerah limit tendon, kontrol lendutan, kontrol momen nominal dan kontrol momen retak. Dibandingkan dengan perancangan balok nonprategang setelah dimensi ditentukan dan analisa menggunakan *software* kemudian didapatkan hasil momen dan gaya yang bekerja hanya perencanaan penulangan lentur, penulangan geser, penulangan torsi dan panjang penyaluran tulangan yang perlu diperhitungkan (Putra, 2020).

Berdasarkan uraian di atas, maka pada tugas akhir ini fokus pada Perancangan Gedung menggunakan Balok sistem pracetak prategang dan beton nonprategang gedung berfungsi sebagai perkantoran dengan studi kasus, Kantor

Kejaksaan Negeri Klungkung, Bali Gedung ini terdiri dari tiga tingkat dengan rata rata ketinggian 3,80 meter. Perbandingan desain balok prategang dengan balok non prategang diamati dari kekuatan dan material. Proses model dan analisa gedung dibantu *software* SAP2000 untuk mendapatkan gaya–gaya yang bekerja pada balok. Desain balok beton nonprategang maupun balok prategang mengikuti ketentuan SNI 2847:2019(BSN,2019) (Bangunan gedung beton), SNI 1727:2020 (BSN,2020) (Beban desain minimum dan kriteria untuk gedung), SNI 1726 : 2019 (BSN,2019) (Gempa).

1.2 Rumusan masalah

Berdasarkan latar belakang yang maka dirumuskan permasalahannya sebagai berikut:

1. Bagaimana Perancangan struktur gedung yang didesain dengan sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK) ?
2. Bagaimana perbandingan hasil desain balok beton sistem pracetak prategang dan beton nonprategang yang sesuai kriteria perancangan struktur ?

1.3 Tujuan Perancangan

Adapun tujuan perancangan yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui cara perancangan gedung yang didesain dengan sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK).
2. Mengetahui hasil perancangan dan perbandingan desain balok sistem pracetak prategang dan beton nonprategang yang sesuai kriteria perancangan struktur.

1.4 Manfaat Perancangan

Adapun manfaat yang dapat diambil dari perancangan ini adalah sebagai berikut:

1. Menambah pengetahuan tentang perancangan desain struktur gedung menggunakan balok sistem pracetak prategang dan beton non prategang dalam proyek konstruksi.
2. Menambah pengetahuan tentang penggunaan program *software* SAP2000.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah dari perancangan gedung menggunakan balok sistem pracetak prategang dan beton nonprategang pada pembangunan gedung Kantor Kejaksaan Negeri Klungkung ini adalah:

1. Analisa struktur menggunakan program bantu SAP2000.
2. Tidak meninjau manajemen konstruksi dan menghitung rencana biaya secara detail.
3. Tidak merencanakan atau meninjau pondasi dan hanya meninjau sistem balok.
4. Gedung yang ditinjau berfungsi sebagai perkantoran .

UNMAS DENPASAR

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Dalam tinjauan pustaka ini akan dibahas dasar teori dari mengenai perancangan Gedung Kantor Kejaksaan Negeri Klungkung. Dalam perancangan struktur ini diperlukan tinjauan khusus terhadap desain perancangan Balok Beton dengan sistem pracetak prategang dan beton nonprategang.

2.2 Struktur Bangunan Gedung

Desain dan perencanaan suatu struktur gedung tidak akan pernah sama dan identik. Akibatnya, perencanaan suatu struktur akan menemui kasus dimana bentuk struktur gedung yang hampir sama, tetapi rancangan strukturnya jauh berbeda. Hal itu disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain beban yang direncanakan, kondisi tanah yang mendukung gedung, lokasi gedung dan lain lain. Semua rancangan yang akan dibuat selalu diupayakan untuk dipertimbangkan faktor biaya dan kekuatan dengan tetap mematuhi peraturan peraturan yang berlaku Dimana Lokasi gedung tersebut akan berdiri (Pamungkas & Harianti, 2018).

Persyaratan keselamatan meliputi persyaratan kemampuan bangunan gedung untuk mendukung beban muatan. Setiap bangunan gedung, strukturnya harus direncanakan kuat/kokoh, dan stabil dalam memikul beban/kombinasi beban dan memenuhi persyaratan kelayanan (*serviceability*) selama umur layanan yang direncanakan dengan mempertimbangkan fungsi bangunan gedung, lokasi, keawetan dan kemungkinan pelaksanaan kontruksinya. Kemampuan memikul beban diperhitungkan terhadap pengaruh-pengaruh aksi sebagai akibat dari beban–

beban yang mungkin bekerja selama umur layanan struktur, baik beban muatan tetap maupun beban muatan sementara yang timbul akibat gempa dan angin. Struktur bangunan gedung harus direncanakan secara detail sehingga pada kondisi pembebanan maksimum yang direncanakan, apabila terjadi keruntuhan kondisi strukturnya masih dapat memungkinkan pengguna bangunan gedung menyelamatkan dirinya. Sebuah bangunan yang direncanakan harus sesuai standar yang berlaku demi faktor aman, karena bangunan tersebut akan digunakan untuk kepentingan banyak orang. Hal ini untuk menghindari kegagalan struktur yang dapat menimbulkan kerugian harta maupun jiwa serta menghasilkan rancangan struktur gedung yang kuat, tetapi ekonomis dalam segi biaya (Andy, 2018)

2.3 Perencanaan Struktur dengan Material Beton NonPrategang

Beton merupakan bahan yang paling banyak dipakai pada pembangunan dalam bidang teknik sipil, baik pada bangunan gedung, jembatan, bendung, maupun konstruksi yang lain. Beton dibentuk oleh pengerasan campuran antara semen, air, agregat halus (pasir) dan agregat kasar (batu pecah atau kerikil). Kadang kadang ditambahkan campuran bahan lain (*admixture*) untuk memperbaiki kualitas beton. Campuran dari bahan semen, pasir, kerikil dan air yang masih plastis ini dicor ke dalam acuan dan dirawat untuk mempercepat reaksi hidrasi campuran semen air, yang menyebabkan pengerasan beton. Bahan yang terbentuk ini mempunyai kekuatan tekan yang tinggi, tetapi ketahanan terhadap tarik rendah. Campuran antara semen dan air akan membentuk pasta semen, berfungsi sebagai bahan ikat, sedangkan pasir dan kerikil bahan agregat yang berfungsi sebagai bahan pengisi dan sekaligus sebagai bahan yang diikat oleh pasta semen. Ikatan antara pasta

semen dan agregat merupakan ikatan yang membentuk satu kesatuan yang kompak dan menjadi keras serta padat yang disebut beton (Asroni,2017).

Sifat dari beton yaitu sangat kuat terhadap beban tekan, tetapi juga bersifat getas atau mudah patah dan rusak terhadap beban tarik. Dalam perhitungan struktur, kuat tarik beton ini umumnya diabaikan. Sifat utama dari baja tulangan yaitu sangat kuat terhadap beban tarik maupun beban tekan. Karena baja tulangan harga mahal, maka dihindari penggunaan baja untuk memikul beban tekan. Dari sifat utama tersebut, maka jika kedua bahan (beton dan baja tulangan) dipadukan menjadi satu kesatuan secara komposit, akan diperoleh bahan baru yang disebut beton bertulang. Beton bertulang ini mempunyai sifat sesuai dengan sifat bahan penyusunnya, yaitu sangat kuat terhadap beban tarik maupun beban tekan. Beban tarik ditahan oleh baja tulangan, sedangkan beban tekan ditahan oleh beton (Asroni ,2017).

Pada pembangunan struktur dengan bahan beton dikenal 3 (tiga) metode pembangunan yang umum dilakukan, yaitu sistem konvensional, sistem *formwork* dan sistem pracetak prategang. Sistem konvensional adalah metode yang menggunakan bahan tradisional kayu dan triplek sebagai *formwork* dan perancah, serta pengecoran beton di tempat. Sistem *formwork* sudah melangkah lebih maju dari sistem konvensional dengan digunakannya sistem *formwork* dan perancah dari bahan metal. Beton yang di cetak di luar area pengerjaan proyek pembangunan disebut beton pracetak.

3.2.1 Pembebanan

Penggunaan beban dan kombinasi pembebanan yang ada mengikuti peraturan SNI 1727:2020 (BSN, 2020). Bangunan gedung dan struktur lainnya harus dirancang menggunakan ketentuan pasal 2.3 atau pasal 2.4. Bila elemen struktur dirancang berdasarkan standar material atau spesifikasi tertentu, harus dirancang secara khusus menurut pasal 2.3 atau pasal 2.4.

1. Jenis – Jenis Beban

Beban yang bekerja pada suatu struktur ada beberapa jenis menurut karakteristik, yaitu beban statis dan beban dinamis. Ada beberapa jenis beban yang ditinjau dalam perencanaan konstruksi bangunan, yaitu :

a. Beban Hidup (*live Loads*)

Semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung dan termasuk beban – beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah dan beban genangan maupun tekanan jatuh air hujan. Semua beban hidup mempunyai karakteristik dapat berpindah atau bergerak. Sebagai contoh adalah beban kendaraan pada area parkir, kelengkapan meja/kursi pada kantor, manusia, beban air pada tangka air, dan lain sebagainya. Besarnya beban hidup terbagi merata ekuivalen yang harus diperhitungkan pada struktur bangunan gedung, pada umumnya dapat ditentukan berdasarkan standar yang berlaku (Rahman & Hamani, 2014).

Tabel 2. 1 Beban Hidup Terdistribusi Merata, L_0 dan Beban Hidup Terpusat Minimum

Hunian atau penggunaan	Merata, L_0 psf (kN/m ²)	Reduksi beban hidup diizinkan? (No. Pasal)	Reduksi beban hidup berlantai banyak diizinkan? (No. Pasal)	Terpusat lb (kN)	Juga Lihat Pasal
Ruang pertemuan					
Kursi tetap (terikat di lantai)	60 (2,87)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		
Lobi	100 (4,79)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		
Kursi dapat dipindahkan	100 (4,79)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		
Panggung pertemuan	100 (4,79)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		
Lantai podium	150 (7,18)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		
	100 (4,79)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		4.14
Tribun penonton Stadion dan arena dengan kursi tetap (terikat di lantai)	60 (2,87)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		
Ruang pertemuan lainnya	100 (4,79)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		4.14
Gedung perkantoran					
Ruang arsip dan komputer harus dirancang untuk beban yang lebih berat berdasarkan pada perkiraan hunian					
Lobi dan koridor lantai pertama	100 (4,79)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	2.000 (8,90)	
Kantor	50 (2,40)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	2.000 (8,90)	
Koridor di atas lantai pertama	80 (3,83)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	2.000 (8,90)	

Sumber : SNI 1727 : 2020 (BSN, 2020).

b. Beban Mati (*Dead Loads*)

Beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, *finishing*, klading gedung dan komponen arsitektural dan struktural lainnya serta peralatan layan terpasang lain termasuk berat derek dan sistem pengangkut material. Dalam menentukan beban mati untuk perancangan, harus digunakan berat bahan dan konstruksi yang sebenarnya, dengan ketentuan bahwa jika tidak ada informasi yang jelas, nilai yang harus digunakan adalah nilai yang disetujui oleh pihak yang berwenang. Dalam menentukan beban mati desain, harus diperhitungkan berat peralatan layanan tetap, termasuk berat maksimum pengisi peralatan layanan tetap. Komponen peralatan layanan tetap yang bervariasi,

seperti kandungan cairan dan wadah yang dapat dipindahkan, tidak boleh digunakan untuk menahan gaya yang menyebabkan kondisi terguling, tergelincir SNI 1727:2020 (BSN, 2020).

Tabel 2. 2 Berat Sendiri Komponen Gedung dan Bahan Bangunan

No	Material	Berat Jenis	Satuan
1	Baja	7.800	kg/m ³
2	Batu alam	2.600	kg/m ³
3	Beton bertulang	2.400	kg/m ³
4	Pasangan bata merah	1.700	kg/m ³
5	Atap genting, usuk dan reng	50	kg/m ³
6	Plafond dan penggantung	20	kg/m ³
7	Penutup lantai/ubin	24	kg/m ³

Sumber : PPIUG 1983 (DPMB, 1983)

c. Beban Angin

Beban angin adalah semua beban yang bekerja pada bangunan atau bagian bangunan yang disebabkan oleh selisih dalam tekanan udara. Beban angin diperhitungkan karena angin besar dapat menekan bangunan dan mempengaruhi kekuatannya. Bila kecepatan angin di suatu daerah rata rata konstan, maka hal ini dapat disebut statis. Apabila perubahannya besar maka termasuk tekanan dinamis. Tekanan dinamis ini dipengaruhi oleh faktor-faktor lingkungan seperti kekasaran dan bentuk kerampingan bangunan, letak bangunan yang berdekatan satu sama lain. Ditentukan dengan menganggap adanya tekanan positif dan negatif yang bekerja tegak lurus pada bidang-bidang yang ditinjau. Beban angin yang bekerja berupa angin hisap dan angin tekan (Rahman & Hamani, 2014).

d. Beban Gempa (*Earthquake Load*)

Beban gempa merupakan semua beban statik ekuivalen yang bekerja pada gedung yang menirukan pengaruh gerakan tanah akibat gempa. Jika pengaruh gempa pada struktur gedung ditentukan berdasarkan analisis dinamik, maka beban gempa adalah gaya–gaya di dalam struktur yang terjadi oleh gerakan tanah akibat gempa. Untuk struktur gedung beraturan pengaruh gempa rencana dapat ditinjau sebagai pengaruh beban gempa ekuivalen. Sedangkan struktur gedung yang tidak beraturan, pengaruh gempa rencana harus ditinjau sebagai pengaruh pembebanan gempa dinamik. Untuk kategori resiko struktur bangunan gedung dan non gedung sesuai pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan SNI 1726 : 2019 (BSN, 2019).

Tabel 2. 3 Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non Gedung untuk Beban Gempa

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,II,III termasuk, tapi tidak dibatasi untuk : <ul style="list-style-type: none"> - Perumahan - Rumah toko dan rumah kantor - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartement/rumah susun - Pusat perbelanjaan/mall - Bangunan industri - Fasilitas manufaktur - Pabrik 	II

Sumber : SNI 1726:2019 (BSN, 2019)

Tabel 2. 4 Faktor Keutamaan Gempa

Kategori risiko	Faktor keutamaan gempa, I_e
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

Sumber : SNI 1726:2019 (BSN, 2019)

2. Kombinasi Pembebanan

Struktur, komponen, dan fondasi harus didesain sedemikian rupa sehingga kekuatan desainnya sama atau melebihi efek beban-beban terfaktor dalam kombinasi berikut. Efek dari satu atau lebih beban yang tidak bekerja harus dipertimbangkan. Efek beban seismik harus beban-beban yang kombinasikan sesuai dengan Pasal 2.3.6. Beban angin dan seismik tidak perlu dianggap bekerja secara simultan SNI 1727:2020 (BSN, 2020).

- a. Pembebanan Tetap : Beban Mati + Beban Hidup
- b. Pembebanan Sementara : Beban Mati + Beban Hidup + Beban Angin
: Beban Mati + Beban Hidup + Beban Gempa
- c. Pembebanan Khusus : Beban Mati + Beban Hidup + Beban Gempa
: Mati + Hidup + Beban Angin + Beban Khusus
UNMAS DENPASAR : Mati + Hidup + Beban Gempa + Beban Khusus

Tabel 2. 5 Kombinasi Pembebanan menurut SNI-2847 :2019 (BSN, 2019)

Kombinasi beban	Beban utama
$U = 1,4 D$	D
$U = 1,2 D + 1,6 L + 0,5 (L_r \text{ atau } R)$	L
$U = 1,2 D + 1,6 (L_r \text{ atau } R) + (1,0 L \text{ atau } 0,5 W)$	L_r atau R
$U = 1,2 D + 1,0 W + 1,0 L + 0,5 (L_r \text{ atau } R)$	W
$U = 1,2 D + 1,0 E + 1,0 L$	E
$U = 0,9 D + 1,0 W$	W
$U = 0,9 D + 1,0 E$	E

Keterangan :

1. D : Beban mati yang diakibatkan oleh berat konstruksi permanen, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, partisi tetap, tangga, dan peralatan yang tetap
2. L : Beban hidup yang ditimbulkan oleh penggunaan gedung, termasuk kejut, tetapi tidak termasuk beban lingkungan seperti angin, hujan, dan lain – lain.
3. L_r : Beban hidup di atap yang ditimbulkan selama perawatan oleh pekerja, peralatan, dan material, atau selama penggunaan biasa oleh orang dan benda bergerak.
4. R : Beban hujan, tidak termasuk yang diakibatkan genangan air
5. E : Beban gempa

2.3.2 Perencanaan Komponen Balok

Balok merupakan bagian dari struktur bangunan yang menerima beban berupa momen, gaya geser dan beban eksentrik, sehingga perlu dipasang tulangan longitudinal, geser dan torsi. Desain balok beton tidak dapat digunakan sendiri pada balok karena sangat kecilnya kekuatan tarik, dan karena sifatnya yang getas (*brittle*). Retak – retak yang timbul dapat berakibat gagalnya struktur, dimana hal ini dapat terjadi ketika balok beton mengalami lentur. Penambahan baja di dalam daerah tarik membentuk balok beton bertulang dapat meningkatkan kekuatan sekaligus daktilitasnya. Elemen struktur beton bertulang menggabungkan sifat yang dimiliki beton dan baja.

Komponen struktur beton yang mengalami lentur harus dirancang agar memiliki kekuatan cukup untuk batas deformasi yang akan memperlemah kemampuan layan struktur saat bekerja. Syarat tebal minimum balok adalah sebagai berikut:

Tabel 2. 6 Tinggi Minimum Balok Nonprategang

Kondisi perletakan	Minimum $h^{(l)}$
Perletakan sederhana	$l/16$
Menerus satu sisi	$l/18,5$
Menerus dua sisi	$l/21$
Kantilever	$l/8$

Sumber : SNI 2847:2019 (BSN, 2019) Hal 180

Rumusan dapat diaplikasikan untuk beton mutu normal dan tulangan mutu 420.

Lendutan tidak perlu dihitung sebab sejak *preliminary design* telah direncanakan agar tinggi dari masing masing tipe balok lebih besar dari persyaratan h_{min}

a. Balok Induk

Balok induk adalah semua balok yang melintang tanpa topang pada seluruh lebar bangunan dan pada kedua ujungnya bertumpu pada kolom.

Estimasi rumus untuk mencari dimensi balok induk adalah:

$$\text{Tinggi} = 1/12 \times \text{bentang} \quad (2.1)$$

$$\text{Lebar} = 1/2 \times \text{tinggi balok} \quad (2.2)$$

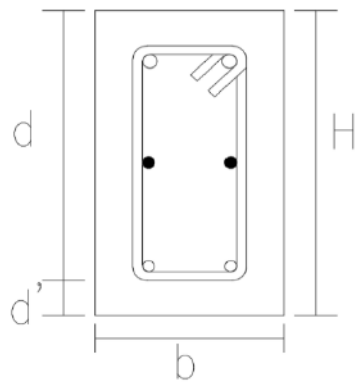
b. Balok Anak

Balok anak adalah balok yang pada kedua ujungnya bertumpu pada balok induk, digunakan untuk memperkecil petak-petak lantai disetiap ruangan. Estimasi Rumus untuk mencari dimensi balok anak adalah:

$$\text{Tinggi} = 1/15 \times \text{bentang} \quad (2.3)$$

$$\text{Lebar} = 1/2 \times \text{tinggi balok} \quad (2.4)$$

Perhitungan gaya-gaya dalam pada balok menggunakan software SAP2000 V. 20. Dari Hasil output gaya-gaya dalam tersebut kemudian digunakan untuk menghitung kebutuhan tulangan. Perhitungan kebutuhan tulangan dimulai dari mendapatkan besaran momen, kemudian menghitung dan didapatkan ρ rasio tulangan sehingga didapatkan A_s perhitungan A_s bergantung pada konfigurasi jarak jarak posisi tulangan seperti gambar di bawah, jarak jarak posisi tulangan dipengaruhi oleh d dan d' seperti di bawah



$$d' = p + \phi \text{ Sengkang} + \frac{1}{2} \phi \text{ tulangan utama} \quad (2.5)$$

$$d = h - (p + \phi \text{ Sengkang} + \frac{1}{2} \phi \text{ tulangan utama}) \quad (2.6)$$

Gambar 2. 1 Potongan Penampang Balok

Analisa gaya – gaya dalam berupa momen, gaya geser, gaya normal, maupun torsi yang terjadi pada balok dihitung dengan bantuan SAP2000 V.20. Hasil output analisis gaya – gaya dalam yang terjadi digunakan untuk menghitung kebutuhan tulangan pokok, tulangan geser (sengkang), dan tulangan torsi

1. Perhitungan tinggi efektif balok

$$d = h - (p + \phi \text{ Sengkang} + \frac{1}{2} \phi \text{ tulangan utama}) \quad (2.7)$$

$$c = \frac{d * \epsilon_c}{\epsilon_c + \frac{f_y}{E_s}} \quad (2.8)$$

$$a = \beta_1 * c \quad (2.9)$$

2. Perhitungan $\rho_{\min}$ dan $\rho_{\max}$

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y} \quad (2.10)$$

$$\rho_{\max} = \frac{\beta_1 * 450}{600 + f_y} * \frac{0.85 * f'_c}{f_y} \quad (2.11)$$

Syarat rasio tulangan : $\rho_{\min} \leq \rho \leq \rho_{\max}$

3. Menghitung Tulangan Utama Balok

a. Perhitungan tulangan utama daerah tumpuan dan daerah lapangan

Mu = Momen yang terjadi (diketahui dari output SAP2000)

$$A_s = \frac{Mu}{0,8 * f_y (d - \frac{a}{2})} \quad (2.12)$$

$$\rho = \frac{A_s}{b * d} \quad (2.13)$$

Syarat rasio tulangan : $\rho_{min} \leq \rho \leq \rho_{max}$

Apabila ρ memenuhi syarat dipakai tulangan single kemudian dipasang tulangan tarikanya. Tulangan tarik akan di cek momen nominalnya terhadap momen luar yang terjadi.

$$M_n = A_s * f_y * \left(d - \frac{a}{2} \right) \quad (2.14)$$

Checking : $M_n > M_u$ (AMAN)

6. Check Tulangan Tekan

Perhitungan tulangan utama daerah tumpuan :

Dipasang tulangan tekan minimum sebanyak 2 buah.

Momen yang di tahan tulangan tekan :

$$M_2 = A_s' * \phi * f_y * (d - d') \quad (2.15)$$

Momen yang harus ditahan tulangan tarik :

$$M_1 = M_u - M_2 \quad (2.16)$$

A_{s1} yang di butuhkan :

$$A_{s1} = \frac{M_1}{\phi * f_y (d - \frac{a}{2})} \quad (2.17)$$

As yang dibutuhkan :

$$A_s = A_{s1} \text{ yang dibutuhkan} + A_{s2} \quad (2.18)$$

$$\rho_{\min} < \rho \text{ terpasang} < \rho_{\max} \text{ (AMAN)}$$

$$M_1 = \phi * (A_s \text{ terpasang} - A_{s'}) * f_y * (d - \frac{a}{2})$$

Cek kapasitas penampang :

$$M_n = M_1 + M_2$$

$$\text{Checking : } M_1 > M_2 \dots\dots\dots \text{ (AMAN)}$$

b. Pengaruh Geser

Perencanaan penampang geser harus didasarkan pada :

$$V_u \leq V_c + V_s \quad (2.19)$$

Kuat geser yang disumbangkan beton sebesar :

$$V_c = \phi * \frac{\sqrt{f_c}}{6} * b * d \quad (2.20)$$

Jika $V_u > V_c$, maka diperlukan tulangan geser.

$$V_s = V_u - V_c \quad (2.21)$$

Checking penampang ;

$$V_s < V_{s \max}$$

$$V_{s \max} = \phi * \frac{2}{3} * \sqrt{f_c} * b * d \quad (2.22)$$

Jika $V_s < V_{s \max}$, maka penampang aman

Didapatkan tulangan geser (ganda) untuk sengkang per meter sebesar :

$$A_v = \frac{V_s * s}{f_y * d * \phi} \text{ dan } A_v \min = \frac{1}{3} * \frac{b * s}{f_y} \quad (2.23)$$

Jika $V_s > V_{s \min}$, maka dipakai tulangan geser sebesar A_v .

c. Pengaruh Torsi

Perencanaan penampang geser harus didasarkan pada:

$$T_u \leq T_c + T_s \quad (2.24)$$

Besar torsi yang disumbangkan penampang sebesar :

$$T_c = \phi * \frac{\sqrt{f_c}}{3} * \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \quad (2.25)$$

Dimana :

$$A_{cp} = b * h \quad (2.26)$$

$$P_{cp} = 2 * (b + h) \quad (2.27)$$

Karena $T_u > T_c$, maka dibutuhkan tulangan punter.

Checking penampang melintang :

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b*d} \right)^2 + \left(\frac{T_u * T_v}{1,7 * A_o h^2} \right)^2} \leq \phi * \left(\frac{V_c}{b*d} + \frac{2 * \sqrt{f_c}}{3} \right) \quad (2.28)$$

Dimana :

$$A_o h = b' * h' \quad (2.29)$$

$$P_h = 2 * (b' + h') \quad (2.30)$$

7. Tulangan Torsi (Sengkang)

$$T_s = T_u - T_c \quad (2.31)$$

Tulangan torsi (Sengkang) per meter yang dibutuhkan (Tunggal) :

$$A_t = \frac{T_s * s}{2 * A_o * f_{yv}} * \cot \theta \quad (2.32)$$

Dimana :

$$A_o = 0,85 * A_o h$$

$$\theta = 45$$

$$f_{yv} = 240 \text{ MPa (tegangan leleh tulangan sengkang)}$$

Maka tulangan sengkang yang dibutuhkan (ganda):

$$A_v + 2 A_t \quad (2.33)$$

8. Tulangan Torsi (memanjang)

$$A_l = \frac{A_t}{s} * Ph * \left(\frac{f_{yv}}{f_{yt}} \right) * \cot^2 \theta \quad (2.34)$$

Dimana ;

$$Ph = 2 * (b' + h')$$

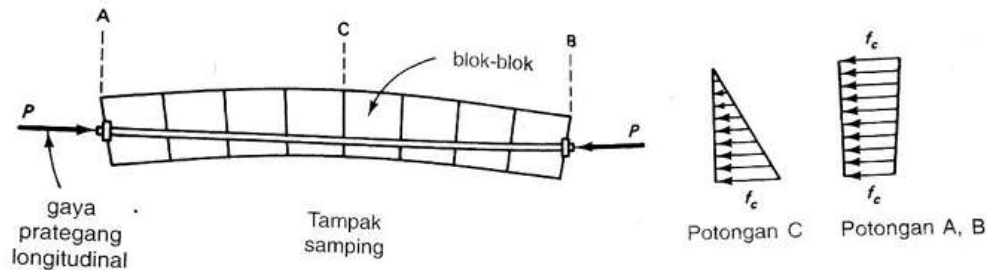
$$f_{yv} = 240 \text{ MPa (tegangan leleh tulangan sengkang)}$$

$$f_{yt} = 400 \text{ Mpa (tegangan leleh tulangan torsi memanjang).}$$

2.4 Sistem Struktur Beton Prategang

Beton adalah material yang kuat dalam kondisi tekan, tetapi lemah terhadap tarik: kuat tariknya bervariasi dari 8 sampai 14 persen dari kuat tekannya. Karena rendahnya kapasitas tarik tersebut, maka letak lentur terjadi pada taraf pembebanan yang masih rendah. Untuk mengurangi atau mencegah berkembangnya retak tersebut, gaya prategang diberikan dalam arah longitudinal elemen struktural. Gaya ini mencegah berkembangnya retak dengan cara mengeliminasi atau sangat mengurangi tegangan tarik di bagian tumpuan dan daerah kritis pada kondisi beban kerja, sehingga dapat meningkatkan kapasitas lentur geser dan torsional penampang. Penampang dapat berperilaku elastis, dan hampir semua kapasitas beton dalam memikul tekan dapat secara efektif dimanfaatkan di seluruh tinggi penampang beton pada saat semua beban bekerja di struktur tersebut.

Gambar beton prategang dan tegangan yang terjadi dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2. 2 Beton Prategang dan Tegangan pada beton

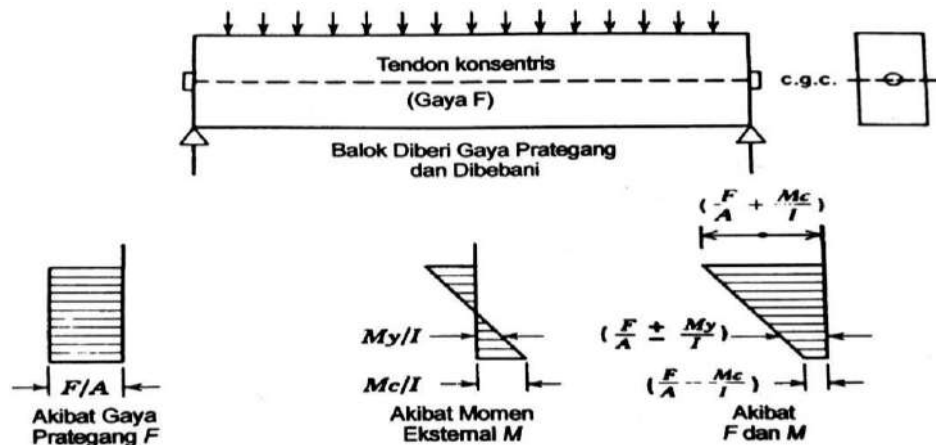
(Nawy, 2001)

2.4.1 Prinsip Dasar Struktur Beton Prategang

Ada tiga konsep yang dapat dipakai untuk menjelaskan dan menganalisis sifat-sifat dasar dari beton prategang. Penting bagi seorang perancang untuk mengerti ketiga konsep tersebut supaya dapat mendesain beton prategang dengan sebaik dan seefisien mungkin. Ketiga konsep tersebut adalah sebagai berikut. (Lin & Burns 2000)

a. Sistem Prategang Metode Bahan Elastis.

Konsep ini memperlakukan beton sebagai bahan yang elastis dan mungkin merupakan pendapat yang umum dari para insinyur. Ini merupakan buah pemikiran Eugene Freyssinet yang memvisualisasikan beton prategang pada dasarnya adalah beton yang ditransformasikan dari bahan yang getas menjadi bahan yang elastis dengan memberikan tekanan (desakan) terlebih dahulu (pratekan) pada bahan tersebut. Beton yang tidak mampu menahan tarikan dan kuat memikul tekanan (umumnya dengan baja mutu tinggi yang ditarik) sedemikian rupa sehingga beton yang getas dapat memikul tegangan tarik.

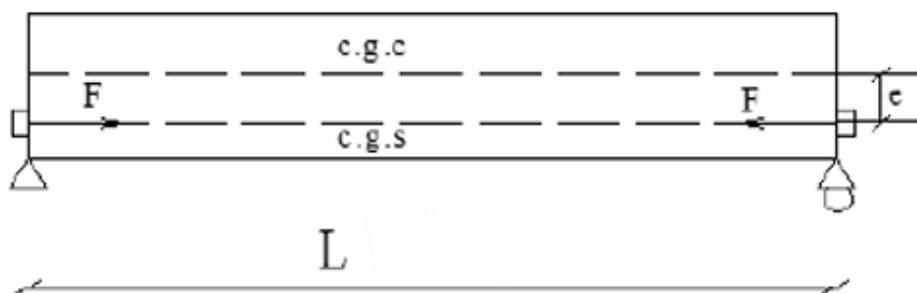


Gambar 2. 3 Distribusi Tegangan pada Penampang Beton Prategang

(Sumber : Lin dan Burns, 2000)

Akibat gaya tekan yang diberikan, gaya F yang bekerja akan memberikan tegangan tekan secara merata diseluruh penampang beton sebesar F/A , dimana A adalah luas penampang. Akibat dari beban merata yang memberikan tegangan tarik di bawah garis netral dan tegangan tekan di atas garis netral.

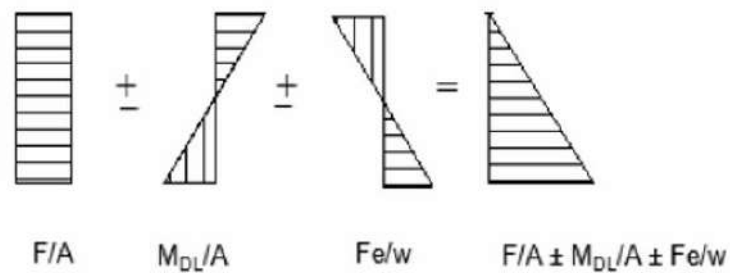
Agar kemampuan beton prategang meningkat, dapat ditambahkan eksentrisitas tegangan baja terhadap garis netral beton, gambar 2.4.



Gambar 2. 4 Tendon dengan Eksentrisitas

(Sumber : Lin dan Burns, 2000)

Karena adanya pergeseran eksentrisitas baja terhadap garis pusat, maka terjadi tegangan sebesar $F \cdot e / W$ dimana e merupakan eksentrisitas tegangan dan W adalah momen resisten (I/y) (Gambar 2.5).

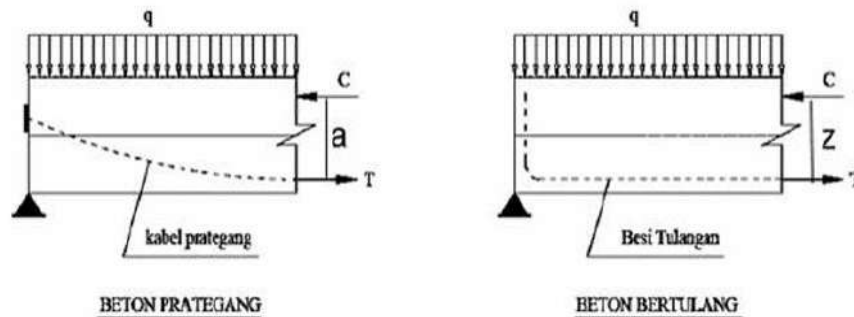


Gambar 2. 5 Diagram Tegangan Beton Prategang

(Sumber : Lin dan Burns, 2000)

b. Sistem Prategang Metode Pusat Tekanan

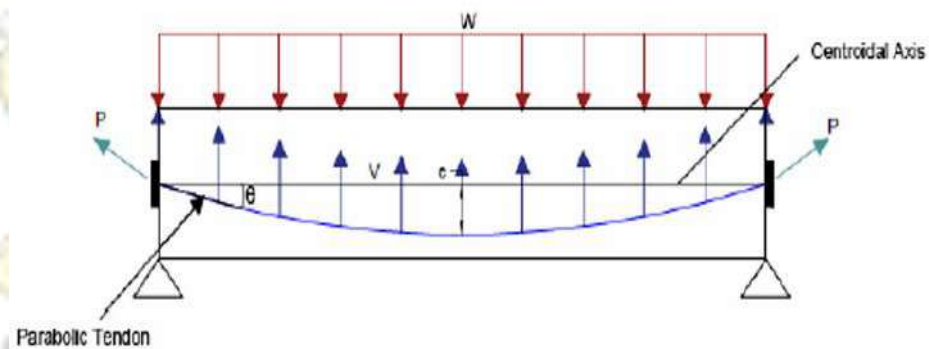
Konsep ini mempertimbangkan beton prategang sebagai kombinasi (gabungan) dari baja dan beton, seperti pada beton bertulang, dimana baja menahan tarikan dan beton menahan tekanan, dengan demikian kedua bahan membentuk kopel penahan untuk melawan momen eksternal. Pada beton prategang, baja mutu tinggi dipakai dengan jalan menariknya sebelum kekuatannya dimanfaatkan sepenuhnya. Jika baja mutu tinggi ditanamkan pada beton, seperti pada beton bertulang biasa, beton sekitarnya akan menjadi retak berat sebelum seluruh kekuatan baja digunakan. Oleh karena itu, baja perlu ditarik sebelumnya (pratarik) terhadap beton. Gambar perbandingan balok bertulang dengan balok prategang dengan baja mutu tinggi dapat dilihat pada Gambar 2.6 . (Lin & Burns, 2000).



Gambar 2. 6 Perbandingan Penulangan Prategang dan Beton Bertulang

Ada beton prategang, baja pategang ditarik dengan gaya prategang (T) yang akan membentuk momen kopel dengan gaya tekan pada beton (C) untuk melawan momen akibat beban luar. $M_{\text{dalam}} = C \times a$ (beton prategang). Pada beton bertulang biasa, tulangan akan menahan gaya tarik (T) akibat beban luar, yang akan membentuk momen kopel dengan gaya tekan pada beton (C) untuk melawan momen akibat beban luar. Dengan nilai $C=T$ dan $M_{\text{max}} = M_{\text{dalam}}$, dimana nilai $M_{\text{dalam}} = C \times Z$ (beton bertulang).

c. Sistem Prategang Metode Keseimbangan Beban



Gambar 2. 7 Konsep Beton Prategang Mencapai Keseimbangan Beban

Pada Gambar 2.7 menerangkan konsep ini untuk membuat keseimbangan gaya-gaya pada sebuah batang. Pada desain beton prategang, pengaruh prategang dipandang sebagai keseimbangan berat sendiri sehingga batang yang mengalami

lenturan tidak akan mengalami tegangan lentur pada kondisi pembebanan yang terjadi (Lin & Burns, 2000).

Balok beton yang terletak diatas dua perletakan yang diberi gaya prategang (P) dengan lintasan parabola. Beban akibat gaya prategang terdistribusi secara merata ke arah atas. Beban merata akibat beban diimbangi oleh gaya merata akibat prategang.

2.4.2 Tahap Pembebanan Prategang

Salah satu pertimbangan istimewa pada beton prategang adalah banyaknya tahapan pembebanan dimana sebuah komponen struktur dibebani. Berikut adalah tahapan–tahapan pembebanan (Sulendra & Tatong, 2011).

a. Tahap Awal

Batang atau struktur diberi gaya prategang tetapi tidak dibebani oleh beban eksternal. Tahap ini selanjutnya dapat dibagi dalam beberapa tahap, beberapa diantaranya tidak penting oleh karenanya dapat diabaikan pada desain-desain tertentu.

1. Sebelum diberi Gaya Prategang. Sebelum beton diberi gaya prategang, beton cukup lemah dalam memikul beban, oleh karena itu harus dicegah agar tidak terjadi kehancuran pada perletakan.
2. Pada saat diberi Gaya Prategang Merupakan percobaan yang kritis dari kekuatan tendon. Seringkali tegangan maksimum yang mungkin dialami oleh tendon terjadi pada saat penarikan.
3. Pada saat Peralihan Gaya Prategang Untuk komponen-komponen pratarik, peralihan gaya prategang dilakukan sekaligus dan dalam

waktu yang singkat. Untuk komponen-komponen struktur pasca-tarik, peralihan seringkali secara bertahap, gaya prategang pada tendon-tendon dialihkan ke beton satu per satu. Pada kedua keadaan tersebut tidak ada gaya eksternal pada komponen struktur kecuali berat sendirinya.

Pada struktur pratarik, sebelum gaya prategang ditransfer ke beton, gaya prategang awal mengendur menjadi gaya prategang pada saat transfer. Setelah beton mengeras, beton dan tendon saling mengikat. Gaya prategang saat transfer dianggap sebagai tegangan residual dan ditaransformasikan menjadi gaya nodal, dan kemudian gaya nodal diaplikasikan pada struktur dengan beberapa langkah (Putra, 2020)

Pada struktur pascatarik, gaya prategang ditransfer dengan sebuah operasi tegangan. Desain gaya tarik diaplikasikan di ujung tendon secara bertahap dan kehilangan akibat friksi dan perpendekan elastis beton dihitung bersamaan. Setelah gaya prategang ditransfer, tendon akan bonded dan unbounded tendon (Putra, 2020).

4. Desentring dan Penarikan Kembali Jika sebuah komponen struktur dicor dan diberi gaya prategang di tempat, maka pada umumnya komponen tersebut akan memikul sendiri selama atau sesudah diberi gaya prategang. Jadi bekisting dapat dibongkar setelah diberi gaya prategang, dan tidak ada pembebanan baru terjadi pada struktur. Beberapa struktur beton mengalami penarikan ulang; ini adalah sistem

prategang dalam dua tahap atau lebih. Jadi tegangan tegangan pada berbagai macam tahap penarikan harus terjadi.

2.4.3 Tahap Antara (*Intermediate*)

Ini adalah tahapan selama pengangkutan dan penempatan. Hal ini terjadi hanya pada komponen-komponen struktur pracetak bila diangkut ke lapangan dan dipasang pada tempatnya. Hal ini penting sekali untuk menjamin bahwa komponen-komponen struktur tersebut telah ditumpu dan diangkat dengan semestinya.

2.4.4 Tahap Akhir

Ini adalah bila beban kerja yang sesungguhnya bekerja pada struktur. Seperti konstruksi-konstruksi lain, pendesain harus mempertimbangkan berbagai macam kombinasi beban hidup pada setiap bagian yang berbeda dari struktur akibat beban-beban lateral seperti angin dan gaya-gaya gempa, dan dengan beban-beban regangan seperti yang dihasilkan oleh penurunan pada tumpuan dan pengaruh temperatur. Untuk struktur beton prategang, terutama untuk jenis-jenis yang tidak umum, seringkali perlu untuk menyelidiki retak-retak dan beban batasnya, perilakunya akibat beban yang bekerja tetap (*sustained load*) selain akibat beban kerja.

1. Beban yang Bekerja Tetap (*Sustained Load*). Lendutan ke atas atau ke bawah dari komponen struktur prategang akibat beban tetap yang sesungguhnya (sering hanya terdiri dari beban mati) seringkali

merupakan faktor penentu dalam desain, karena pengaruh dalam rangkai akibat lentur akan memperbesar nilainya. Sehingga seringkali dikehendaki untuk membatasi besar lendutan akibat beban tetap.

2. Beban Kerja. Untuk mendesain akibat beban kerja haruslah ada pemeriksaan terhadap tegangan dan regangan yang berlebihan. Tidak perlu ada suatu jaminan atas kekuatan yang cukup untuk memikul beban yang berlebihan.
3. Beban Retak. Retak pada komponen beton prategang berarti perubahan yang mendadak pada tegangan retak dan tegangan geser. Hal ini seringkali merupakan ukuran bagi kekuatan lelah.
4. Beban Batas. Struktur yang didesain berdasarkan tegangan kerja mungkin tidak terlalu mempunyai angka keamanan yang cukup untuk kelebihan beban. Karena disyaratkan bahwa sebuah struktur memiliki kapasitas minimum tertentu, maka perlu ditentukan kekuatan batasnya (ultimate strength). Secara umum kekuatan batas dari sebuah struktur didefinisikan sebagai beban maksimum yang dapat dipikul secara hancur.

2.4.5 Kehilangan Gaya Prategang

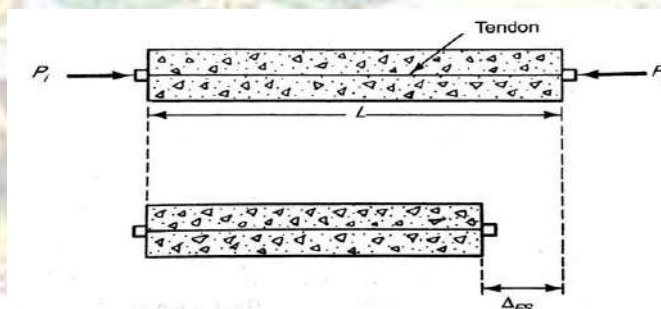
Kehilangan gaya prategang dibedakan menjadi 2, yaitu kehilangan gaya prategang jangka pendek dan kehilangan gaya prategang jangka panjang.

1. Kehilangan Gaya Prategang Jangka Pendek

Kehilangan gaya prategang jangka pendek terjadi pada saat proses transfer gaya prategang, dan terjadi pada waktu singkat. Yang merupakan kehilangan gaya prategang jangka pendek antara lain akibat perpendekan elastis beton, dudukan angkur, dan friksi. Penjelasan dari ketiga hal yang menyebabkan kehilangan gaya prategang di atas dijabarkan dalam penjelasan berikut

a. Perpendekan elastis beton (ES)

Menyatakan bahwa beton memendek pada saat gaya prategang bekerja padanya. Karena tendon yang melekat pada beton di sekitarnya secara simultan juga memendek, maka tendon tersebut akan kehilangan sebagian dari gaya prategang yang dipikulnya. Ilustrasi perpendekan elastis beton dapat dilihat pada Gambar 2.8 (Nawy, 2001)



Gambar 2. 8 Perpendekan Elastis Beton

(Sumber : Nawy, 2001)

di balok pascatarik, kehilangan akibat perpendekan elastis bervariasi dari nol jika semua tendon didongkrak secara simultan. Jika n adalah banyaknya tendon atau pasangan tendon

yang ditarik secara sekuensial, maka persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut. (Nawy, 2001),

$$\Delta f_{pES} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (\Delta f_{pES})_j \quad (2.35)$$

Yang mana j merupakan nomor operasi pendongkrakan. Pada kondisi tersebut, tendon yang ditarik terakhir tidak mengalami kehilangan akibat perpendekan, sedangkan tendon yang ditarik pertama mengalami banyak kehilangan gaya prategang.

b. Kehilangan karena dudukan angker

kehilangan karena dudukan angker pada komponen struktur pascatarik diakibatkan adanya blok-blok pada angker pada saat gaya pendongkrak ditransfer ke angker. Cara mudah untuk mengatasi kehilangan ini adalah dengan memberikan kelebihan tegangan. Persamaan yang dipakai untuk menghitung kehilangan gaya akibat dudukan angker adalah sebagai berikut (Nawy, 2001).

$$\Delta f_{pA} = \frac{\Delta A}{L} E_{ps} \quad (2.36)$$

Dimana :

Δf_{pA} = Kehilangan gaya prategang akibat dudukan angker

ΔA = Besar gelincir angkur

L = Panjang tendon

E_{ps} = Modulus elastisitas baja prategang

c. Kehilangan akibat friksi / gesekan

Kehilangan prategang terjadi pada komponen struktur pascatarik akibat adanya gesekan antara tendon dan beton di sekelilingnya.

Besarnya kehilangan ini merupakan fungsi dari alinyemen tendon, yang disebut efek kelengkungan, dan deviasi lokal di dalam alinyemen tendon yang disebut efek “wobble”. Dalam tugas akhir ini metode penarikan baja prategang yang digunakan adalah pascatarik dengan penarikan dilakukan pada dua sisi gelagar, sehingga persamaan yang dipakai untuk menghitung kehilangan gaya prategang adalah sebagai berikut (Lin dan Burns 2000)

$$\Delta f_p F = f_1 (1 - e^{-\mu a - KL}) \quad (2.37)$$

$$a = \frac{8y}{x} \quad (2.38)$$

Dimana :

$\Delta f_p F$ = kehilangan gaya prategang akibat gesekan kabel.

f_1 = tegangan awal tendon

μ = koefisien gesek antara tendon dan salurannya.

α = sudut tendon.

K = koefisien wobble, dapat dilihat tabel 2.19

L = Panjang tendon.

UNMAS DENPASAR

Tabel 2. 6 Koefisien Fraksi strand Pasca tarik

			Koefisien <i>wobble</i> K (1/m)	Koefisien friksi μ
Tendon Kawat				
Betang kekuatan			0,0033-0,0049	0,15-0,25
tinggi <i>strand</i> 7			0,0033-0,0020	0,08-0,30
kawat			0,0016-0,0066	0,15-0,25
Tendon tanpa lekatan	<i>Mastic coated</i>	Tendon kawat	0,0033-0,0066	0,05-0,15
		<i>strand</i> 7 kawat	0,0033-0,0066	0,05-0,15
	<i>Pre greased</i>	Tendon kawat	0,0010-0,0066	0,05-0,15
		<i>strand</i> 7 kawat	0,0010-0,0066	0,05-0,15

(Sumber : Lin & Burns, 2000)

2.4.6 Perencanaan Desain Beton Prategang

Setelah dilakukan pemodelan dan analisis didapatkan momen dan gaya gaya yang bekerja selanjutnya dilakukan perencanaan pada sistem prategang.

1. Perencanaan Pendahuluan

a. Menentukan Tinggi Penampang, h

$$h = k\sqrt{M_T} \quad (2.39)$$

$$\text{koefisien (k)} = 10 \quad (2.40)$$

$$M_T = M_G + M_L \quad (2.41)$$

$$M_G = 1,2 M_L \quad (2.42)$$

b. Kehilangan Gaya Pratekan

Kehilangan gaya pratekan ditentukan untuk menentukan besarnya tegangan prategang efektif f_{se} . Berdasarkan rekomendasi dari T. Y. Lin,

maka kehilangan gaya pratekan untuk sistem *post-tension* adalah sebesar 20 %. Sehingga tegangan prategang efektif menjadi :

$$f_{se} = 0,8 f_p \quad (2.43)$$

c. Luas dan Dimensi Penampang definitif

Luas Baja Prategang, A_{ps}

$$A_{ps} = 0,8 f_p \quad (2.44)$$

Luas penampang Beton, A_c

$$A_c = \frac{A_{ps} f_{se}}{0,5 f_c} \quad (2.45)$$

d. Desain Akhir

Berdasarkan Teori Elastis tanpa tarikan pada beton

Karena perbandingan M_G/M_T besar, nilai $e - k_b = M_G / P_0$ dapat c.g.s di luar praktis. Sehingga c.g.s. ditempatkan serendah mungkin dan membuat desain yang sesuai

Letak c.g.s terendah secara pendekatan teoritis :

$$e - k_b = M_G / P_0 \quad (2.46)$$

$$P_0 = A_{ps} * f_{se} \quad (2.47)$$

e. Pemeriksaan Penampang

Tegangan–tegangan pada penampang beton akibat gaya–gaya yang bekerja :

Kondisi Awal P_0

$$\text{Serat atas} \quad f_t = \frac{P_0}{A_c} + \frac{P_0 e C_t}{I_g} - \frac{M_G C_t}{I_g} \quad (2.48)$$

$$\text{Serat bawah} \quad f_b = \frac{P_0}{A_c} + \frac{P_0 e C_b}{I_g} - \frac{M_G C_b}{I_g}$$

Kondisi Akhir P

$$\text{Serat atas} \quad f_t = \frac{P}{A_c} + \frac{PeCt}{Ig} - \frac{MT Ct}{Ig} \quad (2.49)$$

$$\text{Serat bawah} \quad f_b = \frac{P}{A_c} + \frac{PeCb}{Ig} - \frac{MT Cb}{Ig}$$

Tegangan awal dan tegangan akhir pada beton yang terjadi jauh lebih kecil dari tegangan yang diijinkan, penampang masih bisa diekonomiskan.

Bila kekuatan tarik beton diperhitungkan, maka tegangan tarik yang diijinkan tidak melebihi $0,5 \cdot \sqrt{f'_c}$ pada ujung – ujung komponen struktur yang terdukung sederhana, atau $0,25 \cdot \sqrt{f'_c}$.

2.4.7 Sistem Sambungan Kolom Nonprategang Dengan Balok Prategang

Sambungan dalam perencanaan elemen pracetak prategang selain sebagai penghubung antar elemen pracetak juga berfungsi sebagai penyalur gaya-gaya yang bekerja dari elemen struktur satu dengan lain yang nantinya akan diteruskan ke pondasi. Terdapat dua jenis sambungan dalam joint kolom balok pracetak prategang.

1. Sambungan Basah (*wet connection*),

Sambungan basah terdiri dari keluarnya besi tulangan dari bagian ujung komponen beton pracetak prategang yang mana antar tulangan tersebut dihubungkan dengan bantuan *mechanical joint*, *mechanical coupled*, *splice sleeve* atau panjang penyaluran. Kemudian pada bagian sambungan tersebut dilakukan pengecoran beton di tempat dengan mutu tinggi. Sistem sambungan ini sangat di anjurkan dikarenakan dapat

menjadikan masing-masing komponen beton pracetak prategang dengan kolom menjadi monolit.

2. Sambungan Kering (*dry connection*)

Sambungan kering menggunakan bantuan pelat besi sebagai penghubung antar komponen beton pracetak prategang dan hubungan antar pelat besi dilakukan dengan baut atau dilas. Penggunaan metode sambungan ini perlu perhatian khusus dalam analisa dan pemodelan komputer karena antar elemen struktur bangunan dapat berperilaku tidak monoli.

Desain sambungan yang dipakai dalam perancangan ini adalah sambungan basah, seperti cor ditempat maupun dengan cara grouting sudah banyak diterapkan atau dipergunakan sebagai salah satu pemecah masalah dalam mendesain kontruksi pracetak prategang .

UNMAS DENPASAR