

DESAIN STRUKTUR BALOK BETON PRATEGANG UNTUK BANGUNAN INDUSTRI

Alexandro Mark Kojongian

Servie O. Dapas, Steenie E. Wallah

Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado

Email: Markalexandro7@gmail.com

ABSTRAK

Jenis konstruksi bangunan di Indonesia memiliki jenis yang beragam. Ada bangunan gedung untuk rumah tinggal, gedung sekolah, rumah sakit, hotel, toko, perkantoran, gedung olah raga dan gedung untuk bangunan industri atau pabrik. Pada dasarnya, seluruh bangunan ini memiliki komponen struktur balok. Jarang terlihat bangunan industri di Indonesia menggunakan material beton prategang untuk mendesain suatu bangunan industri. Sebagian besar sekarang ini menggunakan material baja, tetapi juga menggunakan baja komposit ataupun beton bertulang. Padahal, Jika dilihat dari perkembangan sekarang ini, material beton prategang bukanlah suatu hal yang baru lagi. Pada umumnya balok pada bangunan industri dirancang memiliki bentang yang cukup panjang dan dalam perencanaannya menggunakan balok beton bertulang yang mempunyai dimensi yang cukup besar sehingga menimbulkan berat sendiri yang cukup besar pula. Oleh karena itu penulis ingin memberikan alternatif dengan menggunakan material beton prategang, sehingga dapat dibandingkan dan dapat diketahui mana balok yang lebih efektif digunakan. Hal ini mendasari penulisan tugas akhir untuk merencanakan element balok bangunan industri dengan material balok prategang. Dalam perencanaan ini Balok 1 akan memakai 14 kabel dalam satu selongsong dengan jumlah 5 selongsong, maka luas selongsong $5 \times 54.7 \times 14 = 3829 \text{ mm}^2$, Balok 2 menggunakan 15 kabel dalam satu selongsong dengan jumlah 5 selongsong, maka luas selongsong $5 \times 54.7 \times 15 = 4102.5 \text{ mm}^2$ dan balok 3 memakai 12 kabel dalam satu selongsong dengan jumlah 6 selongsong, maka luas selongsong $6 \times 54.7 \times 12 = 3938 \text{ mm}^2$

Kata Kunci : *Balok Prategang, Bangunan Industri*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Jenis konstruksi bangunan di Indonesia memiliki jenis yang beragam. Ada bangunan gedung untuk rumah tinggal, gedung sekolah, rumah sakit, hotel, toko, perkantoran, gedung olah raga dan gedung untuk bangunan industri atau pabrik. Pada dasarnya, seluruh bangunan ini memiliki komponen struktur balok. Oleh karena itu, perencanaan struktur merupakan faktor yang sangat penting untuk diperhatikan. Bangunan industri baik itu industri ringan/rumahan ataupun pabrik memiliki komponen struktur balok. Yang mana pada perencanaannya menggunakan material beton bertulang ataupun baja untuk balok, terutama, pada saat sekarang ini, pabrik-pabrik atau bangunan industri menggunakan baja untuk komponen strukturnya. Balok yang digunakan dapat berupa balok tunggal ataupun rangka batang.

Bangunan industri merupakan salah satu bangunan yang digunakan untuk kegiatan usaha khususnya dalam bidang industri. Kegiatan industri ini dapat berupa pembuatan suatu barang

atau bagian suatu barang, atau kegiatan jasa seperti perbaikan, penghiasan (membuat lebih menarik), penyelesaian, pembersihan, pencucian, pengepakan atau pengalengan, dan lain sebagainya. Semua kegiatan tersebut mempunyai aliran/alur kerja yang berbeda-beda sesuai dengan prosesnya. Namun, dalam satu proses kerja memiliki keteraturan alur/aliran kerja. Rumitnya dan banyaknya kegiatan dalam proses industri ini menjadi satu pertimbangan sendiri dalam merencanakan bangunan industri.

Jarang terlihat bangunan industri di Indonesia menggunakan material beton prategang untuk mendesain suatu bangunan industri. Sebagian besar sekarang ini menggunakan material baja, tetapi juga menggunakan baja komposit ataupun beton bertulang. Padahal, Jika dilihat dari perkembangan sekarang ini, material beton prategang bukanlah suatu hal yang baru lagi. Perkembangan penggunaan sistem beton prategang sebenarnya sudah pesat. Sebagian besar beton prategang dipakai untuk perencanaan jembatan, terutama untuk bentang yang panjang. Pemakaian beton prategang efektif digunakan

pada konstruksi dengan bentang yang panjang seperti jembatan dengan besar yang besar seperti segmental atau jembatan cable-stayed hanya dapat dilaksanakan dengan menggunakan beton prategang. Demikian juga halnya untuk bangunan yang memiliki bentang yang panjang dan relatif tinggi adalah efektif untuk memakai prategang untuk perencanaan.

Prategang pada dasarnya merupakan suatu beban yang menimbulkan tegangan dalam awal sebelum pembebanan luar dengan besar dan distribusi tertentu bekerja sehingga tegangan yang dihasilkan dari beban luar dilawan sampai tingkat yang diinginkan. Gaya pratekan dihasilkan dengan menarik kabel tendon yang ditempatkan pada beton dengan alat penarik. Setelah penarikan tendon mencapai gaya/tekanan yang direncanakan, tendon ditahan dengan angkur, agar gaya tarik yang tadi dikerjakan tidak hilang. Penarikan kabel tendon dapat dilakukan baik sebelum beton dicor (pre-tension) atau setelah beton mengeras (post-tension).

Sistem prategang untuk mengubah beton menjadi bahan elastis. Beton yang tidak mampu menahan tarikan dan kuat memikul tekanan pada umumnya dengan baja mutu tinggi yang ditarik sedemikian rupa sehingga beban yang getas dapat memikul tegangan tarik. Dari konsep inilah lahir 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.

Perumusan Masalah

Pada umumnya balok pada bangunan industri dirancang memiliki bentang yang cukup panjang dan dalam perencanaannya menggunakan balok beton bertulang yang mempunyai dimensi yang cukup besar sehingga menimbulkan berat sendiri yang cukup besar pula. Oleh karena itu penulis ingin memberikan alternatif dengan menggunakan material beton prategang, sehingga dapat menjadi referensi tambahan dalam merencanakan sebuah bangunan industri dan dapat diketahui mana balok yang lebih efektif digunakan. Hal ini mendasari penulisan tugas akhir untuk merencanakan element balok bangunan industri dengan material balok prategang

Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah merencanakan balok dengan menggunakan material beton prategang

dengan segi layan teknik yang efektif juga ekonomis. Perencanaan beton hingga baja prategangnya direncanakan dengan menggunakan ketentuan-ketentuan dan peraturan berdasarkan SNI

TINJAUAN PUSTAKA

Beton Prategang

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. (ACI) Dalam definisi lain, beton prategang merupakan beton bertulang yang telah diberikan tegangan tekan dalam untuk mengurangi tegangan tarik potensial dalam akibat beban kerja. (SNI 03-2847-2002)

Beton prategang juga dapat didefinisikan sebagai beton dimana tegangan tariknya pada kondisi pembebanan tertentu dihilangkan atau dikurangi sampai batas aman dengan pemberian gaya tekan permanen, dan baja prategang yang digunakan untuk keperluan ini ditarik sebelum beton mengeras (pratarik) atau setelah beton mengeras (pascatarik).

Perbedaan utama antara beton bertulang dan beton prategang pada kenyataannya adalah beton bertulang mengkombinasikan beton dan tulangan baja dengan cara menyatukan dan membiarkan keduanya bekerja bersama-sama sesuai dengan keinginannya, sedangkan beton prategang mengkombinasikan beton berkekuatan tinggi dan baja mutu tinggi dengan cara-cara "aktif". Hal ini dicapai dengan cara menarik baja tersebut dan menahannya ke beton, jadi membuat beton dalam keadaan tertekan. Kombinasi aktif ini menghasilkan perilaku yang lebih baik dari kedua bahan tersebut. Baja adalah bahan yang liat dan dibuat untuk bekerja dengan kekuatan tarik yang tinggi oleh prategang. Beton adalah bahan yang getas dan kemampuannya menahan tarikan diperbaiki dengan memberikan tekanan, sementara kemampuannya menahan tekanan tidak dikurangi. Jadi beton prategang merupakan kombinasi yang ideal dari dua buah bahan modern berkekuatan tinggi

Material Beton Prategang

Beton

Beton adalah campuran dari semen, air, dan agregat serta suatu bahan tambahan. Setelah beberapa jam dicampur, bahan-bahan tersebut

akan langsung mengeras sesuai bentuk pada waktu basahnya. Beton yang digunakan untuk beton prategang adalah yang mempunyai kekuatan tekan yang cukup tinggi dimana beton minimal 30 Mpa. Kuat tekan yang tinggi diperlukan untuk menahan tegangan tekan pada serat tertekan, pengangkuran tendon, mencegah terjadinya keretakan, mempunyai modulus elastisitas yang tinggi dan mengalami rangkakan lebih kecil.

Beton adalah material yang kuat terhadap kondisi tekan, akan tetapi material yang lemah terhadap kondisi tarik. Kuat tarik beton bervariasi mulai dari 8 sampai 14 persen dari kuat tekannya. Rendahnya kapasitas tarik beton menimbulkan terjadinya retak lentur pada taraf pembebanan yang masih rendah.

Untuk mengurangi atau mencegah berkembangnya retak tersebut, gaya konsentris atau eksentris diberikan dalam arah longitudinal elemen structural. Gaya longitudinal yang diterapkan tersebut di atas disebut gaya prategang, yaitu gaya tekan yang memberikan prategang pada penampang di sepanjang bentang suatu elemen structural sebelum bekerjanya beban mati dan beban hidup transversal atau beban hidup horizontal transien. Gaya prategang ini berupa tendon yang diberikan tegangan awal sebelum memikul beban kerjanya, yang berfungsi mengurangi atau menghilangkan tegangan tarik pada saat beton mengalami beban kerja, menggantikan tulangan tarik pada struktur beton bertulang biasa.

Beton prategang adalah material yang sangat banyak digunakan dalam konstruksi. Beton prategang pada dasarnya adalah beton di mana tegangan-tegangan internal dengan besar serta distribusi yang sesuai diberikan sedemikian rupa sehingga tegangan-tegangan yang diakibatkan oleh beban-beban luar dilawan sampai suatu tingkat yang diinginkan. Prategang meliputi tambahan gaya tekan pada struktur untuk mengurangi atau bahkan menghilangkan gaya tarik internal dan dalam hal ini retak pada beton dapat dihilangkan.

Beton yang digunakan dalam beton prategang adalah mempunyai kuat tekan yang cukup tinggi dengan nilai f'_c min K-300, modulus elastis yang tinggi dan mengalami rangkakan ultimit yang lebih kecil, yang menghasilkan kehilangan prategang yang lebih kecil pada baja. Kuat tekan yang tinggi ini diperlukan untuk menahan tegangan tekan pada serat tertekan, pengangkuran tendon, mencegah terjadinya keretakan. Pemakaian beton berkekuatan tinggi dapat

memperkecil dimensi penampang melintang unsur-unsur struktural beton prategang. Dengan berkurangnya berat mati material, maka secara teknis maupun ekonomis bentang yang lebih panjang dapat dilakukan.

Baja Prategang

Baja yang digunakan sebagai pemberi prategang pada beton merupakan baja dengan mutu sangat tinggi hingga 1862 MPa atau lebih tinggi lagi. Baja bermutu tinggi seperti itu dapat mengimbangi kehilangan prategang dan mempunyai taraf tegangan sisa yang dapat menahan gaya prategang yang dibutuhkan. Kehilangan prategang normal dapat diperkirakan di dalam selang 241 sampai 414 MPa. Karena itu, prategang awal harus sangat tinggi, sekitar 1241 sampai 1517 MPa. Baja prategang dapat berbentuk kawat-kawat tunggal, *strand* yang terdiri dari atas beberapa kawat yang dipuntir membentuk elemen tunggal dan batang-batang bermutu tinggi.

Jenis Bangunan Industri

Bangunan industri merupakan salah satu klasifikasi bangunan yang berfungsi sebagai tempat usaha. Jenis bangunan industri tidak dapat terlepas dari jenis atau macam industri itu sendiri. Jenis industri dapat digolongkan berdasarkan tempat bahan baku, besar kecil modal, klasifikasi atau penjenisannya, jumlah tenaga kerja, pemilihan lokasi, dan produktivitas perorangan. Namun penggolongan industri yang mempengaruhi perbedaan bangunan industrinya hanya penggolongan industri berdasarkan klasifikasi atau penjenisannya dan jumlah tenaga kerja. Jenis-jenis/macam industri berdasarkan klasifikasi atau penjenisannya berdasarkan SK Menteri Perindustrian No.19/M/I/1986 terdiri dari empat macam. Pertama, industri kimia dasar contohnya seperti industri semen, obat-obatan, kertas, pupuk, dsb. Kedua, industri mesin dan logam dasar misalnya seperti industri pesawat terbang, kendaraan bermotor, tekstil, dll. Ketiga, industri kecil contohnya seperti industri roti, kompor minyak, makanan ringan, es, minyak goreng curah, dll. Keempat, aneka industri misal seperti industri pakaian, industri makanan dan minuman, dan lain-lain. Dari perbedaan klasifikasi atau penjenisan industri ini dapat membedakan bangunan industri dari segi klasifikasi bangunan industri. Setiap bangunan industri tersebut mempunyai karakteristik yang berbeda-beda sesuai dengan kebutuhan ruang dan

kualitas ruang. Jenis-jenis industri berdasarkan jumlah tenaga kerja dapat dibedakan menjadi empat. Pertama, industri rumah tangga adalah industri yang jumlah karyawan/tenaga kerja berjumlah antara 1-4 orang. Kedua, industri kecil adalah industri yang jumlah karyawan/tenaga kerja berjumlah antara 5-19 orang. Ketiga, industri sedang atau industri menengah adalah industri yang jumlah karyawan/tenaga kerja berjumlah antara 20-99 orang. Keempat, industri besar adalah industri yang jumlah karyawan/tenaga kerja berjumlah antara 100 orang atau lebih. Dari perbedaan industri tersebut dapat dilihat perbedaan bangunan industri berdasarkan ukuran dan bentuknya. Dari jenis industri tersebut bisa dibedakan ada yang memerlukan bangunan industri khusus seperti industri sedang/menengah dan industri besar. Namun, ada industri yang tidak terlalu memerlukan bangunan industri secara khusus seperti industri rumah tangga dan industri kecil. Akan tetapi, semua perencanaan bangunan industri tersebut perlu dipertimbangkan secara matang sesuai dengan kebutuhan kegiatan dalam industri.

Bangunan industri menurut jumlah lantai bangunan dapat dikelompokkan sebagai berikut (Fadli Yanur, 2008, chap.2) :

1. Gedung yang tidak bertingkat dengan pelbagai macam susunan/bentuk atap (single story). Bangunan industri ini hanya memiliki satu lantai yang ketinggian atap dari lantai tidak terlalu tinggi. Akan tetapi bentuk atapnya bisa memiliki susunan/bentuk yang lebih bervariasi. Bangunan industri ini juga memiliki satu lantai tetapi ketinggian atapnya tinggi. Jadi, bangunan industri ini memiliki tiang/kolom yang tinggi. Ini dimaksudkan untuk penambahan mezzanine sebagai tempat monitor/pengawasan kegiatan industri di bawahnya. Penambahan mezzanine ini tidak lebih dari setengah dari luas bangunan seluruhnya industri besar adalah industri yang jumlah karyawan/tenaga kerja berjumlah antara 100 orang atau lebih. Dari perbedaan industri tersebut dapat dilihat perbedaan bangunan industri berdasarkan ukuran dan bentuknya. Dari jenis industri tersebut bisa dibedakan ada yang memerlukan bangunan industri khusus seperti industri sedang/menengah dan industri besar. Namun, ada industri yang tidak terlalu memerlukan bangunan industri secara khusus seperti industri rumah tangga dan industri kecil. Akan tetapi, semua perencanaan bangunan

industri tersebut perlu dipertimbangkan secara matang sesuai dengan kebutuhan kegiatan dalam industri. Bangunan industri menurut jumlah lantai bangunan dapat dikelompokkan sebagai berikut (Fadli Yanur, 2008, chap.2)

2. High bay and monitor types. Bangunan industri ini juga memiliki satu lantai tetapi ketinggian atapnya tinggi. Jadi, bangunan industri ini memiliki tiang/kolom yang tinggi. Ini dimaksudkan untuk penambahan mezzanine sebagai tempat monitor/pengawasan kegiatan industri di bawahnya. Penambahan mezzanine ini tidak lebih dari setengah dari luas bangunan seluruhnya karena jika lebih dari setengah dari luas bangunan dihitung sebagai lantai tersendiri.

3. Gedung yang bertingkat (multy story). Bangunan industri ini mempunyai jumlah lantai yang lebih atau sama dengan dua. Bangunan industri ini harus memenuhi syarat-syarat bangunan bertingkat dengan memperhatikan aspek struktural, arsitektural (estetika), mekanikal (transportasi vertikal dan tata udara), dan elektrik (daya listrik dan penerangan). Bangunan industri juga dapat dikelompokkan menurut jenis tujuannya, yaitu (Jolyon Drury, 1981):

1. Light production and assembly (Produksi ringan dan perakitan)

- a. High technology (Teknologi tinggi), meliputi komponen elektronik, peralatan ilmiah, peralatan ahli bedah, rekayasa teknik murni. b. Low technology (Teknologi rendah), meliputi rekayasa teknik ringan, pengepakan, pembuatan pakaian skala kecil, perawatan kendaraan, perbaikan barang-barang kebutuhan.

2. Batch production and assembly (Produksi kelompok dan perakitan), meliputi komponen teknik, pakaian, pekerjaan baja, pengepakan makanan, rekayasa teknik secara umum dan pabrikasi, serta peralatan elektronik.

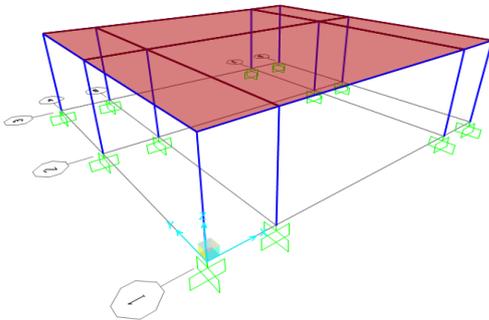
3. Mass production and assembly (Produksi kelompok besar dan perakitan), meliputi automobile, barang elektronik, dan pakaian.

4. Process-based production (Proses dasar produksi)
 - a. Centralised facilities (fasilitas terpusat), meliputi obat-obatan, kebutuhan kamar mandi, produk petro kimia, tembakau, alat memasak, dan makanan. b. Dispersed facilities (fasilitas terpisah), meliputi kertas, plastik, cat, dan kebutuhan kamar mandi.

5. Heavy engineering (Alat-alat berat), meliputi gear, penutup kapal, pabrikasi lempengan logam, produksi rel kereta api, gulungan lembaran baja, kabel, dan industri komponen eksplorasi minyak.

METODOLOGI PENELITIAN

Pada tugas akhir ini akan direncanakan suatu balok beton prategang dari suatu struktur bangunan pabrik. Balok beton prategang tersebut akan menggunakan tampang persegi sebagai balok memanjang dan melintang yang menghubungkan rangka portal satu dengan yang lain



Data yang digunakan dalam perencanaan

- Konstruksi portal balok beton bangunan pabrik, yang akan direncanakan portal baloknya sendiri terdiri dari panjang 30 m serta tinggi 10 m

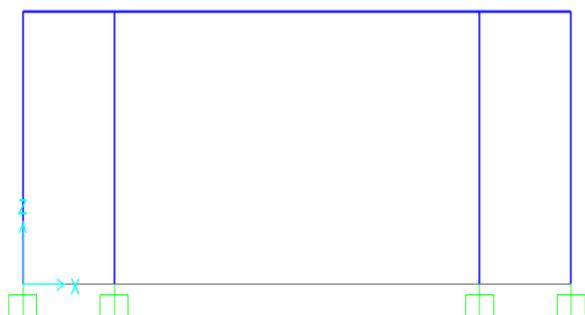
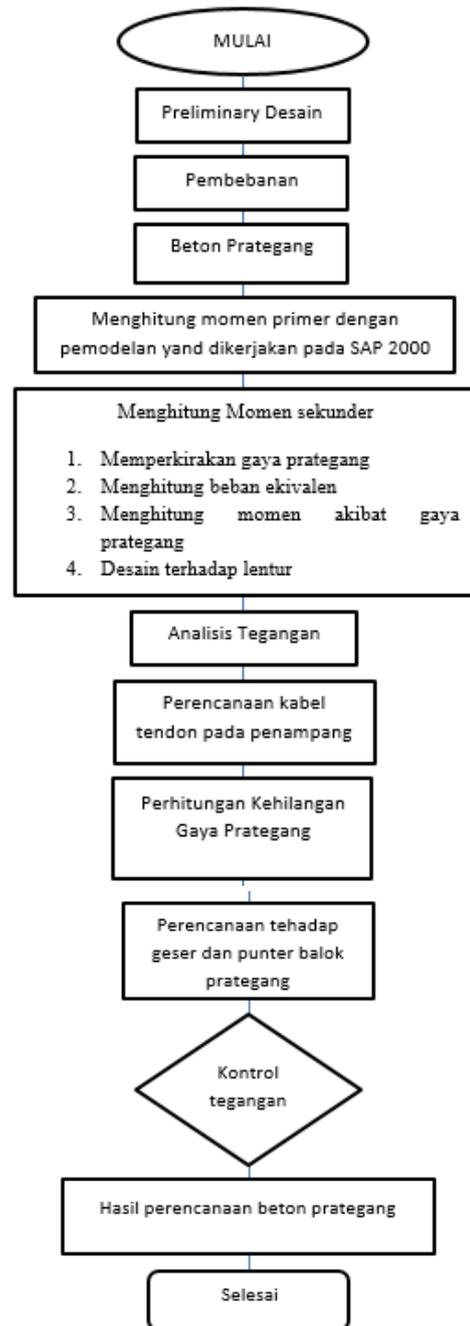


Diagram Alir Penelitian

Susunan langkah – langkah pengerjaan sesuai dengan uraian kegiatan yang akan dilakukan dan bagan alir yang telah dibuat.



ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Data Yang Digunakan Dalam Perencanaan Struktur Balok Prategang

Dalam penulisan tugas akhir ini telah didapatkan data-data yang akan digunakan antara lain :

- Mutu beton ($f'c$) = 40 Mpa = 5810,509 Psi
- $f_t = 12 \cdot \sqrt{f'c} = 914,011$ Psi = 630188kg/m²
- $E_c = 4700 \cdot \sqrt{f'c} = 29725.41$
- Dimensi balok b = 600mm x h = 1500 mm

- A balok = 600 mm x 1500 mm = 900.000 mm²
= 1,41m²
- W = $\frac{1}{6} \times 600 \times 1500^2 = 225000000 \text{ mm}^3$
= 0.225 m³
- Wd = 0.6 x 1.5 x 2400 = 2160 Kg/m
- I = $\frac{1}{12} \times 600 \times 1500^3 = 411987 \times 10^{-11} \text{ mm}^4$
= 0.41198
- e = $\frac{h}{2} - \text{Jarak tendon} = \frac{1500}{2} - 120 = 817.5 \text{ mm}$
= 0.81 m

Momen primer

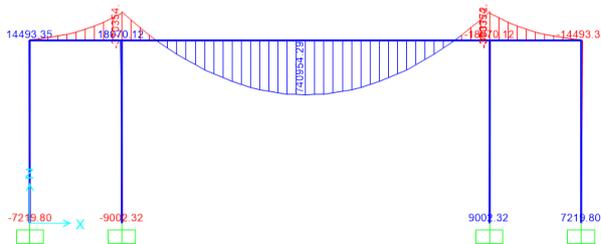
Momen primer pada rangka tumpuan diakibatkan oleh bagian atap, berat sendiri, dan beban mati yang akan ditentukan secara manual yang kemudian akan dihitung dengan program

Tabel 4.1 Momen Maksimum pada balok

Keterangan	Momen ultimit (Mu _{max}) pada Tumpuan	Momen ultimit (Mu _{max}) Lapangan
Balok 1	-393771.81	740954.29
Balok 2	-279990.68	854735.42
Balok 3	-434306.83	700419.27

Momen sekunder

Balok 1



$$ft = -\frac{P}{A} - \frac{P \cdot e}{W} + \frac{M}{W}$$

$$ft = -\frac{P}{0.9} - \frac{P \cdot 0.63}{0.225} + \frac{740954.29}{0.225}$$

$$0 = -1.1P - 2.85P + 3293130.84$$

$$P = 833703.8425 \text{ kg}$$

Beban ekuivalen :

$$h_1 = h_2 = 0.63 + 0.63 = 1.26\text{m}$$

$$W_1 = \frac{8ph}{l^2} = \frac{8 \times 833703.84 \times 1.62}{20^2} = 27012.0045$$

$$W_2 = \frac{8ph}{l^2} = \frac{8 \times 833703.84 \times 1.62}{5^2} = 432192.07$$

Persamaan umum kelengkungan tendon, dengan e = h = 1.26 m

$$y = 4e \left[\left(\frac{x}{L} \right) - \left(\frac{x}{L} \right)^2 \right]$$

$$y_1 = 4 \times 1.26 \left[\left(\frac{x}{20} \right) - \left(\frac{x}{20} \right)^2 \right]$$

$$y_1 = 5.04 \left[\left(\frac{x}{20} \right) - \left(\frac{x}{20} \right)^2 \right]$$

$$y_1 = 0.252x - 0.063x^2$$

$$\frac{dy_1}{dx} = 0.252 - 0.063x$$

$$x = 0 \quad \frac{dy_1}{dx} = 0.252$$

$$y_2 = 4 \times 1.26 \left[\left(\frac{x}{5} \right) - \left(\frac{x}{5} \right)^2 \right]$$

$$y_2 = 5.04 \left[\left(\frac{x}{5} \right) - \left(\frac{x}{5} \right)^2 \right]$$

$$y_2 = 1.008x - 1.01x^2$$

$$\frac{dy_1}{dx} = 1.008 - 1.01x$$

$$x = 0 \quad \frac{dy_1}{dx} = 1.008 \quad ; V_2$$

$$= 1.008 \times 833703.84$$

$$= 840373.47$$

$$\theta = 0.252 + 1.26 = 1.512$$

$$V_3 = 1.512 \times 833703.84 = 1260560.21$$

Dengan cara yang sama, Untuk Balok 2 dan 3

	BALOK 1	BALOK 2	BALOK 3
P (kg)	833703.84	961727.61	788094.82
W ₁ (kg/m)	27012	24235.53	25534.27
W ₂ (kg/m)	432192.07	387768.53	408548.35
V ₂ (kg)	840373.47	969421.43	794399.57
V ₃ (kg)	1260560.21	1454132.14	1191599.36

Momen akibat prategang :

Balok 1

$$M_B = M_C = 343906.14 \text{ kgm}$$

$$M_{BC} = 630693.18 \text{ , kgm}$$

Momen Sekunder

$$M_s = \text{Momen Primer} - \text{Momen Prategang}$$

$$= 740954.29 - 630693.18 = 110261.11 \text{ kgm (Lapangan)}$$

$$M_s = \text{Momen Primer} - \text{Momen Prategang}$$

$$= 393771.81 - 343906.14 = 49865.67 \text{ (Tumpuan)}$$

Balok 2

$$M_B = M_C = 325061.41 \text{ kgm}$$

$$M_{BC} = 596154.94 \text{ kgm}$$

$$M_s = \text{Momen Primer} - \text{Momen Prategang}$$

$$= 279990.68 - 325061.41 = -45070.73 \text{ kgm (Tumpuan)}$$

$$M_s = \text{Momen Primer} - \text{Momen Prategang}$$

$$= 854735.42 - 596154.94 = 258580.48 \text{ kgm (Lapangan)}$$

Balok 3

$$M_B = M_C = 325061.57 \text{ kgm}$$

$$M_{BC} = 596154.75 \text{ kgm}$$

$$M_s = \text{Momen Primer} - \text{Momen Prategang}$$

$$= 434306.83 - 325061.57 = 109245.26 \text{ kgm (Tumpuan)}$$

$$M_s = \text{Momen Primer} - \text{Momen Prategang}$$

$$= 700419.27 - 596154.75 = 104264.52 \text{ kgm (Lapangan)}$$

4.3.3 Desain terhadap Lentur

Balok 1

$$M_T = M_p + M_s = 740954.29 + 110261.11 = 851215.4 \text{ kgm (Lapangan)}$$

$$M_T = M_p + M_s = -393771.81 + 49865.67 = -343906.14 \text{ kgm (Tumpuan)}$$

Balok 2

$$M_T = M_p + M_s = -279990.78 + 258580.48 = -21410.3 \text{ kgm (Tumpuan)}$$

$$M_T = M_p + M_s = -854735.42 + -45070.73 = 899806.15 \text{ kgm (Lapangan)}$$

Balok 3

$$M_T = M_p + M_s = 700419.27 + 104624.52 = 805043.79 \text{ kgm (Lapangan)}$$

$$M_T = M_p + M_s = -434306.83 + 109245.26 = -325061.57 \text{ kgm (Tumpuan)}$$

Penentuan Gaya Prategang

Balok 1

$$ft = -\frac{Pb}{A} - \frac{Pb \cdot e}{W} + \frac{M}{W}$$

$$ft = -\frac{Pb}{0.9} - \frac{Pb \cdot 0.63}{0.225} + \frac{851215.4}{0.225}$$

$$0 = -1.1Pb - 2.85Pb + 3783179.55$$

$$Pb = 970046.04 \text{ kg}$$

Balok 2

$$ft = -\frac{Pb}{A} - \frac{Pb \cdot e}{W} + \frac{M}{W}$$

$$ft = -\frac{Pb}{0.9} - \frac{Pb \cdot 0.63}{0.225} + \frac{899806.15}{0.225}$$

$$0 = -1.1Pb - 2.85Pb + 3999138.44$$

$$Pb = 1025420.11 \text{ kg}$$

Balok 3

$$ft = -\frac{Pb}{A} - \frac{Pb \cdot e}{W} + \frac{M}{W}$$

$$ft = -\frac{Pb}{0.9} - \frac{Pb \cdot 0.63}{0.225} + \frac{805043.79}{0.225}$$

$$0 = -1.1Pb - 2.85Pb + 3577972.4$$

$$Pb = 917428.82 \text{ kg}$$

Analisis tegangan

$$\text{Tegangan tarik izin : } ft = 12 \cdot \sqrt{f'c} = 914,011 \text{ Psi}$$

$$= 673700 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Tegangan tekan izin ; } fc = 0.6 \times f'c = 2.400.000 \text{ kg/m}^2$$

Balok 1

- **Tegangan di lapangan**
 - **Serat Atas**

$$f_a = -\frac{Pb}{A} - \frac{Pb \cdot e}{W} + \frac{M}{W}$$

$$f_a = -\frac{970046.04}{0.9} + \frac{970046.04 \cdot 0.63}{0.225} - \frac{851215.4}{0.225}$$

$$f_a < f_c$$

$$2.144.879,577 < 2.400.000$$

Ok..

- **Serat bawah**

$$f_b = -\frac{Pb}{A} - \frac{Pb \cdot e}{W} + \frac{M}{W}$$

$$f_b = -\frac{970046.04}{0.9} - \frac{970046.04 \cdot 0.63}{0.225} + \frac{851215.4}{0.225}$$

$$b < f_c \quad -10.778 < 630188$$

Ok..

- **Tegangan di tumpuan**

- ✚ **Serat Atas**

$$f_a = -\frac{Pb}{A} + \frac{Pb \cdot e}{W} - \frac{M}{W}$$

$$f_a = -\frac{970046.04}{0.9} + \frac{970046.04 \cdot 0.63}{0.225} - \frac{343906.14}{0.225}$$

$$f_a < f_c = 109828 < 2.400.000 \quad \text{Ok..}$$

- ✚ **Serat Bawah**

$$f_b = -\frac{Pb}{A} - \frac{Pb \cdot e}{W} + \frac{M}{W}$$

$$f_b = -\frac{970046.04}{0.9} - \frac{970046.04 \cdot 0.63}{0.225} + \frac{343906.14}{0.225}$$

$$f_b < f_c = -2265486.11 < 673700$$

Balok 2

- **Tegangan di lapangan**
 - **Serat Atas**

$$f_a = -\frac{Pb}{A} + \frac{Pb \cdot e}{W} - \frac{M}{W}$$

$$f_a = -\frac{1025420.11}{0.9} + \frac{1025420.11 \cdot 0.63}{0.225} - \frac{899806.15}{0.225}$$

$$f_a < f_c = 2.267.317,814 < 2.400.000$$

Ok..

- **Serat bawah**

$$f_b = -\frac{Pb}{A} - \frac{Pb \cdot e}{W} + \frac{M}{W}$$

$$f_b = -\frac{1025420.11}{0.9} - \frac{1025420.11 \cdot 0.63}{0.225} + \frac{899806.15}{0.225}$$

$$f_b < f_c$$

$$-375012 < 630188 \text{ Ok..}$$

- **Tegangan di tumpuan**

- ✚ **Serat Atas**

$$f_a = -\frac{Pb}{A} - \frac{Pb \cdot e}{W} + \frac{M}{W}$$

$$f_a = -\frac{1025420.11}{0.9} + \frac{1025420.11 \cdot 0.63}{0.225} - \frac{899806.15}{0.225}$$

$$f_a < f_c$$

$$2.376.232,3 < 2.400.000 \text{ OK..}$$

- ✚ **Serat Bawah**

$$f_b = -\frac{Pb}{A} - \frac{Pb \cdot e}{W} + \frac{M}{W}$$

$$f_b = -\frac{1025420.11}{0.9} - \frac{1025420.11 \cdot 0.63}{0.225} + \frac{899806.15}{0.225}$$

$$f_b < f_c$$

Balok 3

• **Tegangan di lapangan**

• **Serat Atas**

$$f_a = -\frac{Pb}{A} - \frac{Pb \cdot e}{W} + \frac{M}{W}$$

$$f_a = -\frac{917428,82}{0,9} + \frac{917428,82 \cdot 0,63}{\frac{805043,79}{0,225}}$$

$$f_a < f_c$$

$$2.028.537,088 < 2.400.000$$

Ok..

• **Serat bawah**

$$f_b = -\frac{Pb}{A} - \frac{Pb \cdot e}{W} + \frac{M}{W}$$

$$f_b = -\frac{917428,82}{0,9} - \frac{917428,82 \cdot 0,63}{\frac{805043,79}{0,225}}$$

$$f_b < f_c \quad 10193,62 < 630188 \text{ Ok..}$$

• **Tegangan di tumpuan**

✚ **Serat Atas**

$$f_a = -\frac{Pb}{A} - \frac{Pb \cdot e}{W} + \frac{M}{W}$$

$$f_a = -\frac{917428,82}{0,9} + \frac{917428,82 \cdot 0,63}{\frac{805043,79}{0,225}}$$

$$f_a < f_c$$

$$2.028.537,088 < 2.400.000 \text{ Ok..}$$

✚ **Serat Bawah**

$$f_b = -\frac{Pb}{A} - \frac{Pb \cdot e}{W} + \frac{M}{W}$$

$$f_b = -\frac{917428,82}{0,9} - \frac{917428,82 \cdot 0,63}{\frac{805043,79}{0,225}}$$

Dari hasil analisa tegangan yang dilakukan pada tumpuan dilapangan, ditumpuan, diperoleh tegangan atas dan bawah yang masih lebih kecil dari pada tegangan izin maksimumnya. Maka penampang tersebut aman untuk digunakan.

Perencanaan kabel tendon pada penampang

Kabel tendon yang digunakan pada penampang adalah kabel tendon yang telah teruji dan telah memiliki standart international.

Kabel yang akan digunakan sesuai data dilapangan adalah kabel jenis ASTM A-416-90A-GRADE 270 dengan diameter 12.7mm dengan nilai UTS = 186KN, Luas 100mm²

- Gaya izin yang dapat dipikul 1 kabel
= 0.75 x UTS
= 0.75 x 186 KN
= 13950 kg

- Perencanaan kabel dibalok

Balok 1

Jumlah kabel

$$\frac{Pb}{13950} = \frac{970046,04}{13950} = 70 \text{ kabel}$$

Dalam perencanaan ini akan memakai 14 kabel dalam satu selongsong dengan jumlah 5 selongsong, maka luas selongsong 5 x 54.7 x 14 = 3829 mm²

Balok 2

Jumlah kabel

$$\frac{Pb}{13950} = \frac{1025420,11}{13950} = 74 \text{ kabel}$$

Dalam perencanaan ini akan memakai 15 kabel dalam satu selongsong dengan jumlah 5 selongsong, maka luas selongsong 5 x 54.7 x 15 = 4102.5 mm²

Balok 1

Jumlah kabel

$$\frac{Pb}{13950} = \frac{917428,82}{13950} = 66 \text{ kabel}$$

Dalam perencanaan ini akan memakai 12 kabel dalam satu selongsong dengan jumlah 6 selongsong, maka luas selongsong $6 \times 54.7 \times 12 = 3938 \text{ mm}^2$

Kehilangan Prategang

Kehilangan Gaya Prategang Akibat Perpendekan Elastis Beton (*Elastic Shortening*)

Kehilangan gaya prategang akibat perpendekan elastis beton dapat dihitung dengan persamaan :

$$ES = \frac{E_s}{E_c} f_c 0,5$$

Perhitungan Tegangan awal pada baja

$$f_{pi} = \frac{P_i}{A} = \frac{9512901.63}{3829} = 2484.43 \text{ N/mm}^2$$

Perhitungan Tegangan beton pada level baja

$$f_{ci} = \frac{P_i}{A} = \frac{9512901.63}{900000} = 10.56 \text{ N/mm}^2$$

Rasio modulus dihitung dengan

$$= \frac{E_s}{E_c} = \frac{200000}{35000} = 5.7 \approx 6$$

Perhitungan Kehilangan tegangan akibat deformasi elastis beton

$$ES = \frac{E_s}{E_c} f_c 0,5$$

$$ES = 0,5 \times 6 \times 10.56 = 0,5 \times 63.36 = 31.68 \text{ N/mm}^2$$

$$= \frac{31.68}{2484.43} \times 100\% = 1.2 \%$$

Kehilangan Gaya Prategang akibat Gesekan Tendon

- Jenis selongsong = metal flexibel o
 - Koefisien wobble (K) = 0,0066 o
 - Koefisien kelengkungan (μ) = 0,25
- (sumber : *Presstressed Concrete Institute dalam buku Edward Nawi hal 88*)

- $\alpha = 0$ (tidak ada sudut lengkung kabel, kabel berada pada sumbu netral)
- cek harga (K.. +)
- = $0,0066 \times 30 + 0$
- = $0.198 < 0,3$

sehingga kehilangan gaya prategang dihitung dengan persamaan :

$$\Delta = (K.. +)$$

Perhitungan Tegangan awal pada baja

$$f_{pi} = \frac{P_i}{A} = \frac{9512901.63}{3829} = 2484.43 \text{ N/mm}^2$$

Kehilangan prategang dihitung dengan persamaan :

$$\Delta = f_c (K.. +) = 2484.43 \times 0.198$$

$$= 246.92 \text{ N/mm}^2$$

Sehingga kehilangan prategang akibat gesekan adalah

$$\% \Delta f_p F = \frac{246.92}{2484.43} \times 100\% = 9.8 \%$$

Kehilangan Prategang Akibat Rangkak

Dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$\Delta CR = \phi \times f_c$$

- Rasio modulus : = 6

Perhitungan Tegangan awal pada baja

$$f_{pi} = \frac{P_i}{A} = \frac{9512901.63}{3829} = 2484.43 \text{ N/mm}^2$$

Perhitungan Tegangan beton pada level baja

$$f_{ci} = \frac{P_i}{A} = \frac{9512901.63}{900000} = 10.56 \text{ N/mm}^2$$

Tegangan yang terjadi

$$f_{ci} - f_{cd} = 10.56 - 1.76 = 8.8$$

Dengan cara koefisien rangkak, kehilangan tegangan pada baja prategang adalah :

$$\Delta CR = \phi \times (f_{ci} - f_{cd}) = 1,6 \times 6 \times 8.8 = 84.48 \text{ N/mm}^2$$

$$\phi = 1,6 \text{ untuk post tension}$$

$$\% \Delta CR = \frac{84.48}{2484.43} \times 100\% = 3.4 \%$$

Kehilangan Prategang Akibat Susut Beton

Dihitung dengan menggunakan persamaan

$$\Delta = \epsilon x$$

$$\epsilon_{cs} = \frac{200 \times 10^{-6}}{\log_{10}(t+2)}$$

Untuk pasca tarik Dengan

Dengan mengasumsi umur beton pada saat transfer gaya adalah 28 hari, maka

$$\begin{aligned} \epsilon_{cs} &= \frac{200 \times 10^{-6}}{\log_{10}(28+2)} \\ &= \frac{200 \times 10^{-6}}{1,301} \\ &= 153,728 \times 10^{-6} \end{aligned}$$

Perhitungan Tegangan awal pada baja

$$\begin{aligned} f_{pi} &= \frac{P_i}{A} \\ &= \frac{9512901.63}{3829} = 2484.43 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Perhitungan Kehilangan tegangan

$$\begin{aligned} \Delta &= \epsilon x \\ &= (153,728 \times 10^{-6}) \times (195 \times 10^3) \\ &= 30.74 \text{ N/mm}^2 \\ \% \Delta &= \frac{30.74}{2484.43} \times 100\% = 1.2\% \end{aligned}$$

Kehilangan Prategang Akibat Relaksasi Baja

Dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$\Delta f_{re} = [K_{re} - J(\Delta f_{SH} + \Delta f_{CR} + \Delta f_{ES})]C$$

- Jenis baja yang dipakai adalah strand stress-relieved mutu 270 (kawat yang memiliki kehilangan gaya kecil)
- Dengan koefisien relaksasi $K_{re} = 138$
- Faktor waktu = 0,15

Ambil nilai $\frac{f_{pi}}{f_{pu}}$ untuk sistem post tension (pasca tarik) sebesar = 0,7

Nilai faktor relaksasi C untuk 0,7 adalah 0,75
(sumber : *Post Tensioning Institute dalam buku Edward G Nawi hal 80*)

$$\begin{aligned} \Delta f_{re} &= C [K_{re} - J(\Delta f_{SH} + \Delta f_{CR} + \Delta f_{ES})] \\ &= 0,75 [138 - 0,15(29,977+91,296+ 31.68) \\ &= 86.65 \text{ N/mm}^2 \\ \% \Delta \text{ fre} &= \frac{86.653}{2484.43} \times 100\% = 3.4\% \end{aligned}$$

Jadi Total kehilangan Prategang yang digunakan adalah 19%

Perencanaan terhadap geser dan puntir balok prategang

Gaya yang bekerja pada portaldiakibatkan beban-beban yang bekerja ditentukan dengan manual dan kemudian dihitung dengan menggunakan SAP 2000. Output dapat dilihat pada gambar berikut :

Balok 1

Bidang lintang maksimum pada Balok

Perhitungan Tulangan geser dan puntir balok prategang B-1

$$\begin{aligned} V_u &= 23141.97 + 269785.28 = 292927.25 \text{ kg} \\ M_u &= 630693.18 \\ Q &= 0.6 \times 0.75 \times 0.63 = 0.2835 \text{ m}^3 \\ F_c &= \frac{Pb}{A} = \frac{970046.04}{0.91} = 1065984.66 \\ F_c/2 &= 1065984.66 / 2 = 532992. \\ F_t &= 0.33 \times \sqrt{40} = 2.08 \text{ Mpa} = 212100.97 \text{ kg/m}^3 \\ \tau &= \frac{V_c \times Q}{I \times b} = \frac{V_c \times 0.2835}{0.16785 \times 0.6} = 2.84V_c \\ \left(f_t + \frac{f_c}{2} \right)^2 &= \left(\frac{f_c}{2} \right)^2 + (2.84V_c)^2 \\ (212100.97 + 532992.3)^2 &= (532992.3)^2 + (2.84 \times V_c)^2 \\ 745093.2^2 &= 532292.3^2 + (2.84 \times V_c)^2 \\ V_c &= 243170.28 \\ D_p &= 0.85 \times 1500 = 1275 \text{ mm} = 1.275 \text{ m} \\ V_{cmin} &= \frac{1}{6} \sqrt{40} \times 600 \times 1275 = 806380.80 \\ V_{cmaks} &= 0.4 \sqrt{40} \times 600 \times 1275 = 1935313.92 \\ V_c &= \left\{ \left(\frac{\sqrt{40}}{20} + \frac{5 \cdot V_u \cdot d}{M_{tump}} \right) \times 600 \times 1275 \right\} \\ &= \left\{ \left(\frac{\sqrt{40}}{20} + \frac{5 \cdot 292927,25 \times 1275}{630693.18} \right) \times 0.6 \times 1.275 \right\} \\ &= 2265.32 \\ V_s &= \frac{V_u}{\phi} - V_c \\ &= \frac{292927.25}{0.6} - 2265.32 \\ &= 485946.76 \end{aligned}$$

Digunakan Senggang ϕ 10 mm

$$A_v = \frac{\pi}{4} \times 10^2 \times 2 = 157.07 \text{ mm}^2 = 1.57 \times 10^{-4}$$

$$S = \frac{A_v \cdot F_y \cdot d}{V_s} = \frac{(0.00015707 \times 35000000 \times 1.275)}{375781.59} =$$

$$0.18 \text{ m} = 180 \text{ mm}$$

Jadi sengkang yang dipakai ϕ 10 – 100

Kontrol terhadap tulangan puntir

$$T_u = 248366.38 \text{ kg.m} = 2483.63 \text{ Knm}$$

$$F'c = 40 \text{ Mpa}$$

$$A_{cp} = 600 \times 1500 = 900000 \text{ mm}^2$$

$$P_{cp} = 2(600 + 1500) = 4200 \text{ mm}$$

$$f_{pc} = \frac{P}{A} = \frac{970046.04}{900000} = 107 \text{ N/mm}^2$$

$$T_u \leq \frac{\Phi \sqrt{f'c}}{3} \left(\frac{A^2 cp}{P_{cp}} \right) \sqrt{1 + \frac{3f_{pc}}{\sqrt{f'c}}}$$

T_u

$$\leq \frac{0.75\sqrt{40}}{3} \left(\frac{900000^2}{4200} \right) \sqrt{1 + \frac{3 \times 107}{\sqrt{40}}} \times 10^{-6}$$

$$2193.71 \leq 2483.63 \text{ knm}$$

Puntir dapat diabaikan

Balok 2

Bidang lintang maksimum pada Balok

Perhitungan Tulangan geser dan puntir balok prategang B-2

$$V_u = 23141.97 + 255007.98 = 278149.95 \text{ kg}$$

$$M_u = 596154.94$$

$$Q = 0.6 \times 0.75 \times 0.63 = 0.2835 \text{ m}^3$$

$$F_c = \frac{Pb}{A} = \frac{1025420.11}{0.91} = 1126835.28$$

$$F_c/2 = 1126835.28 / 2 = 563417.64$$

$$F_t = 0.33 \times \sqrt{40} = 2.08 \text{ Mpa} = 212100.97 \text{ kg/m}^3$$

$$\tau = \frac{V_c \times Q}{I \times b} = \frac{V_c \times 0.2835}{0.16785 \times 0.6} = 2.84V_c$$

$$\left(f_t + \frac{f_c}{2} \right)^2 = \left(\frac{f_c}{2} \right)^2 + (2.84V_c)^2$$

$$(212100.97 + 563417.64)^2 = (563417.64)^2 + (2.84 \times V_c)^2$$

$$775518.61^2 = 563417.64^2 + (2.84 \times V_c)^2$$

$$V_c = 275870.81$$

$$D_p = 0.85 \times 1500 = 1275 \text{ mm} = 1.275 \text{ m}$$

$$V_{cmin} = \frac{1}{6} \sqrt{40} \times 600 \times 1275 = 806380.80$$

$$V_{cmaks} = 0.4 \sqrt{40} \times 600 \times 1275 = 1935313.92$$

$$V_c = \left\{ \left(\frac{\sqrt{40}}{20} + \frac{5 \cdot V_u \cdot d}{M_{tump}} \right) \times 600 \times 1275 \right\}$$

$$= \left\{ \left(\frac{\sqrt{40}}{20} + \frac{5 \cdot 278149.95 \times 1275}{596154.94} \right) \times 0.6 \times 1.275 \right\}$$

$$= 1457.60$$

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c$$

$$\frac{278149.95}{0.6} - 1457.60$$

$$= 462125.64$$

Digunakan Sengkang ϕ 10 mm

$$A_v = \frac{\pi}{4} \times 10^2 \times 2 = 157.07 \text{ mm}^2 = 1.57 \times 10^{-4}$$

$$S = \frac{A_v \cdot F_y \cdot d}{V_s} = \frac{(0.00015707 \times 35000000 \times 1.275)}{375781.59} =$$

$$0.18 \text{ m} = 180 \text{ mm}$$

Jadi sengkang yang dipakai ϕ 10 – 100

Kontrol terhadap tulangan puntir

$$T_u = 577722.7 \text{ kg.m} = 5777.72 \text{ Knm}$$

$$F'c = 40 \text{ Mpa}$$

$$A_{cp} = 600 \times 1500 = 900000 \text{ mm}^2$$

$$P_{cp} = 2(600 + 1500) = 4200 \text{ mm}$$

$$f_{pc} = \frac{P}{A} = \frac{1025420.11}{900000} = 113 \text{ N/mm}^2$$

$$T_u \leq \frac{\Phi \sqrt{f'c}}{3} \left(\frac{A^2 cp}{P_{cp}} \right) \sqrt{1 + \frac{3f_{pc}}{\sqrt{f'c}}}$$

T_u

$$\leq \frac{0.75\sqrt{40}}{3} \left(\frac{900000^2}{4200} \right) \sqrt{1 + \frac{3 \times 107}{\sqrt{40}}} \times 10^{-6}$$

$$2253.22 \leq 2483.63 \text{ knm}$$

Puntir dapat diabaikan

Balok 3

Bidang lintang maksimum pada Balok

Perhitungan Tulangan geser dan punter balok prategang B-3

$$V_u = 130924.12 + 96257.6 = 227181.7 \text{ kg}$$

$$M_u = 386630.7$$

$$Q = 0.6 \times 0.75 \times 0.63 = 0.2835 \text{ m}^3$$

$$F_c = \frac{Pb}{A} = \frac{769791}{0.91} = 855323.3$$

$$F_c/2 = 855323.3 / 2 = 427661.7$$

$$F_t = 0.33 \times \sqrt{35} = 1.95 \text{ Mpa} = 198844.7 \text{ kg/m}^3$$

$$\tau = \frac{V_c \times Q}{I \times b} = \frac{V_c \times 0.2835}{0.16785 \times 0.6} = 2.84V_c$$

$$\left(f_t + \frac{f_c}{2} \right)^2 = \left(\frac{f_c}{2} \right)^2 + (2.84V_c)^2$$

$$(198844.7 + 427661.7)^2 = (427661.7)^2 + (2.84 \times Vc)^2$$

$$598844.9^2 = 427661.7^2 + (2.84 \times Vc)^2$$

$$Vc = 147602,2926$$

$$Dp = 0.85 \times 1500 = 1275 \text{ mm} = 1.275 \text{ m}$$

$$V_{cmin} = \frac{1}{6} \sqrt{35} \times 600 \times 1275 = 754300.17$$

$$V_{cmaks} = 0.4 \sqrt{35} \times 600 \times 1275 = 18110303$$

$$Vc = \left\{ \left(\frac{\sqrt{35}}{20} + \frac{5 \cdot Vu \cdot d}{Mtump} \right) \times 600 \times 1275 \right\}$$

$$= \left\{ \left(\frac{\sqrt{35}}{20} + \frac{5 \cdot 227181.7 \times 1275}{386630.7} \right) \times 0.6 \times 1.275 \right\}$$

$$= 2854.608$$

$$Vs = \frac{Vu}{\phi} - Vc$$

$$\frac{227181.702}{0.6} - 2854.61$$

=

$$375781.59$$

Digunakan Sengkang ϕ 10 mm

$$Av = \frac{\pi}{4} \times 10^2 \times 2 = 157.07 \text{ mm}^2 = 1.57 \times 10^{-4}$$

$$S = \frac{Av \cdot Fy \cdot d}{Vs} = \frac{(0.00015707 \times 35000000 \times 1.275)}{375781.59} = 0.18 \text{ m} = 180 \text{ mm}$$

Jadi sengkang yang dipakai ϕ 10 – 100

Kontrol terhadap tulangan puntir

$$Tu = 107522.99 \text{ kg.m} = 1075.22 \text{ Knm}$$

$$F'c = 35 \text{ Mpa}$$

$$Acp = 600 \times 1500 = 900000 \text{ mm}^2$$

$$Pcp = 2(600 + 1500) = 4200 \text{ mm}$$

$$fpc = \frac{P}{A} = \frac{769791}{900000} = 80 \text{ N/mm}^2$$

$$Tu \leq \frac{\Phi \sqrt{f'c}}{3} \left(\frac{A^2 cp}{Pcp} \right) \sqrt{1 + \frac{3fpc}{\sqrt{f'c}}}$$

$$Tu$$

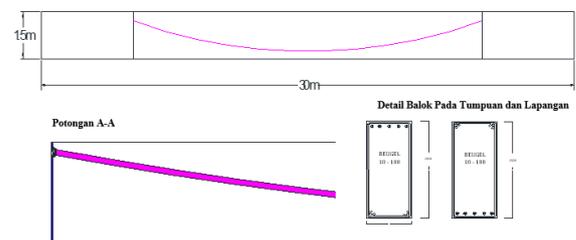
$$\leq \frac{0.75 \sqrt{35}}{3} \left(\frac{900000^2}{4200} \right) \sqrt{1 + \frac{3 \times 80}{\sqrt{35}}} \times 10^{-6}$$

$$1075.22 \leq 1825.53 \text{ knm}$$

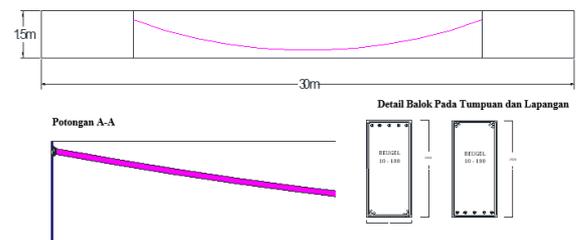
Puntir dapat diabaikan

Hasil Perencanaan Balok Prategang

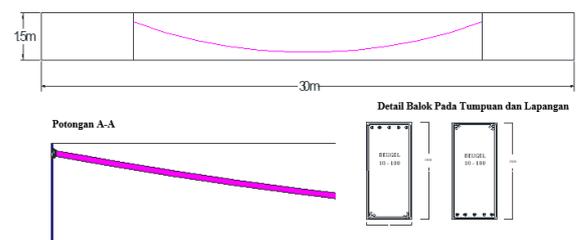
Balok 1



Balok 2



Balok 3



PENUTUP

Kesimpulan

Dari hasil penulisan dan analisa pada tugas akhir ini, penulis dapat mengambil kesimpulan :

1. Hasil perencanaan balok beton prategang untuk panjang bentang 30 m , dimensi balok prategang yang di gunakan adalah balok 1500 mm x 600 mm
2. Pada perencanaan beton prategang, gaya prategang pada penampang berpengaruh terhadap struktur sehingga menjadi beban tambahan yang perlu diperhitungkan
3. Selama proses penarikan, baja dan beton memikul tegangan tertinggi yang terjadi selama waktu pemanfaatan struktur. Beton prategang sangat mampu memikul kekuatan yang cukup untuk beban kerjanya jika bahan-bahanya telah diberikan prapenegangan yang cukup
4. Mengalami kehilangan gaya prategang sebanyak 19 %, dengan jumlah akumulatif masing-masing : akibat perpendekan elastis beton sebesar 31.68 N/mm² atau sebesar 1.2%, Akibat gesekan tendon 246.92 N/mm² atau sebesar 9.8%, akibat rangkai beton 84.48 N/mm² atau sebesar 3.4%, akibat susut beton 30.74 N/mm² atau sebesar 1.2%, dan akibat relaksasi baja sebesar 86.65 N/mm² atau sebesar 3.4
5. Dari hasil analisa juga didapatkan untuk balok beton prategang dengan dimensi 1500 mm x 600 mm dengan panjang bentang balok 30m , untuk balok 1 menggunakan 70 kabel, dengan luas selongsong 3282 mm² kemudian untuk balok ke 2 menggunakan 74 kabel dengan luas selongsong 4102 mm² dan balok 3 dengan 66 kabel yang akan ditempatkan pada selongsong seluas 3282 mm²

Saran

Dari hasil penyusunan inipun penulis melihat ada kesempatan pengembangan tugas akhir ini. Maka penulis menyarankan dari tugas akhir ini dapat dikembangkan untuk perencanaan plat, atau bahkan untuk perencanaan suatu bangunan industri dalam hal ini gudang secara utuh

DAFTAR PUSTAKA

- Nawy, E. G. Reinforced Concrete–A Fundamental Approach. Third edition. Prentice-Hall, Upper Saddle River, N.J.:2000, pp 786
- Nawy , Edward G.2001, *Beton Prategang Suatu Pendekatan Mendasar*. Jilid I Edisi III, Erlangga 2001.
- Nawy , Edward G.2001, *Beton Prategang Suatu Pendekatan Mendasar* .Jilid 2 Edisi III, Erlangga 2001.
- Raju , N. Krishna1988, *Beton Prategang* .Edisi II Erlangga 1988.
- ACI 318-83. Building Code Requirements For Reinforced Concrete. American Concrete Institute. Detroit, 1983
- Standar Nasional Indonesia, *Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung* (SNI-03-2847-2002), Bandung, 2002.
- Budiadi, Andri.2008. *Desain Praktis Beton Prategang*.Yogyakarta:Andri.2008