

PERANCANGAN STRUKTUR BANGUNAN PELABUHAN MUARA ANGKE DENGAN PRECAST SEISMIC STRUCTURAL SYSTEM (PRESSS)

Bayu Widiyanto¹⁾, Indartono Rivai²⁾

¹⁾ Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Universitas Jayabaya

²⁾ Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil Universitas Jayabaya

Prodi Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Jayabaya
Jakarta Indonesia 13710

Email : bayuwdnt29@gmail.com

ABSTRACT

The Development on innovation of reinforced concrete that can resist seismic force using prestressed unbonded named PRESSS (Precast Seismic Structural System) combine with Dissipater as a splice method to transfer seismic force. PRESSS introduced in Indonesia by Ir. Hari Nugraha Nurjaman the Chairman of Ikatan Ahli Pracetak dan Prategang Indonesia or known as IAPPI.

This study have a purpose to know the optimum dimensional of the structure element and to know detailing of Precast Seismic Structural System (PRESSS) structure at Pelabuhan Muara Angke Project.

The internal force of building is analysed by using software ETABS with spectrum response method for the seismic load and also being control by using manual calculation refer to National Indonesia Standard Code about Building Reinforced Concrete Structural 2847-2019 (SNI 2847-2019) and National Indonesia Standard Code about Guidance to Design Seismic Load (SNI 1729-2019). Sub-Structure / Foundation internal force calculated with using software LPILE and controlled by manual calculation.

The Results of analysis is dimension of structural slab 150 mm using D13-200 rebar two ways system. Dimension of structural beam is 300x600 mm using longitudinal rebar 2D16 (on the middle) and 3D16 (on the end), using 3 pcs of strand with diameter 0,6 inch, the transversal rebar is D10-150 (on the middle) and D10-100 (on the end). Dimension of structural coloumn is 400x700 mm using longitudinal rebar 10D25, the transversal rebar D10-150 (on the middle) and D10-100 (on the end). Dimension of structural pile foundation is 600 mm type A1 with depth 16 meters. Dimension of structural pilecap is 1400x2900 mm with thickness 800 mm using top longitudinal rebar D16-200 and bottom longitudinal rebar D22-200.

Keywords : PRESSS, Precast Seismic Structural System

I. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang terdiri dari banyak kepulauan dan merupakan ring of fire (cincin api)

yang menjadikan negara Indonesia adalah negara yang rawan gempa. Maka, dalam seiring perkembangan teknologi manusia dituntut untuk menciptakan metode / inovasi

bangunan dengan material yang tahan gempa (earthquake resistance).

Struktur dengan material beton bertulang merupakan merupakan salah satu struktur yang menggunakan bahan ekonomis dan dalam praktiknya dibagi menjadi beton cast in site dan pre-cast. Dalam perkembangannya di temukan inovasi struktur beton bertulang tahan gempa dengan menggunakan system kabel prategang unbonded yang disebut system PRESSS (Precast Seismic Structural System) dengan inovasi menggunakan Dissipater pada sambungan tulangan sebagai penyalur gaya dissipasi dari gempa.

Precast merupakan metode yang sangat ampuh untuk membangun suatu bangunan dengan lebih cepat secara waktu, efektif secara pekerjaan, dan efisien secara bahan.

Dalam perencanaan ini dilakukan analisa perbandingan dimensi struktur atas dan bawah pada Gedung utama yaitu Gedung Terminal (Penumpang) pada pekerjaan Peningkatan Fasilitas Kepelabuhan di Pelabuhan Muara Angke untuk mengetahui dimensi optimum struktur.

Rumusan Masalah

Adapun rumusan permasalahan pada tugas akhir ini adalah :

1. Berapa dimensi optimum dan penulangan elemen struktur pelat lantai yang di dapatkan berdasarkan hasil analisis.
2. Berapa dimensi optimum dan penulangan elemen struktur balok yang di dapatkan berdasarkan hasil analisis.
3. Berapa dimensi dan penulangan optimum elemen struktur kolom yang di dapatkan berdasarkan hasil analisis.

4. Berapa dimensi dan penulangan optimum elemen struktur pondasi tiang di dapatkan berdasarkan hasil analisis.
5. Berapa dimensi dan penulangan optimum elemen struktur pilecap yang di dapatkan berdasarkan hasil analisis.

Tujuan Penelitian

1. Mengetahui dimensi dan penulangan yang optimum dari elemen struktur pelat lantai.
2. Mengetahui dimensi dan penulangan yang optimum dari elemen struktur balok.
3. Mengetahui dimensi dan penulangan yang optimum dari elemen struktur kolom.
4. Mengetahui dimensi dan penulangan yang optimum dari elemen struktur pondasi tiang.
5. Mengetahui dimensi dan penulangan yang optimum dari elemen struktur pilecap.

Batasan Masalah

Adapun batasan permasalahan pada tugas akhir ini adalah :

1. Perencanaan struktur bangunan meliputi:
 - 1.1 Pelat Lantai, dengan spesifikasi Hollow Core Slab tebal pelat 150 mm
 - 1.2 Balok, dengan spesifikasi dimensi 300x600, tulangan longitudinal 4D22 (lapangan) dan 2D22 (tumpuan), 5 buah Strand 0,6 inch, tulangan transversal D13-150 (lapangan) dan D13-100 (tumpuan).
 - 1.3 Kolom, dengan spesifikasi dimensi 400x700, tulangan longitudinal 10D25, tulangan transversal D13-150 (lapangan) dan D13-100 (tumpuan).

- 1.4 Pondasi Tiang, dengan spesifikasi spun pile diameter 800 mm tipe A1, kedalaman tiang 22 meter.
- 1.5 Pilecap, dengan spesifikasi dimensi 1400x3400 mm, tulangan atas D22-200 dan tulangan bawah D25-200.
2. Perencanaan beban gempa dihitung dengan menggunakan analisa beban gempa respons spektrum (SNI 1726:2019).
3. Perencanaan ini tidak meninjau analisa biaya dan manajemen konstruksi.
4. Perencanaan Upper Structure Analysis dibantu dengan software ETABS.
5. Perencanaan Under Structure Analysis dibantu dengan software LPILE.

II. KAJIAN PUSTAKA

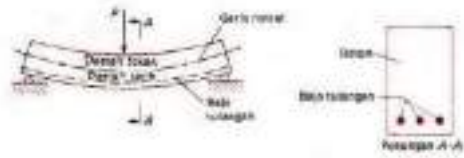
Landasan Teori

Beton Bertulang

Beton bertulang (Reinforced concrete) adalah Beton struktural yang ditulangi dengan tidak kurang dari jumlah baja prategang atau tulangan nonprategang minimum yang ditetapkan. (SNI 2847 – 2019).

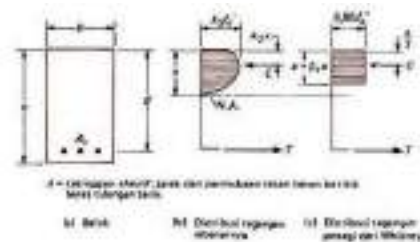
Beton bertulang adalah merupakan gabungan logis dari dua jenis bahan : beton polos yang memiliki kekuatan tekan yang tinggi akan tetapi kekuatan Tarik yang rendah, dan batangan-batangan baja yang ditanamkan di dalam beton dapat memberikan kekuatan Tarik yang diperlukan. Misalnya kekuatan dari balok diperlihatkan di dalam gambar di bawah secara nyata dipertinggi dengan jalan menambahkan batangan-batangan baja di daerah Tarik. Akan tetapi, baja tulangan juga

mampu memikul tekan dan Tarik juga untuk menyediakan sebagian dari daya dukung kolom beton, dan kadang-kadang di dalam daerah tekan balok. (Chu Kia Wang, 1985)



Gambar 1. Gambar Kedudukan batang-batangan tulangan dalam balok beton bertulang (Chu Kia Wang, 1985)

Pada tahun 1930-an Whitney menyarankan penggunaan dari suatu distribusi tegangan tekan pengganti yang berbentuk persegi. (Chu Kia Wang, 1985).



Gambar 2. Gambar Distribusi Tegangan Whitney (Chu Kia Wang, 1985)

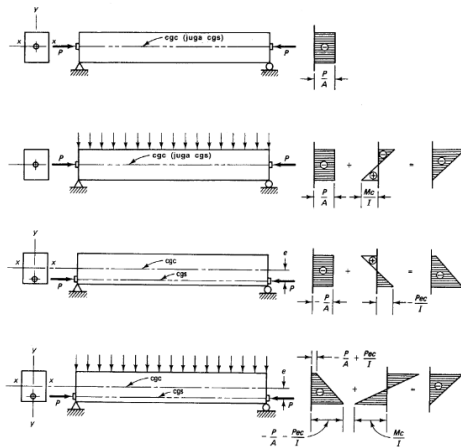
Dengan menggunakan tegangan persegi ekuivalen, kekuatan lentur M_n dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan.

$$M_n = A_s f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) (\text{kN} \cdot \text{m})$$

Beton Prategang

Beton adalah suatu bahan yang mempunyai kekuatan tekan yang tinggi, tetapi kekuatan tariknya relative rendah. Sedangkan baja adalah suatu material yang mempunyai kekuatan Tarik yang sangat tinggi. Dengan

mengkombinasikan beton dan baja sebagai bahan struktur maka tegangan tekan dipikulkan kepada beton sementara tegangan Tarik dipikulkan kepada baja. Beton yang digunakan untuk beton prategang adalah yang mempunyai kekuatan tekan yang cukup tinggi dengan nilai $f'c$ Antara 30 – 45 MPa. (referensi buku desain praktis prategang ; Andri Budiadi).



Gambar 3. Diagram Tegangan Beton Prategang Edisi Ketiga Jilid I Beton Prategang (Edward G. Nawy)

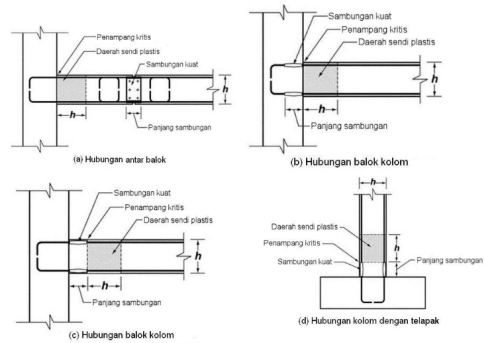
Beton Pracetak

Beton Pracetak adalah Elemen atau komponen beton tanpa atau dengan tulangan yang dicetak terlebih dahulu sebelum dirakit menjadi bangunan. (SNI 7833-2012).

Perencanaan komponen beton pracetak dan sambungannya harus memperhitungkan beban dan kondisi kekangan, mulai dari saat pabrikasi hingga kondisi akhir di dalam bangunan, termasuk saat pembukaan cetakan, penyimpanan, transportasi, dan ereksi. (SNI 2847-2019).

Beton pracetak yang paling di detailkan adalah pada bagian sambungan dimana sambungan tersebut harus memenuhi persyaratan daktail seperti tulangan yang utuh jika

dilakukan pengetesan, harus mencapai kuat leleh uji minimal 1,25 dari f_y tulangan tersebut.



Gambar 4. Gambar contoh sambungan kuat pracetak menurut SNI 7833-2012

Peraturan yang Digunakan (Code Reference)

Peraturan yang digunakan untuk merancang struktur bangunan gedung agar memenuhi kriteria adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Peraturan yang digunakan

No.	Peraturan	Tentang
1.	SNI 2847 - 2019	Persyaratan Beton Struktural Bangunan Gedung
2.	SNI 1726 - 2019	Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-Gedung
3.	SNI 1727 - 2013	Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain
4.	SNI 2052 - 2017	Baja Tulangan Beton
5.	SNI 1154 - 2016	Tujuh Kawat Baja Tanpa Lapisan Dipilin Untuk Konstruksi Beton Pratekan (PC strand/ KBjP-P7)
6.	SNI 7833 - 2012	Perancangan Beton Pracetak Prategang Gedung
7.	PBBI 1971	Peraturan Beton Bertulang Indonesia
8.	PPIUG 1983	Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung

Faktor Beban dan Kombinasi Beban

Kekuatan perlu U harus paling tidak sama dengan pengaruh beban terfaktor dalam Tabel dibawah.

Tabel 2. Kombinasi Beban

No.	Kombinasi beban	Beban utama
1.	$U = 1,4 D$	D
2.	$U = 1,2D + 1,6L + 0,5 (Lr \text{ atau } R)$	L
3.	$U = 1,2 D + 1,6L (Lr \text{ atau } R) + (1,0L \text{ atau } 0,5W)$	Lr atau R
4.	$U = 1,2D + 1,0W + 1,0L + 0,5(Lr \text{ atau } R)$	W
5.	$U = 1,2D + 1,0E + 1,0L$	E
6.	$U = 0,9D + 1,0W$	W
7.	$U = 0,9D + 1,0E$	E

Pembebanan

Beban harus meliputi berat sendiri, beban kerja, dan pengaruh dari gaya prategang, gempa, kekangan terhadap perubahan volume dan perbedaan penurunan. Dimana untuk beban-beban mati, hidup, angin, dan gempa wajib seperti yang direkomendasikan oleh SNI 1727 dan SNI 1726. (SNI 2847 ; 2019 Pasal 5.2)

1. Beban mati

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 keran. (SNI 1727:2013)

2. Beban Hidup

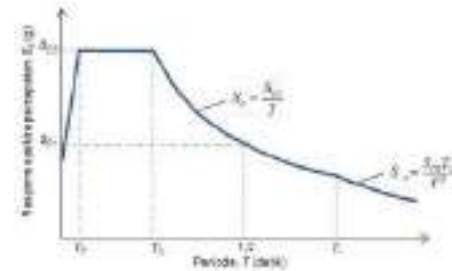
Beban hidup adalah beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir, atau beban mati. (SNI 1727:2013)

3. `Beban Gempa

Beban gempa ialah semua beban statik ekuivalen yang bekerja pada

gedung atau bagian gedung yang menirukan pengaruh dari gerakan tanah akibat gempa itu. (PPIUG)

Dalam perencanaan gedung ini, beban gempa dihitung menggunakan analisa respons spektrum.



Gambar 5. Respon Spektrum Desain SNI 1726 -2019

Pondasi

Pondasi merupakan bagian paling bawah dari konstruksi bangunan sipil yang mempunyai peranan yang sangat penting dan bertugas meletakkan bangunan dan meneruskan beban bangunan atas (upper structure) ke dasar tanah yang cukup kuat untuk mendukungnya.

Metode yang digunakan dalam menghitung daya dukung tanah pondasi tiang pancang adalah metode Mayerhof.

Tanah Kohesif

Daya dukung ujung pondasi tiang:

$$Q_p = 9 \times C_u \times A_p$$

Tahanan geser selimut tiang:

$$Q_s = \alpha \times C_u \times P \times L_i$$

Tanah Non-Kohesif

Daya dukung ujung pondasi tiang:

$$Q_p = 40 \times N\text{-spt} \times (L_b/d) \times A_p$$

Tahanan geser selimut tiang:

$$Q_s = 2 \times N\text{-spt} \times P \times L_i$$

$$Q_{ult} = Q_p + Q_s$$

$$Q_{all} = Q_{ult} / FK$$

Faktor keamanan yang digunakan 2,5

Nilai E (Effisiensi) dihitung dengan menggunakan metode Converse-Labarre (AASHO), metode Los Angeles Group, dan metode Seitel Keeny.

Metode Converse-Labarre

$$E = 1 - \frac{\phi}{90} \left(\frac{(n-1)m + (m-1)n}{m \cdot n} \right)$$

Metode Los Angeles Group

$$E = 1 - \frac{D}{\pi \cdot s \cdot m \cdot n} \left[\frac{m(n-1) + n(m-1)}{\sqrt{2(n-1)(m-1)}} \right]$$

Metode Seitel Keeny

$$E = \left\{ 1 - \left[\frac{11 \cdot s}{7(s^2 - 1)} \right] \left[\frac{m+n-2}{m+n-1} \right] \right\} + \frac{0,3}{m+n}$$

Untuk perhitungan defleksi lateral pondasi tiang menggunakan software LPILE oleh ENSOFT, INC. dibawah pengarahannya Dr. Lymon C. Reese dan pada tahun 1986 sudah mulai dikomersialkan. LPILE adalah software yang digunakan untuk engineer dalam menganalisa defleksi tiang. Analisa tiang tunggal dalam group dilakukan pada kondisi free head dan fixed head.

III. METODOLOGI PENELITIAN

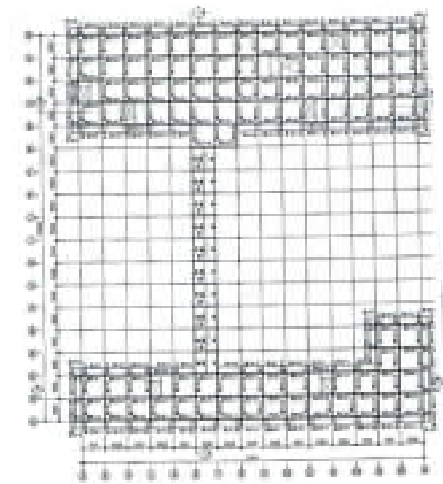
Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan adalah sebagai berikut:

1. Gambar Arsitektur
Data gambar terdiri dari gambar denah, gambar tampak, gambar potongan arsitektur bangunan Pelabuhan Muara Angke.
2. Data Tanah
Data tanah didapatkan dari investigation soil berupa Standard Penetration Test (SPT)
3. Peraturan (Code Reference) yang berlaku di Indonesia.

Gambaran Umum Bangunan

Bangunan terdiri dari 2 lantai dengan menggunakan system Precast Prestressed Seismic Strucutral System (PRESSSS) yang dipopulerkan oleh Bapak Ir. Hari Nugraha Nurjaman.



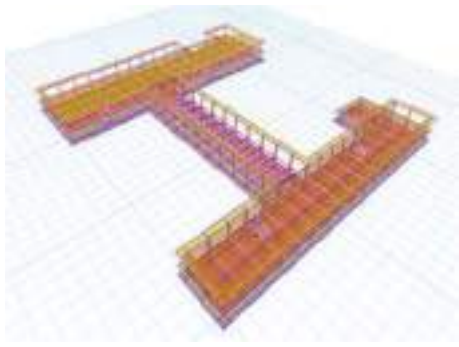
Gambar 6. Denah Bangunan

Preliminaries Design

Tahapan desain awal adalah hal penting yang harus dilakukan pada awal mendesain elemen struktur bangunan. Tahapan ini dilakukan agar mendapatkan dimensi yang optimal sesuai dengan ketentuan. Pada tahap ini ada batasan terhadap maximum dan minimum dimensi, serta penentuan terhadap mutu beton dan tulangan yang digunakan untuk masing-masing elemen struktur.

Metode Analisis Data

Metode analisis yang digunakan adalah dengan cara menghitung gaya dalam pada struktur dengan menggunakan software ETABS yang telah diberikan gaya gempa dengan cara respon spektra.



Gambar 7. Permodelan Bangunan pada ETABS

Perhitungan Kapasitas Kekuatan Elemen Struktur

Perhitungan kapasitas kekuatan elemen struktur di desain sesuai dengan SNI 2847-2019 dan di cek terhadap gaya geser, lentur, dan torsi pada semua elemen struktur utama. Kapasitas kekuatan elemen struktur di tuangkan dalam bentuk shop drawing terlihat dalam jumlah tulangan yang digunakan dan dimensi dari elemen struktur yang digunakan.

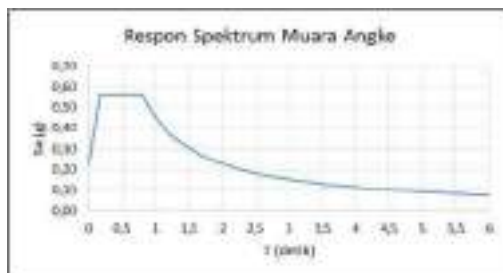
Gambar Rencana

Hasil dari perhitungan yang berupa penulangan dan dimensi serta spesifikasi material lainnya dituangkan dalam bentuk gambar berupa shop drawing. Terdiri dari dimensi penampang dan penulangan dari masing-masing elemen struktur.

IV. ANALISA & PEMBAHASAN

Perhitungan Beban Gempa

Dalam perencanaan gedung ini, beban gempa dihitung menggunakan analisa respons spektrum.



Gambar 8. Respon Spektrum Muara Angke

Koefisien modifikasi respon (R)= 8
 Faktor kuat lebih system (Ohm)= 3
 Faktor perbesaran defleksi (Cd)= 5,5

Tabel 3. Output Modal Participation Mass Ratio (MPMR)

Case	Mode	Period	UX	UY	UZ
		sec			
Modal	1	0,541	0,5014	0,0015	0
Modal	2	0,467	0,0248	0,6139	0
Modal	3	0,45	0,1864	0,0494	0
Modal	4	0,276	1,94E-06	5,31E-06	0
Modal	5	0,203	0,0196	0,0001	0
Modal	6	0,202	0,0001	7,32E-07	0
Modal	7	0,195	0,1424	0,0014	0
Modal	8	0,156	0,0709	0,1266	0
Modal	9	0,149	0,0312	0,1963	0
Modal	10	0,132	0,0122	6,86E-06	0
Modal	11	0,123	0,0001	1,33E-06	0
Modal	12	0,115	0,0003	2,28E-06	0

Dilihat dari tabel diatas bahwa pada mode 1 perpindahan bangunan lebih cenderung ke arah X maka, periode mode 1 merupakan arah X yaitu 0,541 detik dan mode 2 adalah arah Y yaitu 0,467 detik.

Tabel 4. Gaya geser awal bangunan

Load Case	Vi	
	FX	FY
	kN	kN
Ex Max	4186,7835	522,3694
Ey Max	517,6573	4973,8351

Gaya geser pada ETABS harus 100% sama dengan gaya geser static ekivalen sehingga diperlukan scale factor untuk membuat nilai gaya geser pada ETABS sesuai. Pada tabel dibawah dapat dilihat bahwa gaya geser dasar arah X dan gaya geser dasar arah Y yang dihasilkan ETABS sudah sesuai, maka perhitungan dapat dilanjutkan ke tahap selanjutnya.

Tabel 5. Gaya geser terkoreksi

Load Case	Vi	
	FX	FY
	kN	kN
Ex Max	10392	1496,1861
Ey Max	1248,1894	10392

Kombinasi Beban yang digunakan

Kombinasi beban disesuaikan dengan SNI 1726-2019 yang mengharuskan adanya factor redundansi pada beban mati dan beban gempa pada bangunan dengan Kategori Desain Seismik D. Kombinasi beban dapat dilihat pada tabel dibawah.

Tabel 6. Kombinasi beban yang digunakan

Kombinasi Beban									
Nomor	DL	SDL	LL	Lr	R	Wx	Wy	Ex	Ey
1	1	1,4	1,4						
2	2	1,2	1,2	1,6	0,5				
	3	1,2	1,2	1,6					
	4	1,2	1,2	1	1,6				
3	5	1,2	1,2		1,6		0,5		
	6	1,2	1,2		1,6			0,5	
	7	1,2	1,2	1		1,6			
	8	1,2	1,2			1,6	0,5		
	9	1,2	1,2			1,6		0,5	
4	10	1,313	1,313	1				0,39	1,3
	11	1,313	1,313	1				0,39	-1,3
	12	1,313	1,313	1				-0,39	1,3
	13	1,313	1,313	1				-0,39	-1,3
	14	1,313	1,313	1				1,3	0,39
	15	1,313	1,313	1				-1,3	0,39
	16	1,313	1,313	1				1,3	-0,39
	17	1,313	1,313	1				-1,3	-0,39
5	18	0,787	0,787					0,39	1,3
	19	0,787	0,787					0,39	-1,3
	20	0,787	0,787					-0,39	1,3
	21	0,787	0,787					-0,39	-1,3
	22	0,787	0,787					1,3	0,39
	23	0,787	0,787					-1,3	0,39
	24	0,787	0,787					1,3	-0,39
	25	0,787	0,787					-1,3	-0,39

Perhitungan Struktur Pelat Lantai

1. Pembebanan

Beban Plafond

$$W_{pl} := 11 \cdot \text{kgf} \cdot \text{m}^{-2}$$

Beban Peggantung

$$W_p := 7 \cdot \text{kgf} \cdot \text{m}^{-2}$$

Beban MEP

$$W_m := 40 \cdot \text{kgf} \cdot \text{m}^{-2}$$

Beban Hidup Fungsi Guna Bangunan : Ruang Publik

$$Q_{LL} := 479 \cdot \text{kgf} \cdot \text{m}^{-2}$$

2. Beban Terfaktor

Kombinasi 1,2DL + 1,6LL

3. Analisa Gaya Dalam

Koefisien momen Gideon dapat dilihat pada table Gideon.

Momen Lapangan X

$$M_{lx} := Q_u \cdot L_x^2 \cdot C_{lx} \cdot \text{mm}$$

$$M_{lx} = 915.852 \cdot \text{kgf} \cdot \text{m}$$

Momen Lapangan Y

$$M_{ly} := Q_u \cdot L_x^2 \cdot C_{ly} \cdot \text{mm}$$

$$M_{ly} = 915.852 \cdot \text{kgf} \cdot \text{m}$$

Momen Tumpuan X

$$M_{tx} := Q_u \cdot L_x^2 \cdot C_{tx} \cdot \text{mm}$$

$$M_{tx} = 2268 \cdot \text{kgf} \cdot \text{m}$$

Momen Tumpuan Y

$$M_{ty} := Q_u \cdot L_x^2 \cdot C_{ty} \cdot \text{mm}$$

$$M_{ty} = 2268 \cdot \text{kgf} \cdot \text{m}$$

Geser Tumpuan Max

$$V_u := \frac{Q_u \cdot L_x \cdot 1000 \cdot \text{mm}}{2}$$

$$V_u = 3.564 \times 10^4 \text{ N}$$

4. Analisa Kapasitas Lentur

Penulangan Lapangan arah X :

Momen nominal

$$M_{nlx} := \frac{M_{lx}}{\phi_{\text{tarik}}}$$

$$M_{nlx} = 9.979 \times 10^6 \cdot \text{N} \cdot \text{mm}$$

Faktor tahanan maksimum

$$R_n := \frac{M_{nlx}}{b \cdot d^2 \cdot \text{MPa}}$$

$$R_n = 0.775$$

Koefisien m

$$m := \frac{f_y}{0.85 \cdot f_{c_p}}$$

$$m = 16.471$$

Rasio Tulangan Perlu

$$\rho := \frac{1}{m} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n \cdot \text{MPa}}{f_y}} \right)$$

$$\rho = 0.0019$$

Rasio Tulangan Min.

$$\rho_{\min} := \frac{0.0018 \cdot 420 \cdot \text{MPa}}{f_y}$$

$$\rho_{\min} = 0.0018$$

Koefisien Ekivalen Bidang Tekan Beton

$$\beta_1 := \begin{cases} 0.85 & \text{if } f_{c_p} \leq 30 \cdot \text{Mpa} \\ 0.65 & \text{if } f_{c_p} \geq 55 \cdot \text{Mpa} \\ 0.85 - 0.008 \cdot \left(\frac{f_{c_p}}{\text{Mpa}} - 30 \right) & \text{if } 30 \cdot \text{Mpa} < f_{c_p} \leq 55 \cdot \text{Mpa} \end{cases}$$

$$\beta_1 = 0.85$$

Rasio Tulangan Max.

$$\rho_{\max} := \left[\left(\frac{f_{c_p} \cdot \beta_1}{f_y} \right) \cdot \left[\frac{382.5 \cdot \text{Mpa}}{(600 \cdot \text{Mpa} + f_y)} \right] \right]$$

$$\rho_{\max} = 2.277 \cdot \%$$

Luas tulangan perlu

$$A_{s_perlu} := \rho \cdot b \cdot d$$

$$A_{s_perlu} = 212.623 \cdot \text{mm}^2$$

Jarak antar tulangan

$$s := \frac{b}{A_{s_perlu}} \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d_t^2$$

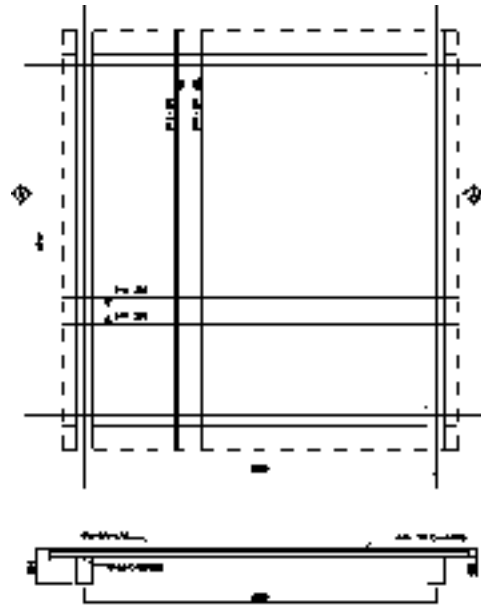
$$s = 624.261 \cdot \text{mm}$$

Syarat, jarak tulangan maksimum

$$s_{\max 1} := 3 \cdot H_p = 450 \cdot \text{mm}$$

Maka, digunakan D13-200.

Kemudian dengan cara yang sama didapatkan pada arah X dan Y daerah lapangan dan tumpuan menggunakan D13-200.



Gambar 8. Detail penulangan pelat lantai

Perhitungan Struktur Halfslab Precast

Halfslab menggunakan tebal 80 mm dengan toping 70 mm sehingga total menjadi sama dengan rencana yaitu 150 mm.

Cek Tegangan

a. Pada saat demoulding

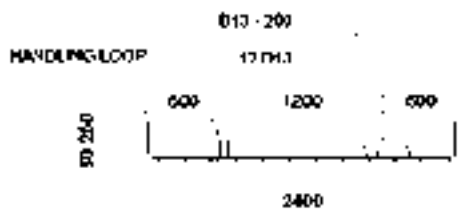
$$\sigma_{d_b} := \frac{M_{\text{mould}}}{S_b}$$

$$\sigma_{d_b} = 1.401 \cdot \text{Mpa} \leq F_{t_d} = 2.148 \cdot \text{Mpa}$$

b. Pada saat erection / pelaksanaan (dengan support pada 1/3 & 2/3 bentang)

$$\sigma_{p_b} := \frac{M_{\text{pel}}}{S_b}$$

$$F_{t_e} = 2.63 \cdot \text{Mpa} \leq \sigma_{p_b} = 2.2 \cdot \text{Mpa}$$



Gambar 9. Detail penulangan halfslab precast

Perhitungan Struktur Balok

1. Analisa Gaya Dalam

Tabel 7. Output gaya dalam balok

	P	K2	K3	T	M2	M3	M0 Gravity
	kN	kN	kN	kN.m	kN.m	kN.m	kN.m
Mu	0	226.7467	0	25.03	0	226.7467	80.369
Mn	0	-211.194	0	-24.31	0	-211.194	-116.4973

Dari tabel diatas didapat :

Momen ultimate positif

$$Mu_{max} := 226.7467 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Momen ultimate negative

$$Mu_{min} := 366.9342 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Momen gravity positif

$$Mg_{max} := 80.369 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Momen gravity negative

$$Mg_{min} := 116.4973 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Geser ultimate

$$Vu := 211.1944 \cdot \text{kN}$$

Torsi ultimate

$$Tu := 25.03 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Momen akibat berat sendiri precast

$$M_{bs} := \frac{1}{8} \cdot Q_{bs} \cdot L^2$$

$$M_{bs} = 14.298 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Momen Saat Erection

$$M_{er} := \frac{1}{8} \cdot Qu_{er} \cdot L^2$$

$$M_{er} = 18.798 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Momen Saat Pengecoran

$$M_{pel} := \frac{1}{8} \cdot Qu_{pe} \cdot L^2$$

$$M_{pel} = 71.224 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

2. Cek Tegangan

2.1 Cek Tegangan pada saat Demoulding

Di daerah lapangan

Serat Bawah

$$\sigma_{bd} := -\frac{M_{bs}}{S_b}$$

$$\sigma_{bd} = -1.412 \cdot \text{MPa} \geq f_{td} = -2.48 \cdot \text{MPa}$$

2.2 Cek Tegangan pada saat Erection

Di daerah lapangan

Serat Bawah

$$\sigma_{be} := -\frac{M_{er}}{S_b}$$

$$\sigma_{be} = -1.857 \cdot \text{MPa} \geq f_{te} = -3.037 \cdot \text{MPa}$$

2.3 Cek Tegangan pada saat Transfer

Di daerah lapangan

Serat Atas

$$\sigma_{ail} := \frac{P_i}{A_{ck}} - \frac{P_i \cdot e}{S_{tk}} + \frac{M_{pel}}{S_{tk}}$$

$$\sigma_{ail} = 2.354 \cdot \text{MPa} \leq f_{ci} = 21.6 \cdot \text{MPa}$$

Serat Bawah

$$\sigma_{bil} := \frac{P_i}{A_{ck}} + \frac{P_i \cdot e}{S_{bk}} - \frac{M_{pel}}{S_{bk}}$$

$$\sigma_{bil} = 0.536 \cdot \text{MPa} \geq f_{ti} = -1.5 \cdot \text{MPa}$$

Di daerah tumpuan

Serat Atas

$$\sigma_{ait} := \frac{P_i}{Ack} + \frac{P_i \cdot e}{Stk} - \frac{M_{pel}}{Stk}$$

$$\sigma_{ait} = 1.12 \cdot \text{MPa} \geq F_{ti} = -1.5 \cdot \text{MPa}$$

Serat Bawah

$$\sigma_{bit} := \frac{P_i}{Ack} - \frac{P_i \cdot e}{Sbk} + \frac{M_{pel}}{Sbk}$$

$$\sigma_{bit} = 2.939 \cdot \text{MPa} \leq F_{ci} = 21.6 \cdot \text{MPa}$$

2.4 Cek Tegangan pada saat Kehilangan Gaya Prategang (Losses)

Di daerah lapangan

Serat Atas

$$\sigma_{all} := \frac{P_{eff}}{Ack} - \frac{P_{eff} \cdot e}{Stk} + \frac{M_{pel}}{Stk}$$

$$\sigma_{all} = 2.36 \cdot \text{MPa} \leq F_{ci} = 21.6 \cdot \text{MPa}$$

Serat Bawah

$$\sigma_{bll} := \frac{P_{eff}}{Ack} + \frac{P_{eff} \cdot e}{Sbk} - \frac{M_{pel}}{Sbk}$$

$$\sigma_{bll} = -0.499 \cdot \text{MPa} \geq F_{ti} = -1.5 \cdot \text{MPa}$$

Di daerah tumpuan

Serat Atas

$$\sigma_{alt} := \frac{P_{eff}}{Ack} + \frac{P_{eff} \cdot e}{Stk} - \frac{M_{pel}}{Stk}$$

$$\sigma_{alt} = 0.42 \cdot \text{MPa} \geq F_{ti} = -1.5 \cdot \text{MPa}$$

Serat Bawah

$$\sigma_{blt} := \frac{P_{eff}}{Ack} - \frac{P_{eff} \cdot e}{Sbk} + \frac{M_{pel}}{Sbk}$$

$$\sigma_{blt} = 3.279 \cdot \text{MPa} \leq F_{ci} = 21.6 \cdot \text{MPa}$$

2.5 Keadaan Pada Saat Layan / Service

Di daerah lapangan

Serat Atas

$$\sigma_{asl} := \frac{P_{eff}}{Ack} - \frac{P_{eff} \cdot e}{Stk} + \frac{M_{g_max}}{Stk}$$

$$\sigma_{asl} = 2.666 \cdot \text{MPa} \leq F_c = 18 \cdot \text{MPa}$$

Serat Bawah

$$\sigma_{bsl} := \frac{P_{eff}}{Ack} + \frac{P_{eff} \cdot e}{Sbk} - \frac{M_{g_max}}{Sbk}$$

$$\sigma_{bsl} = -1.094 \cdot \text{MPa} \geq F_t = -3.162 \cdot \text{MPa}$$

Di daerah tumpuan

Serat Atas

$$\sigma_{ast} := \frac{P_{eff}}{Ack} + \frac{P_{eff} \cdot e}{Stk} - \frac{M_{g_min}}{Stk}$$

$$\sigma_{ast} = -1.094 \cdot \text{MPa} \geq F_t = -3.162 \cdot \text{MPa}$$

Serat Bawah

$$\sigma_{bst} := \frac{P_{eff}}{Ack} - \frac{P_{eff} \cdot e}{Sbk} + \frac{M_{g_min}}{Sbk}$$

$$\sigma_{bst} = 6.227 \cdot \text{MPa} \leq F_c = 18 \cdot \text{MPa}$$

3. Analisa Kapasitas Lentur saat Layan / Service

Didaerah Lapangan

Faktor Reduksi Lentur

$$\phi_w := 0.9$$

Tulangan Prategang

$$A_{ps} := n_{os} \cdot A_p$$

$$A_{ps} = 4.2 \cdot \text{cm}^2$$

Diameter Tulangan Tekan

$$d_{te} := 10 \cdot \text{mm}$$

Jumlah Tulangan Tekan

$$n_{te} := 0$$

Luas Tulangan Tekan

$$A_{sc} := n_{te} \cdot 0.25 \cdot \pi \cdot d_{te}^2$$

$$A_{sc} = 0 \cdot \text{cm}^2$$

Diameter Tulangan Tarik

$$dt = 16 \cdot \text{mm}$$

Jumlah Tulangan Tarik

$$nt = 3$$

Luas Tulangan Tarik

$$A_{st} := nt \cdot 0.25 \cdot \pi \cdot dt^2$$

$$A_{st} = 6.032 \cdot \text{cm}^2$$

Selimit Beton

$$d_c := 40 \cdot \text{mm}$$

Faktor Tinggi Blok Tegangan Tekan Persegi Ekvivalen Beton :

$$\beta_1 := \begin{cases} 0.85 & \text{if } f_{cb} \leq 30 \cdot \text{MPa} \\ 0.65 & \text{if } f_{cb} \geq 55 \cdot \text{MPa} \\ 0.85 - 0.008 \cdot \left(\frac{f_{cb}}{\text{MPa}} - 30 \right) & \text{if } 30 \cdot \text{MPa} \leq f_{cb} < 55 \cdot \text{MPa} \end{cases}$$

$$\beta_1 = 0.77$$

Faktor yang Merperhitungkan Jenis Tendon Prategang :

$$\gamma_p := \begin{cases} 0.55 & \text{if } \frac{f_{py}}{f_{pu}} < 0.8 \\ 0.4 & \text{if } 0.8 \leq \frac{f_{py}}{f_{pu}} < 0.85 \\ 0.28 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\gamma_p = 0.28$$

Rasio Tulangan Prategang terhadap Luas Penampang Beton

$$\rho_p := \frac{A_{ps}}{A_{ck}}$$

$$\rho_p = 0.00133$$

Rasio Tulangan Tarik Non-Prategang terhadap Luas Penampang Beton :

$$\rho_s := \frac{A_{st}}{A_{ck}}$$

$$\rho = 0.00191$$

Rasio Tulangan Tekan Non-Prategang terhadap Luas Penampang Beton :

$$\rho_c := \frac{A_{sc}}{A_{ck}}$$

$$\rho_c = 0$$

Jarak dari Serat Tekan Terluar ke Titik Berat Tulangan Tarik Non-Prategang :

$$d_s := H_k - d_c - \frac{dt}{2}$$

$$d = 55.2 \cdot \text{cm}$$

Jarak dari Serat Tekan Terluar ke Titik Berat Tulangan Prategang :

$$Y_s := \frac{\text{nos} \cdot 0.5 \cdot H_k}{\text{nos}} - d_c - dt_u$$

$$Y_s = 24.4 \cdot \text{cm}$$

$$d_p := H_k - Y_s$$

$$d_p = 35.6 \cdot \text{cm}$$

Indeks Tulangan Tarik Non-Prategang :

$$\omega := \rho \cdot \frac{f_y}{f_{cb}}$$

$$\omega = 0.02011$$

Indeks Tulangan Tekan Non-Prategang :

$$\omega_c := \rho_c \cdot \frac{f_y}{f_{cb}}$$

$$\omega_c = 0$$

Tegangan Baja Prategang pada Kekuatan Nominal :

$$f_{ps} := f_{pu} \cdot \left[1 - \frac{\gamma_p}{\beta_1} \cdot \left[\rho_p \cdot \frac{f_{pu}}{f_{cb}} + \frac{d}{d_p} \cdot (\omega - \omega_c) \right] \right]$$

$$f_{ps} = 1.798 \times 10^3 \cdot \text{MPa}$$

Kuat tarik Tulangan Prategang :

$$T_p := A_{ps} \cdot f_{ps}$$

$$T_p = 755.359 \cdot \text{kN}$$

Tinggi bidang tekan beton :

$$a_s := \frac{T_p}{0.85 \cdot f_{cb} \cdot B}$$

$$a = 7.405 \cdot \text{cm}$$

Momen Kapasitas

$$MnL := \phi \cdot Tp \cdot \left(dp - \frac{a}{2} \right) + Ast \cdot fy \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$MnL = 347.307 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

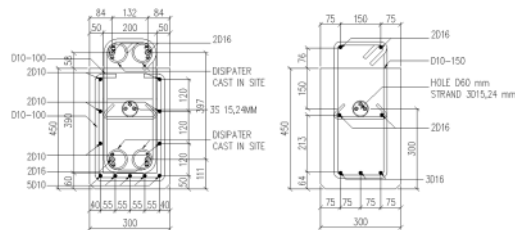
Momen Ultimate

$$Mu := Mu_{\max}$$

$$Mu = 226.747 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Momen Kapasitas > Momen Ultimate
(Ok)

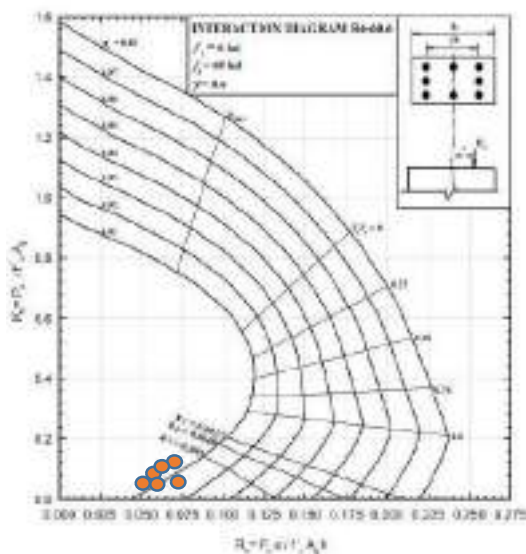
Dengan rumus yang sama digunakan untuk mencari tulangan daerah tumpuan, didapatkan tulangan Tarik daerah lapangan 3D16 dan tumpuan 2D16.



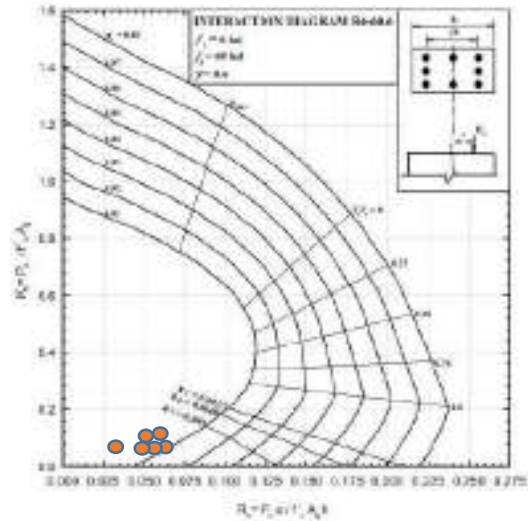
Gambar 10. Detail penulangan balok precast

Perhitungan Struktur Kolom

Analisa Rasio Tulangan Diagram Interaksi



Gambar 11. Diagram Interaksi Sumbu Lemah



Gambar 12. Diagram Interaksi Sumbu Kuat

1. Analisa Tulangan Longitudinal

Rasio Tulangan

$$\rho := 0.015$$

Luas tulangan total

$$Astot := \rho \cdot B \cdot H$$

$$Astot = 5.25 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

Diameter tulangan longitudinal

$$dt := 25 \cdot \text{mm}$$

Diameter tulangan geser

$$ds := 13 \cdot \text{mm}$$

Luas per tulangan

$$Astul := \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot dt^2$$

Jumlah tulangan prediksi

$$n_{\text{pre}} := \frac{Astot}{Astul}$$

$$n_{\text{pre}} = 10.695$$

Jumlah tulangan yang digunakan

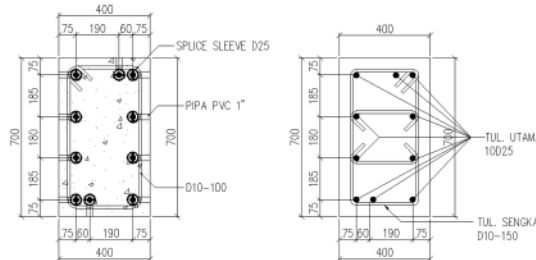
$$n := 10$$

Tulangan arah X

$n_x := 3$

Tulangan arah Y

$n_y := 4$



Gambar 11. Gambar detail penulangan kolom

Perhitungan Struktur Pondasi Tiang Grup

Sebelum menghitung kapasitas daya dukung tanah tiang grup perlu dihitung terlebih dahulu kapasitas daya dukung tanah satu tiang. Penulis menggunakan metode mayerhof dalam menghitung.

1. Daya Dukung Vertikal Pondasi Satu Tiang

Tabel 8. Analisa daya dukung vertikal pondasi satu tiang

Depth	Soil Layer	N SPT	Cu (kN/m ²)	α	Skin Friction (kN)		End Bearing	Qult (kN)
					Local	Cumm		
0	With Rock and		0	1	0	0	0	0
2	Sandy - Gravel	20	133,34	0,5	150,72	150,72	753,6	904,32
4	Sandy - Gravel	12	80,004	0,5	90,432	241,152	452,16	693,312
6	Sandy - Gravel	4	26,668	1	30,144	271,296	150,72	422,016
8	Clayey - SILT	3	20,001	1	75,363768	346,659768	50,87054	397,5303
10	Clayey - SILT	5	33,335	0,85	106,765338	453,425106	84,78424	538,2093
12	Clayey - SILT	8	53,336	0,9	180,8730432	634,298149	135,6548	769,9529
14	Clayey - SILT	9	60,003	0,6	135,6547824	769,952932	152,6116	922,5646
16	Clayey - SILT	20	133,34	0,5	251,21256	1021,16549	339,137	1360,302
18	Clayey - SILT	22	146,674	0,5	276,333816	1297,49931	373,0507	1670,55
20	Clayey - SILT	55	366,685	0,5	690,83454	1988,33385	932,6266	2920,96
22	Clayey - SILT	58	386,686	0,5	728,516424	2716,85027	983,4972	3700,347
24	Clayey - SILT	60	400,02	0,5	753,63768	3470,48795	1017,411	4487,899
26	Clayey - SILT	60	400,02	0,5	753,63768	4224,12563	1017,411	5241,536

2. Daya Dukung Vertikal Pondasi Tiang Kelompok

Nilai E (Effisiensi) dihitung dengan menggunakan metode Converse-Labarre (AASHO), metode Los Angeles Group, dan metode Seitel Keeny.

Tabel 9. Analisa Effisiensi tiang grup

Jumlah Tiang	Effisiensi		
	Converse - Labarre	Los Angeles Group	Seiler - Keeny
1	1,00	1,00	1,00
2	0,88	0,94	0,93
3	0,88	0,94	0,93
4	0,76	0,83	0,85
5	0,76	0,83	0,85
6	0,72	0,81	0,81
7	0,68	0,79	0,78
8	0,68	0,79	0,78
9	0,68	0,79	0,78
10	0,66	0,78	0,77

Effisiensi diambil nilai yang terkecil yaitu 0,88. Fz adalah gaya vertical yang harus ditopang tiang grup sebesar 809 kN.

Kapasitas daya dukung tiang dicari dengan cara.

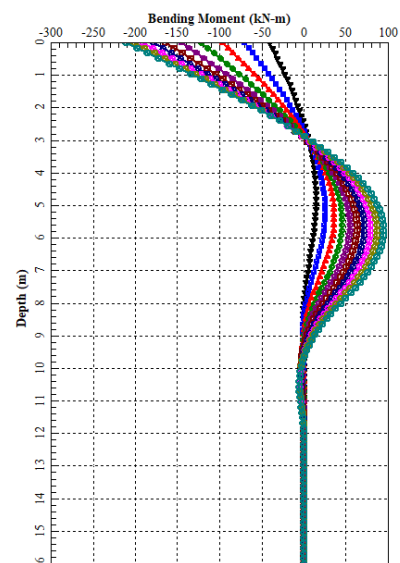
$$Q_g = Q_{all} \times E > F_z$$

$$Q_g = 544,121 \times 0,88 > 809 \text{ kN}$$

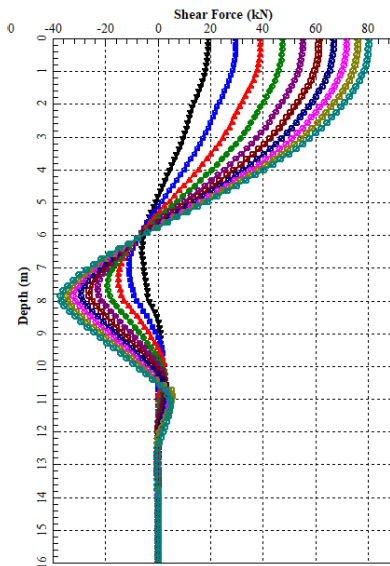
$$Q_g = 956,332 \text{ kN} > 809 \text{ kN (Ok)}$$

3. Daya Dukung Lateral Pondasi Tiang

Defleksi lateral pondasi tiang menggunakan software LPILE oleh ENSOFT, INC. Berikut adalah output dari LPILE dalam bentuk grafik bending momen yang terjadi dan kapasitas lateral tiang (shear) pada setiap 1 mm defleksi tiang.



Gambar 12. Grafik Bending Momen Tiang



Gambar 13. Grafik Shear Capacity Tiang

Dari hasil analisa struktur atas menggunakan software ETABS kita dapat mengetahui gaya gempa kuat yang terjadi dan gaya gempa nominal berdasarkan perhitungan gaya gempa static ekuivalen seperti yang terlihat pada table dibawah.

Gaya Gempa	Fx (kN)	Fy (kN)
Gempa Nominal	10392	10392
Gempa Kuat	20470,8278	20032,2652

Daya dukung lateral kelompok tiang dengan defleksi izin < 10 mm dengan total jumlah tiang 328 buah adalah sebagai berikut.

Kapasitas lateral total pondasi tiang :
 $80,4183 \text{ kN} \times 328 = 26377 \text{ kN}$

Berdasarkan perhitungan di atas gempa kuat yang terjadi yaitu 20470 kN masih lebih kecil dibandingkan dengan kemampuan seluruh tiang pada kondisi Fixed Head (Cyclic Loading) Eff. 50% yaitu 26377 kN.

Kontrol, bending momen dan beban lateral yang terjadi pada satu tiang:
 Kapasitas crack momen Spun Pile adalah 170 kN.m (sesuai spesifikasi precaster)

Beban lateral yang terjadi = 61,411 kN.

Berdasarkan perhitungan di atas pada defleksi 10 mm angka beban lateral masih dalam batas izin yaitu $62,411 \text{ kN} < 80,4183 \text{ kN}$ dan bending crack momen yang terjadi masih dalam batas izin yaitu $94,412 \text{ kN.m} < 170 \text{ kN.m}$.



Gambar 14. Detail penampang tiang (spun pile)

Perhitungan Struktur Pilecap

1. Data Dimensi

Lebar Pelat Pondasi

$$B_{\text{plt}} := 1.4 \text{ m}$$

Panjang Pelat Pondasi

$$H_{\text{plt}} := 3 \text{ m}$$

2. Pembebanan

Beban Terfaktor

$P_u := 95.6 \text{ tonf}$ (di dapat dari kapasitas vertical pondasi tiang)

3. Analisa Kapasitas Geser

Tebal Pelat

$$T_{\text{eff}} := 800 \text{ mm}$$

Selimut Beton

$$d_c := 50 \text{ mm}$$

Tinggi Tul. Tarik Efektif

$$d := T - d_c = 0.75 \text{ m}$$

Luas Pelat x tinggi efektif

$$A_{\text{eff}} := 2 \cdot (B_{\text{plt}} + H_{\text{plt}}) \cdot d$$

$$A = 6.6\text{m}^2$$

Faktor Tinggi Blok Tegangan Tekan Persegi Ekuivalen Beton :

$$\beta_1 := \begin{cases} 0.85 & \text{if } f_c \leq 30\text{-MPa} \\ 0.65 & \text{if } f_c \geq 55\text{-MPa} \\ 0.85 - 0.008 \left(\frac{f_c}{\text{MPa}} - 30 \right) & \text{if } 30\text{-MPa} < f_c \leq 55\text{-MPa} \end{cases}$$

$$\beta_1 = 0.77$$

Kapasitas geser beton 1

$$V_{c1} := \left(1 + \frac{2}{\beta_1} \right) \cdot \left[\frac{(f_c \cdot \text{MPa})^{0.5}}{6} \right] \cdot A$$

$$V_{c1} = 2.813 \times 10^3 \text{ tonf}$$

Kapasitas geser beton 2

$$V_{c2} := \frac{(f_c \cdot \text{MPa})^{0.5}}{3} \cdot A$$

$$V_{c2} = 1.564 \times 10^3 \text{ tonf}$$

Kapasitas geser diambil yang terkecil

$$V_c := V_{c2}$$

Faktor reduksi kekuatan

$$\phi := 0.6$$

Gaya geser ultimate yang terjadi

$$V_u := \frac{P_u}{\phi} = 148 \text{ tonf}$$

4. Analisa Kapasitas Lentur

Luas Pondasi

$$A_{\text{plt}} := B_{\text{plt}} \cdot H_{\text{plt}}$$

$$A_{\text{plt}} = 4.2\text{m}^2$$

Beban Pilecap

$$q_p := A_{\text{plt}} \cdot T \cdot \gamma_b$$

$$q_p = 9.064 \text{ tonf}$$

Jarak antar tiang

$$s_{\text{aa}} := 1.5\text{m}$$

Jarak dari pusat pilecap

$$x := \frac{s}{2}$$

Momen Ultimate

$$M_u := P_u \cdot x$$

$$M_u = 637.875 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Diameter Tul. yang digunakan

$$d_{\text{tul}} := 22\text{-mm}$$

Jarak Antar Tulangan

$$s_{\text{aa}} := 200\text{-mm}$$

Jumlah Tul. Prediksi

$$n_{\text{pre}} := \frac{B_{\text{plt}}}{s} + 1$$

$$n_{\text{pre}} = 8$$

Jumlah Tul. yang digunakan

$$n_{\text{tul}} := 8$$

Luas Tulangan

$$A_s := 0.25 \cdot 3.14 \cdot d_{\text{tul}}^2 \cdot n_{\text{tul}}$$

$$A_s = 3.04 \times 10^3 \text{ mm}^2$$

Rasio Tulangan

$$\rho_b := \frac{2 \cdot A_s}{B_{\text{plt}} \cdot d} = 0.579\%$$

Rasio Minimum tulangan deformed

$$\rho_{\text{min}} := 0.0018$$

$$\rho_{\text{min}} = 0.18\%$$

Rasio Maksimum tulangan

$$\rho_{\text{max}} := \left[\left(\frac{f_c \cdot \beta_1}{f_y} \right) \cdot \left[\frac{382.5 \text{ Mpa}}{(600 \text{ Mpa} + f_y)} \right] \right] + \rho_b \cdot \left(\frac{f_y}{f_y} \right)$$

$$\rho_{\text{max}} = 3.329\%$$

Kuat Tarik tulangan

$$T_s := A_s \cdot f_y$$

$$T_s = 1.277 \times 10^3 \text{ kN}$$

Tinggi bidang tekan beton

$$a := \frac{T_s}{0.85 \cdot f_c \cdot B_{\text{plt}}}$$

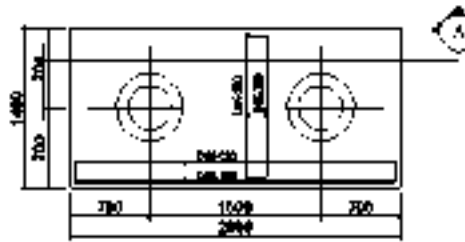
$$a = 0.027\text{m}$$

Momen Kapasitas

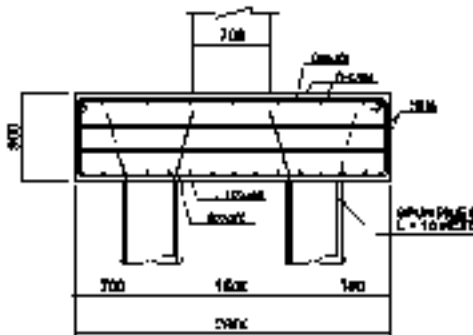
$$M_n := 0.9 \cdot T_s \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$M_n = 846.297 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Maka, digunakan tulangan D22-200 sebagai tulangan tarik & D16-200 sebagai tulangan tekan dengan tebal pilecap 800 mm.



Gambar 15. Tampak atas penulangan pilecap



Gambar 16. Potongan A-A penulangan pilecap

V. PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan analisa struktur yang telah dilakukan pada Proyek Pembangunan Pelabuhan Muara Angke, dapat disimpulkan bahwa.

1. Dimensi elemen struktur pelat lantai didapatkan 150 mm dengan penulangan D13-200 dua arah.
2. Dimensi elemen struktur balok didapatkan ukuran 300x600 mm dengan tulangan longitudinal 2D16 (lapangan) dan 3D16 (tumpuan), Strand yang

digunakan 3 buah 0,6 inch, tulangan transversal didapatkan D10-150 (lapangan) dan D10-100 (tumpuan).

3. Dimensi elemen struktur kolom didapatkan ukuran 400x700 mm dengan tulangan longitudinal 10D25, ttulangan transversal didapatkan D10-150 (lapangan) dan D10-100 (tumpuan).
4. Dimensi elemen struktur pondasi tiang didapatkan spun pile diameter 600 mm tipe A1 dengan kedalaman 16 meter.
5. Dimensi elemen struktur pilecap didapatkan ukuran yang sama 1400x2900 mm dan tebal 800 mm dengan tulangan atas D16-200 dan tulangan bawah D22-200.

DAFTAR PUSTAKA

1. Ahmad Yudi (2018), *Perencanaan Sistem Struktur Balok Beton Pracetak Hibrida*, Jurnal Rekayasa Sipil (JRS-UNAND) ISSN:1858-2133
2. Asli Asroni (2010), *Balok dan Pelat Beton Bertulang*, Graha Ilmu
3. Asli Asroni (2010), *Kolom Fondasi dan Balok T Beton Bertulang*, Graha Ilmu
4. Badan Standarisasi Nasional (2019), *Standar Nasional Indonesia 1726:2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung*
5. Badan Standarisasi Nasional (2017), *Standar Nasional Indonesia 2052:2017 Baja Tulangan Beton*
6. Badan Standarisasi Nasional (2013), *Standar Nasional Indonesia 1727:2013 Beban Minimum untuk Perancangan*

- Bangunan Gedung dan Struktur Lain*
7. Badan Standarisasi Nasional (2019), *Standar Nasional Indonesia 2847:2019 Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung dan penjelasan*
 8. Badan Standarisasi Nasional (2019), *Standar Nasional Indonesia 2847:2019 Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung dan penjelasan*
 9. Claudia Maria Palit (2016), *Perencanaan Struktur Gedung Hotel Jalan Martadinata Manado*, Jurnal Sipil Statik ISSN:2337-6732
 10. Chu-Kia Wang, Charles G. Salmon (1993). *Reinforced Concrete Design*, Binsar Hariandja, Erlangga.
 11. Direktorat Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik, Direktorat Cipta Karya, Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan (1971), *Peraturan Beton Bertulang Indonesia*
 12. Mahesh N. Patil, Yogesh N. Sonawane (2015), *Seismic Analysis of Multistoried Building*, International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT) ISSN : 2277-3754
 13. Ragy Jose, Restina Mathew, Sandra Devan, Sankeerthana Venu, Mohith YS (2017), *Analysis and Design of Commercial Building Using ETABS*, International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET) ISSN 2395-0056
 14. Ricky Januar Honarto (2019), *Perencanaan Bangunan Beton Bertulang dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus di Kota Manado*, Jurnal Sipil Statik ISSN:2337:6732.
 15. Sayyed A.Ahad, Hashmi S. Afzaf, Pathan Tabrej, Shaikh Ammar, Shaikh Vikhar, Shivaji Bidve (2017), *Analysis and Design Of Multistory Apartment Building Using ETABS*, International Journal Of Engineering And Computer Science ISSN:2319-7242
 16. Sigit Nugraha, Arief Firmanto ST MT (2016), *Analisis Perencanaan Gedung Kantor Samsat Kabupaten Kuningan dengan Menggunakan Struktur Beton SNI 2013*, Jurnal Konstruksi UNSWAGATI Cirebon ISSN 2085-8744.