

PERENCANAAN STRUKTUR BAJA PADA GEDUNG 5 LANTAI KANTOR KESEHATAN PELABUHAN PROBOLINGGO

Raissa Alifah¹⁾, Empung²⁾, Rosi Nursani,³⁾

^{1,2,3}Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Siliwangi

e-mail: raissaalifah2499@gmail.com

Abstrak

Kantor kesehatan pelabuhan memiliki peran yang sangat penting dalam mewujudkan kondisi wilayah kerja bandara dan pelabuhan yang bebas dari penularan penyakit, sebagai salah satu fasilitas public, dalam mengutamakan kenyamanan dan keamanan pengguna fasilitas maka direncanakan Gedung Kantor Kesehatan Pelabuhan Probolinggo yang terdiri dari 5 lantai dibangun dengan struktur baja. Perencanaan struktur atas pada gedung terdiri dari pelat atap, pelat lantai, balok, kolom dan *core wall*, serta struktur bawah yaitu pondasi. Analisis struktur gedung menggunakan *STAAD.Pro v8i* dan *ETABS v.17*. Perencanaan gedung mengacu pada literatur diantaranya Tata cara perhitungan Struktur Baja untuk bangunan (SNI 03-1729-2002), Perencanaan struktur baja berdasarkan Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural (SNI 1729:2015) dan Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung (SNI-1726-2012). Beban yang dianalisis yaitu beban mati, beban hidup dan beban gempa. Dari hasil analisa dan perhitungan diperoleh yaitu dimensi terhadap bangunan yang meliputi pelat lantai menggunakan dek baja gelombang dengan ketebalan 11 cm pada pelat 1-5, balok anak WF 250.250.9.14, balok induk WF 350.250.9.14, kolom WF 400.300.10.16. *Core wall* dengan tulangan D16-200 dan sengkang 2 D16-200. Perencanaan pondasi menggunakan tiang pancang dengan dimensi tiang 40 x 40 cm dengan kedalaman tiang 10 m, jumlah tiang bawah kolom 4 buah tiang dipakai dimensi *pile cap* bawah kolom 200 x 200 cm dengan tulangan D19-180, dan jumlah tiang bawah *core wall* 5 buah tiang dipakai dimensi *pile cap* bawah *core wall* 200 x 200 cm dengan tulangan D19-180.

Kata Kunci: Beton, dek baja gelombang, komposit, perencanaan gedung, profil WF, *STAAD. Pro*, struktur baja.

Abstract

Harbor healthcare office had an important role in achieving a free disease-spreading working area in such as airport and harbor, as one of the main facility which put safety and convenience to the top of its priority, the Probolinggo's Harbor Healthcare Office was planned. This 5 storey building use Steel as its main structure. The upper structure of this building contain plates, steel beams, columns and corewall, then the lower structure only contain foundation. The software used in this analysis is *STAAD.Pro v8i* and *ETABS v.17*. The building design is referring to several literature such as Tata cara perhitungan Struktur Baja untuk bangunan (SNI 03-1729-2002), Perencanaan struktur baja berdasarkan Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural (SNI 1729:2015) dan Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung (SNI-1726-2012). The loads analyzed consist of dead loads, live loads, and seismic loads. From the analysis result, the optimal dimensions and thickness of the structure was obtained, the plates uses the waving steel deck with 11 cm thickness, the secondary steel beams uses WF.250.250.9.14, the main steel beams uses WF.350.250.9.14, the steel columns uses WF 400.300.10.16. Corewall uses D16-200 with 2D16-200 stirrups. The foundation dimension of borepile uses 40 x 40 cm with 10 meter depth and 4 borepile placed for each pile cap, the main reinforcement uses D8 and Ø3-80 spiral stirrups, the pile cap underneath the column 2000 x 2000 mm with D19-180 reinforcement and the pile cap underneath the corewall 2000 x 2000 mm and 5 borepile each pile cap with D19-180 reinforcement.

Keywords: Building Design, Composite, Concrete, *STAAD.Pro*, Steel Structure, Waving Steel Deck, Wide Flange Shapes.

I. PENDAHULUAN

Pada saat ini pelabuhan tidak hanya berfungsi sebagai pintu keluar masuk barang, lebih dari itu sudah merupakan sebagai sentra industry, pusat perdagangan dan pariwisata yang banyak menyerap tenaga kerja. Mobilisasi yang tinggi dari aktivitas di pelabuhan, secara otomatis penyebaran penyakit akan semakin cepat dan beragam, sehingga akan berpotensi menimbulkan dampak yang merugikan bagi pencapaian tujuan pembangunan kesehatan nasional.

Kantor Kesehatan Pelabuhan memiliki peran yang sangat penting dalam mewujudkan kondisi wilayah kerja bandara dan pelabuhan yang bebas dari penularan penyakit. Dengan adanya Peraturan Kesehatan Internasional / *Internasional Health Regulation (IHR)* tahun 2005 untuk mengatur tata cara dan pengendalian penyakit, baik yang menular maupun yang tidak menular, maka Kantor Kesehatan Pelabuhan harus kuat dan prima dalam melaksanakan cegah tangkal penyakit karantina dan penyakit menular.

Beberapa faktor resiko yang sangat relevan untuk dianalisis, sehingga dapat ditentukan penyebab terjadinya penyakit menular berpotensi wabah. Salah satu aspek penularan penyakit adalah serangga/vector penular penyakit, baik yang dibawa melalui alat angkut kapal yang datang dari luar Indonesia maupun sebaliknya, semua alat angkut harus bebas dari vector, maka pemeriksaan kesehatan di kapal mutlak diperlukan, mengingat kapal dapat membawa vector penyakit. Dalam rangka melindungi Negara dari penularan dan penyebaran penyakit oleh vector yang terbawa oleh alat angkut, dan barang bawaan yang masuk melalui pintu masuk Negara, maka setiap Kantor Kesehatan Pelabuhan harus mampu melakukan pengendalian vector.

Kantor Kesehatan Pelabuhan Probolinggo sebagai Unit Pelaksana Teknis (UPT) dari Kementerian Kesehatan yang berada dibawah dan bertanggung jawab kepada Direktur Jenderal Pengendalian Penyakit dan Penyehatan Lingkungan (Dirjen PP dan PL) sesuai dengan Permenkes RI No.356/MENKES/PER/2008 tanggal 14 april 2008 tentang Organisasi dan Tata Kerja Kantor Kesehatan Pelabuhan. Kantor Kesehatan Pelabuhan Probolinggo mempunyai tugas melaksanakan

pengecahan masuk dan keluarnya penyakit menular dan potensial wabah, kekarantinaan, pelayanan kesehatan terbatas di wilayah kerja Pelabuhan /Bandara dan Lintas Batas, serta pengendalian dampak kesehatan lingkungan berdasarkan perundang-undangan dan ketentuan berlaku. Dalam penyelenggaraan tugas tersebut, dijabarkan melalui peran dan fungsi yang harus dilakukan dalam pelaksanaan berbagai program/kegiatan dengan tidak mengganggu kelancaran arus lalu lintas internasional/nasioanal baik orang, barang maupun alat. Meski disadari bahwa perkembangan lalu lintas internasional/nasioanal membawa dampak perubahan dalam pola penyebaran penyakit baik karena timbulnya *New Emerging Deseases* maupun *RE-Emerging Deseases* dalam konteks *Public Health of International Concern (PHEIC)*. [1]

Berdasarkan permenkes nomor 2348 tahun 2011 dengan perincian 5 wilayah kerja adalah pelabuhan laut dan 2 wilayah kerja adalah Bandar udara, yaitu :

Tabel 1. Wilayah Kerja KKP Kelas II Probolinggo

Tempat	Induk/Wilayah Kerja	P/B/L	Internasional/Domestik
Pelabuhan Laut Probolinggo	Induk	Pelabuhan	Domestik/Internasional
Pelabuhan Laut Panarukan	Wilayah Kerja	Pelabuhan	Domestik/Internasional
Pelabuhan Laut Tanjung Wangi	Wilayah Kerja	Pelabuhan	Domestik/Internasional
Pelabuhan Laut Pasuruan	Wilayah Kerja	Pelabuhan	Domestik
Pelabuhan Laut Paiton	Wilayah Kerja	Pelabuhan	Pelabuhan Laut Khusus
Bandara Abd Rachman Saleh Malang	Wilayah Kerja	Bandara	Domestik
Bandara Banyuwangi	Wilayah Kerja	Bandara	Domestik

Sumber : Sistem Informasi Kesehatan Pelabuhan [1]

Sebagai salah satu fasilitas public, Kantor Kesehatan Pelabuhan Probolinggo tentunya perlu mengutamakan kenyamanan dan keamanan pengguna fasilitas. Dalam rangka meningkatkan pelayanan kepada masyarakat Kantor Kesehatan Pelabuhan Kelas II Probolinggo perlu ditunjang oleh sarana dan prasarana, maka direncanakan struktur yang efektif dan efisien.

Dalam Perencanaan gedung bertingkat, struktur merupakan salah satu faktor penting dalam

suatu perencanaan bangunan bertingkat tinggi yang membutuhkan perhitungan teliti dan tepat. Kriteria perencanaan struktur adalah memenuhi syarat kekuatan, kekakuan dan daktilitas. Hasil dari perhitungan kekuatan struktur dibuat seoptimal mungkin sehingga bangunan yang kuat dan stabil dapat memberikan keamanan dan kenyamanan bagi penggunaannya.

Keamanan dan kenyamanan merupakan faktor utama yang harus diperhatikan dalam perencanaan suatu gedung bertingkat tinggi. Dalam parameter kekuatan, kekakuan dan daktilitas material baja adalah yang paling unggul dibandingkan beton dan kayu. Untuk menghitung atau menganalisis gaya-gaya dalam yang terjadi pada struktur gedung hotel ini digunakan program *STAAD.Pro.v8i*.

II. BAHAN DAN METODOLOGI

Pengumpulan data untuk perencanaan gedung meliputi peta lokasi proyek, data teknis bangunan, data penyelidikan tanah, dan gambar perencanaan bangunan.

Perencanaan gedung bertingkat ini akan direncanakan sebanyak 5 lantai dengan data sebagai berikut :

- 1) Fungsi Bangunan : Kantor Kesehatan Pelabuhan
- 2) Lokasi Bangunan : Jalan Ikan Tengiri No. 41 Kelurahan Mayangan Kecamatan Mayangan Kota Probolinggo Provinsi Jawa Timur.



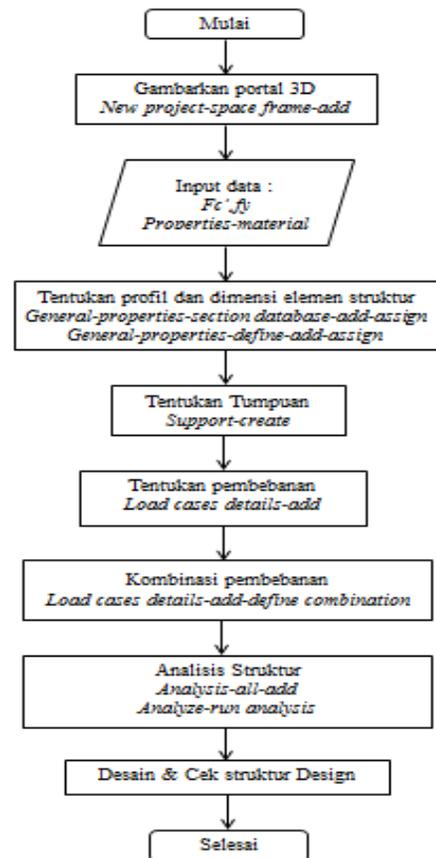
Sumber : Google Maps

Gambar 1. Peta Lokasi

- 3) Jumlah Lantai : 5 Lantai
- 4) Luas Bangunan
- 5) Lantai 1 : 472,5 m²
- 6) Lantai 2 : 472,5 m²
- 7) Lantai 3 : 472,5 m²

- 8) Lantai 4 : 472,5 m²
- 9) Lantai 5 : 472,5 m²
- 10) Tinggi Bangunan
 - Lantai 1 : +4,00 m
 - Lantai 2 : +4,00 m
 - Lantai 3 : +4,00 m
 - Lantai 4 : +4,00 m
 - Lantai 5 : +4,00 m
- 11) Material Struktur : Baja
- 12) Profil Baja Struktur : *Wide Flange (WF)*
- 13) Mutu Baja Profil : BJ 37
- 14) Tegangan putus baja profil (Fu) : 370 Mpa
- 15) Tegangan leleh baja profil (Fy) : 240 Mpa
- 16) Modulus Elastisitas baja (Es) : 200000 Mpa
- 17) Material Struktur : Beton
- 18) Mutu Beton : K-350
- 19) Modulus Elastisitas Beton (Ec) : 23500 Mpa

Diagram Alir Perencanaan



Gambar 2. Bagan Alir Perencanaan Struktur Portal Baja

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembebanan Struktur

a. Perhitungan Pembebanan

Pembebanan struktur didasarkan pada Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG 1983)[2] dengan rincian sebagai berikut :

1. Beban mati (*dead load*) dan Beban hidup (*live load*)
2. Beban Lift
3. Beban gempa

Tabel 2. Beban Mati Tambahan dan Beban Hidup[2]

Jenis Beban	Lantai Atap
	Kg/m ²
Beban Hidup Pelat	120
Beban Mati Tambahan Pelat	344
Jenis Beban	Lantai 5
	Kg/m ²
Beban Hidup Pelat	259
Beban Mati Tambahan Pelat	418
Beban Mati Tambahan Balok	160
Jenis Beban	Lantai 4
	Kg/m ²
Beban Hidup Pelat	259
Beban Mati Tambahan Pelat	418
Beban Mati Tambahan Balok	160
Jenis Beban	Lantai 3
	Kg/m ²
Beban Hidup Pelat	259
Beban Mati Tambahan Pelat	418
Beban Mati Tambahan Balok	160
Jenis Beban	Lantai 2
	Kg/m ²
Beban Hidup Pelat	259
Beban Mati Tambahan Pelat	418
Beban Mati Tambahan Balok	160
Jenis Beban	Lantai 1
	Kg/m ²
Beban Hidup Pelat	259

Beban Mati Tambahan Pelat	418
Beban Mati Tambahan Balok	160

Tabel 3. Rata – Rata dan Luas Kereta Maksimal (Beban Lift).[3]

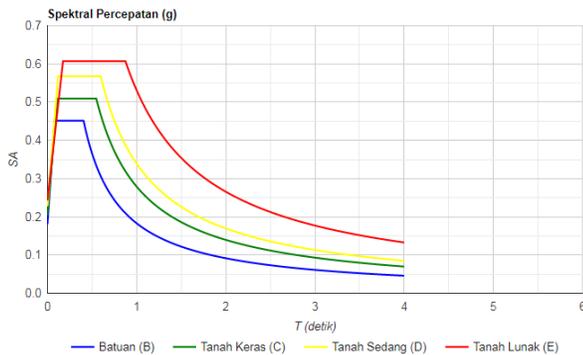
No.	Luas Kereta Maksimal (m ²) Toleransi ± 0,10 m ²	Jumlah Penumpang Maksimal (orang)	Pembulatan Beban (kg)
1.	0,9	4	300
2.	1	5	375
3.	1,2	6	450
4.	1,3	7	500
5.	1,5	8	550
6.	1,6	9	600
7.	1,8	10	680
8.	1,9	11	750
9.	2,05	12	820
10.	2,2	13	900
11.	2,35	14	950
12.	2,5	15	1000
13.	2,65	16	1100
14.	2,75	17	1150
15.	2,85	18	1250
16.	3	19	1300
17.	3,15	20	1360
18.	3,56	23	1600

Tabel 4. Besar Faktor Bobot Imbang.[3]

Kapasitas Elevator	Faktor Keseimbangan
> 1200 kg	40% s/d 42,5 %
600 kg s/d 1150 kg	45%
300 kg s/d 580 kg	50% s/d 55 %

Tabel 5. Prameter Respon Spektrum Gempa untuk Kota Probolinggo (C).[4]

Variabel	Nilai
PGA (g)	0.345
S _S (g)	0.677
S _I (g)	0.274
C _{RS}	0.990
C _{R1}	0.905
F _{PGA}	1.055
F _A	1.129
F _V	1.526
PSA (g)	0.364
S _{MS} (g)	0.764
S _{M1} (g)	0.418
S _{DS} (g)	0.509
S _{D1} (g)	0.279
T ₀ (detik)	0.110
T _S (detik)	0.548



Gambar 3. Grafik *Respon Spectrum* Gempa untuk Kota Probolinggo.[4]

Tabel 6. Perhitungan Beban Gempa Nominal Statik Ekuivalen

Lantai	F				
	Portal A=I	Portal 2=3=7=8	Portal 4=5=6	Portal A=D	Portal B=C
Atap	5010,57	10021,15	7515,86	14315,93	28631,85
5	4363,37	8726,74	6545,05	12466,77	24933,54
4	3272,53	6545,05	4908,80	9350,07	18700,15

3	2181,68	4363,37	3272,53	6233,38	12466,77
2	1090,84	2181,68	1636,26	3116,70	6233,38

b. Kombinasi Pembebanan

Berdasarkan beban – beban tersebut diatas maka struktur baja harus memikul semua kombinasi pembebanan[5] berikut :

1. U = 1,4 D
2. U = 1,2 D + 1,6 L
3. U = 1,2 D + 1,0L ± ρ.Ex ± 0,3. ρ.Ey
4. U = 1,2 D + 1,0L ± 0,3. ρ.Ex ± ρ.Ey
5. U = 0,9 D + 1,0L ± ρ.Ex ± 0,3. ρ.Ey
6. U = 0,9 D + 1,0L ± 0,3 ρ.Ex ± ρ.Ey

c. Analisa Struktur Portal

Untuk analisis portal, gaya-gaya dalam dihitung dengan menggunakan program *STAAD.Pro v8i*.

Hasil analisis struktur untuk gaya-gaya dalam maksimum pada struktur portal sebagai berikut :

Tabel 7. Gaya Dalam Maksimum pada Elemen Balok Akibat Kombinasi Beban

Kode Balok	P kg	V2 kg	V3 kg	T Kg-m	M2 Kg-m	M3 Kg-m	
B1	Max	6613,503	8811,26	678,36	1,486	1971,17	17566,38
	Min	-5519,86	-9701,81	-696,85	-1,519	-1718,51	-12998,54

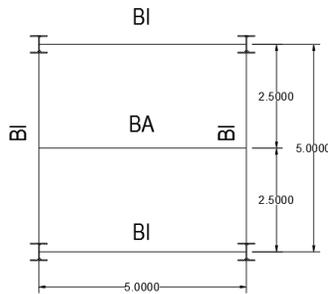
Tabel 8. Gaya Dalam Maksimum pada Elemen Kolom Akibat Kombinasi Beban

Kode Balok	P kg	V2 kg	V3 kg	T Kg-m	M2 Kg-m	M3 Kg-m	
K1	Max	239574	7571,15	4600,4	1,062	9273,39	17542,70
	Min	-21836	-2137,2	-4528,2	-1,519	-9250,1	-15681,54

Perencanaan Dimensi Struktur

Dimensi Pelat

Berikut ini merupakan sampel pelat lantai yang mewakili, ditampilkan pada Gambar berikut:



Gambar 4. Sample Pelat

Persyaratan pelat satu arah :

$$L_y = 5000 \text{ mm}$$

$$L_x = 2500 \text{ mm}$$

$$\frac{L_y}{L_x} > 2$$

$$\frac{l_y}{l_x} = \frac{5000}{2500} = 2,00 \text{ (Pelat satu arah)}$$

Syarat tebal pelat menurut SNI-2487-2013 Pasal 9.5.3.3[6], meliputi:

1. Tebal pelat tidak boleh kurang dari sebagai berikut ini.

$$h_{\min} = \frac{\ell_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 9\beta} = \frac{5000 \left(0,8 + \frac{400}{1400} \right)}{36 + 9 \cdot 2,00} = 100,53 \text{ mm}$$

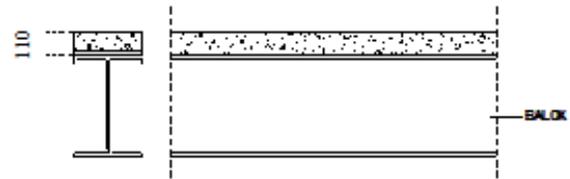
2. Dan tidak perlu lebih dari sebagai berikut ini.

$$h_{\max} = \frac{\ell_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36} = \frac{5000 \left(0,8 + \frac{400}{1400} \right)}{36} = 150,79 \text{ mm}$$

Tabel 9. Rencana Dimensi Pelat

Pelat	lx	ly	h _{min}	h _{max}	h _{pakai}
	mm	mm	mm	mm	mm
S1	2500	5000	100,53	150,79	110
S2	2500	5000	100,53	150,79	110

Dari hasil perhitungan tersebut, diperoleh batas tebal pelat : $100,53 \text{ mm} \leq h \leq 150,79 \text{ mm}$, diasumsikan tebal pelat lantai 110 mm.



Gambar 5. Dimensi Pelat 1-5

Dimensi Balok Anak

Syarat kekuatan untuk memilih profil baja balok adalah :

$$\text{Min } Z_x = \frac{M_u}{\phi \cdot f_y}$$

Dipilih profil yang mempunyai nilai Z_x lebih besar dari Z_x minimum. Didapat hasil perhitungan Min Z_x adalah $189,23 \text{ cm}^3$, maka dipilih profil WF 250.250.9.14 dengan nilai Z_x adalah 867 cm^3 dengan data penampang sebagai berikut :

Tabel 10. Data Penampang Profil yang dipilih.[7]

A=92,18 cm ²	tw = 9 mm	ry = 6,29 cm	Sx = 864 cm ³
W=72,4kg/m	tf = 14 mm	rx = 10,8 cm	Sy = 292 cm ³
d=250 mm	r=16 mm	Ix=10800cm ⁴	Zx = 867 cm ³
bf=250 mm	h=d-2 (tf - r)	Iy=3650 cm ⁴	Zy = 292 cm ³
	= 250-2(14+16)		
	= 254 mm		

Dimensi Balok Induk

Syarat kekuatan untuk memilih profil baja pada balok adalah :

$$\text{Min } Z_x = \frac{M_u}{\phi \cdot f_y}$$

Dipilih profil yang mempunyai nilai Z_x lebih besar dari Z_x minimum. Didapat hasil perhitungan Min Z_x adalah $255,85 \text{ cm}^3$, maka dipilih profil WF 350.250.9.14 dengan nilai Z_x adalah 1360 cm^3 dengan data penampang sebagai berikut :

Tabel 11. Data Penampang Profil yang dipilih.[7]

A=101,5 cm ²	tw = 9 mm	ry = 14,62 cm	Sx = 1276cm ³
W=79,68kg/m	tf = 14 mm	rx = 6,00 cm	Sy = 292cm ³

d=340 mm	r=20 mm	I _x =21700cm ⁴	Z _x = 1360cm ³
bf=250 mm	h=d-2 (tf - r) = 250-2(14+20) = 234 mm	I _y =3650cm ⁴	Z _y = 444 cm ³

Dimensi Kolom

Syarat kekuatan untuk memilih profil baja pada kolom adalah :

$$A = \frac{Pu}{\phi f_y}$$

Dipilih profil yang mempunyai nilai A lebih besar dari A syarat. Didapat hasil perhitungan A adalah 48,67 cm², maka dipilih profil WF 400.300.10.16 dengan nilai A adalah 136 cm² dengan data penampang sebagai berikut :

Tabel 12. Data Penampang Profil yang dipilih.[7]

A=136 cm ²	tw = 10 mm	ry = 16,87 cm	S _x =1985 cm ³
W=106,7kg/m	tf = 16 mm	rx = 7,28 cm	S _y =481 cm ³
d=400 mm	r=22 mm	I _x =28700cm ⁴	Z _x =2116 cm ³
bf=300 mm	h=d-2 (tf - r) = 400-2(16+22) = 324 mm	I _y =7210 cm ⁴	Z _y = 729 cm ³

Corewall

Perencanaan awal dimensi *core wall*, mengacu pada SNI-2847-2013 pasal 9.5.2.2 tabel 9.5.[6] (a) yaitu tebal dinding tidak boleh kurang dari *l/24* dari tinggi (*hw*)/panjang bebas (*lw*). Dan tidak boleh kurang dari 140 mm. Perencanaan dimensi awal *core wall* :



Gambar 6. Core Wall

$$t > \frac{lw}{24}$$

$$t > 140 \text{ mm}$$

Didapat $t > 108$ mm maka direncanakan desain awal untuk tebal dinding geser diambil 200 mm.

Perhitungan Penulangan Pelat Lantai

Setelah ketebalan pelat ditentukan kemudian dilakukan perencanaan pembebanan pada pelat dan analisa struktur pelat menggunakan tabel persamaan momen untuk pelat satu arah dengan tumpuan sejajar. Kombinasi beban rencana yang digunakan dalam analisa struktur adalah q_u atap = 604,8 kg/m² dan q_u lantai = 901,6 kg/m². Dari momen negatif yang dihitung didapat nilai - nilai gaya dalam sebagai berikut :

a. Pelat Atap

$$M_{lx} = \frac{1}{16} \cdot q \cdot L^2 = \frac{1}{16} \cdot 604,8 \cdot 5^2 = 945 \text{ kg/m}^2$$

$$M_{ly} = \frac{1}{16} \cdot q \cdot L^2 = \frac{1}{16} \cdot 604,8 \cdot 2,5^2 = 236,25 \text{ kg/m}^2$$

$$M_{tx} = \frac{1}{16} \cdot q \cdot L^2 = \frac{1}{16} \cdot 604,8 \cdot 5^2 = -945 \text{ kg/m}^2$$

$$M_{ty} = \frac{1}{16} \cdot q \cdot L^2 = \frac{1}{16} \cdot 604,8 \cdot 2,5^2 = -236,25 \text{ kg/m}^2$$

b. Pelat Lantai 2-5

$$M_{lx} = \frac{1}{16} \cdot q \cdot L^2 = \frac{1}{16} \cdot 901,6 \cdot 5^2 = 1408,75 \text{ kg/m}^2$$

$$M_{ly} = \frac{1}{16} \cdot q \cdot L^2 = \frac{1}{16} \cdot 901,6 \cdot 2,5^2 = 352,18 \text{ kg/m}^2$$

$$M_{tx} = \frac{1}{16} \cdot q \cdot L^2 = \frac{1}{16} \cdot 901,6 \cdot 5^2 = -1408,75 \text{ kg/m}^2$$

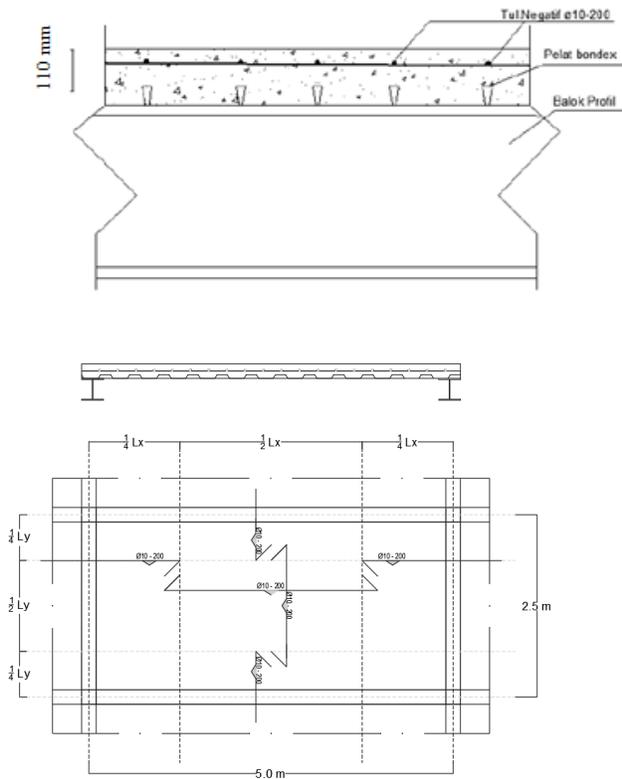
$$M_{ty} = \frac{1}{16} \cdot q \cdot L^2 = \frac{1}{16} \cdot 901,6 \cdot 2,5^2 = -352,18 \text{ kg/m}^2$$

Pelat lantai direncanakan menggunakan $f'c = 30$ MPa, dan $f_y = 400$ MPa. Dengan tebal selimut beton digunakan 2 cm dan diameter tulangan pelat 10 mm. langkah pertama dalam perencanaan penulangan adalah menghitung rasio penulangan untuk berbagai kondisi baik itu dalam kondisi seimbang, minimal, maksimal ataupun dalam

kondisi tulangan aktual akibat momen yang terjadi. Sementara itu, untuk penulangan pelat 1 arah, jarak antar tulangan yaitu $s \leq 3h$ atau $s \leq 330$ mm, untuk $f_y = 400$ MPa. Berikut ini penulangan pada pelat yang ditampilkan pada tabel berikut :

Tabel 13. Rekapitulasi Penulangan

Penulangan	Penulangan Arah X		Penulangan Arah Y	
	D	S	D	S
Tulangan Negatif Pelat Atap	10	200	10	200
Tulangan Negatif Pelat Lantai	10	200	10	200



Gambar 7. Penulangan Pelat Lantai

Penulangan Core Wall

Data perencanaan :

- $t = 200$ mm
- $f'c = 33,2$ MPa
- $f_y = 400$ MPa

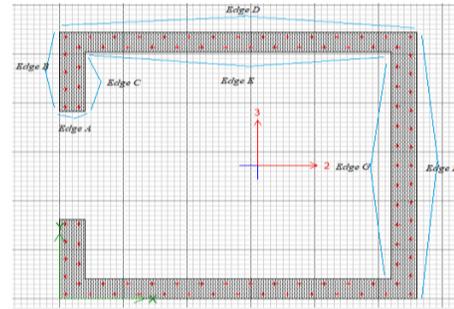
pada diagram interaksi mempunyai batasan

(P_{maks}) :

$$\phi Pn_{maks} = 0,8.\phi.(0,85.f'c.(Ag - As) + fy.As)$$

$$Ag = 1828000 \text{ mm}^2$$

$$As = \frac{1}{4} \pi 16^2 = 201,062 \text{ mm}^2$$



Gambar 8. Penulangan Pelat Lantai

Jadi as total core wall canal = 19301,951 mm²

$$\phi Pn_{maks} = 0,8.\phi.(0,85.f'c.(Ag - As) + fy.As)$$

$$\phi Pn_{maks} = 0,8.0,65.(0,85.33,2.(1828000 - 19301,951) + 400.19301,951) = 30556364,46 \text{ N} > Pu = 4514177 \text{ N (OK)}$$

Hasil Perhitungan

Balok Komposit

Kontrol Stabilitas Penampang.[8]

Kontrol stabilitas penampang dilakukan pada pelat badan profil baja, dengan rumusan sebagai berikut :

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{fy}} \quad \lambda_f = \frac{h}{tw}$$

Bila $\lambda_f < \lambda_p$, maka dikategorikan penampang kompak atau penampang plastis, bila $\lambda_f > \lambda_p$ dikategorikan penampang langsing atau penampang elastis. Berikut ini adalah hasil perhitungan dari balok yang direncanakan :

Tabel 14. Hasil kontrol stabilitas penampang profil

Elemen	λ_p	λ_f	Ket
Balok Anak	108,44	21,11	Penampang Kompak
Balok Induk	108,44	34,67	Penampang Kompak

Lebar Efektif Balok.[8]

Untuk mengontrol kekuatan balok komposit, maka terlebih dahulu ditentukan lebar efektif dari pelat beton.

Lebar efektif pelat beton diambil dari nilai yang terkecil dari :

Interior

a) $b_{eff} \leq L/4$

b) $b_{eff} \leq b_o$

Eksterior

a) $b_{eff} \leq L/8$

b) $b_{eff} \leq \frac{1}{2} \times b_o$

Sifat elastisitas penampang komposit.[8]

Modulus elastisitas penampang komposit

$$E_c = 0,041 \cdot W^{1,5} \cdot \sqrt{f'c}$$

Modulus elastisitas penampang baja

$$E_s = 200000 \text{ Mpa}$$

Rasio modulus elastisitas

$$n = \frac{E_s}{E_c}$$

Lebar penampang komposit

$$b_{tr} = \frac{b_e}{n}$$

Luas penampang komposit

$$A_{tr} = b_{tr} \cdot t_s$$

Tabel 15. Hasil Perhitungan Sifat Elastisitas Penampang Komposit

Sifat Elastisitas Penampang Komposit		
Balok Anak		
Ec	28519	Mpa
Es	200000	Mpa
n	7,0128	Mpa
btr	17,82	cm
Atr	196,02	cm ²
Balok Induk		
Ec	28519	Mpa
Es	200000	Mpa
n	7,0128	Mpa
Btr	8,91	cm
Atr	98,03	cm ²

Menghitung Distribusi Tegangan Plastis.[8]

Tinggi blok tegangan tekan pada pelat beton

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f'c \cdot b \cdot E}$$

Resultan gaya tekan maksimum

$$C = 0,85 \cdot f'c \cdot a \cdot b_e$$

Jarak dari tepi atas profil baja ke resultan gaya tekan pelat beton

$$y_2 = t_s - \frac{a}{2}$$

Luas tulangan logitudinal dalam penampang efektif pelat beton

$$A_{sr} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \phi^2 \cdot n$$

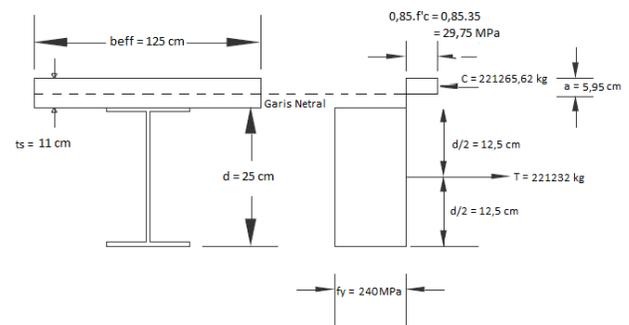
Tulangan yang menambah kekuatan tarik nominal (Tsr)

$$T_{sr} = A_{sr} \cdot f_{yT}$$

Resultan gaya tarik maksimum

$$T = A_s \cdot f_y$$

Karena $T < C$ pada Balok Anak Komposit maka garis netral plastis didalam pelat beton.



Gambar 9. Distribusi Tegangan Plastis Balok Anak

Dari distribusi tegangan plastis maka dihitung kapasitas momen plastis dari penampang balok komposit :

$$M_n = M_p = F_y \cdot A_s (y_2 + \frac{1}{2} d)$$

$$\phi M_n = 0,9 \times M_n$$

Tabel 16. Hasil Kontrol Kapasitas Momen Plastis Balok Anak

Elemen	ϕM_n (kg)	M_u (kg)	Ket
Balok Anak	40867,08	8000,55	OK

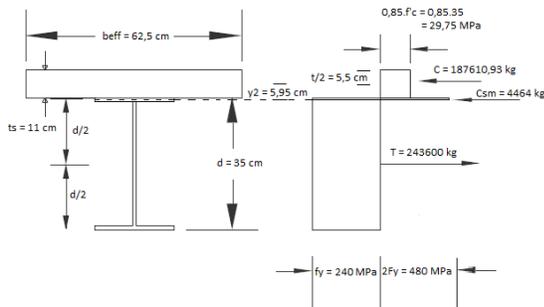
Kekuatan kapasitas momen plastis atau momen nominal penampang komposit lebih besar daripada momen akibat beban terfaktor, sehingga penampang mampu menahan beban yang terjadi.

Karena $T > C$ pada Balok Induk Komposit maka garis netral plastis pada baja.

$$y = \frac{T - C}{bf \cdot fy}$$

$y < tf$ maka garis netral plastis dipelat sayap.

$$C_{sm} = 2 \cdot fy \cdot y$$



Gambar 10. Distribusi Tegangan Plastis Balok Induk

$$M_n = M_p = C (y_2 + 1/2d) + C_{sm} (d - y) \cdot 1/2$$

$$\phi M_n = 0,9 \times M_n$$

Tabel 17. Hasil Kontrol Kapasitas Momen Plastis Balok Induk

Elemen	ϕM_n (kg)	M_u (kg)	Ket
Balok Induk	40279,68	17566,382	OK

Kekuatan kapasitas momen plastis atau momen nominal penampang komposit lebih besar daripada momen akibat beban terfaktor, sehingga penampang mampu menahan beban yang terjadi.

Kontrol Terhadap Gaya Geser.[8]

$$A_w = tw \cdot hc$$

$$V_n = 0,6 \cdot f_y w \cdot A_w$$

$$\phi V_n = 0,85 \cdot V_n$$

Tabel 18. Hasil Kontrol Balok Anak dan Balok Induk Terhadap Gaya Geser

Elemen	ϕV_n (kg)	V_u (kg)	Ket
Balok Anak	27540	6400,44	OK
Balok Induk	37454,4	8811,268	OK

Kontrol Terhadap Lendutan.[8]

Lendutan ijin

$$f_{ijin} = \frac{L}{240}$$

Lendutan beban mati

$$f_{qD} = \left[\frac{5}{384} \times \frac{(qD) \cdot L^4}{E \cdot I_x} \right]$$

Lendutan beban hidup

$$f_{qL} = \left[\frac{5}{384} \times \frac{(qL) \cdot L^4}{E \cdot I_x} \right]$$

Lendutan total

$$f^o = f_{qD} + f_{qL}$$

Tabel 19. Hasil Kontrol Balok Anak dan Balok Induk Terhadap Lendutan

Elemen	f^o	f_{ijin}	Ket
Balok Anak	0,49	2,08	OK
Balok Induk	0,26	2,08	OK

Perhitungan penghubung geser.[8]

$$Q_n = 0,5 \times A_{sc} \sqrt{f'_{cx} E_c}$$

Dimana :

$$A_{sc} = 1/4 \times \pi \times d^2$$

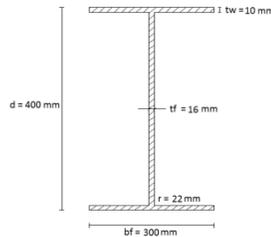
$$E_c = 0,041 \times w_c^{1,5} \times \sqrt{f'_{c}}$$

$$\text{Syarat : } Q_n \leq A_{sc} \times f_u$$

Tabel 20. Jumlah Stud pada Balok Anak dan Balok Induk Komposit

Elemen	Stud
Balok Anak	26 Ø19
Balok Induk	20 Ø19

a. Kolom Baja



Gambar 11. Penampang Profil Kolom

Mencari letak garis netral.[8]

$$yb = \frac{A_{baja}(\frac{1}{2}d_{baja})}{A_{baja}} = \frac{136(\frac{1}{2}40)}{136} = 20 \text{ cm}$$

$$ya = d_{baja} - yb = 40 - 20 = 20 \text{ cm}$$

Momen Inersia

$$Ix = 38700 \text{ cm}^4 \text{ (Tabel profil konstruksi baja)}$$

Section modulus serat baja bawah

$$S_{sb} = \frac{Ix}{ya} = \frac{38700}{20} = 1935 \text{ cm}^3$$

Section modulus serat baja atas

$$S_{sa} = \frac{Ix}{yb} = \frac{38700}{20} = 1935 \text{ cm}^3$$

Pemeriksaan tegangan

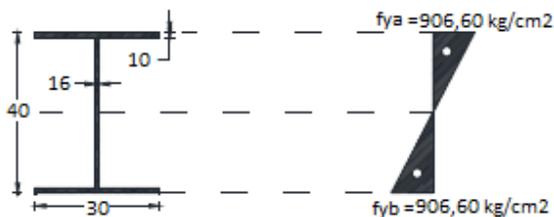
$$Mu = 17542,707 \text{ kgm} = 1754270,7 \text{ kgcm}$$

Tegangan pada serat atas baja

$$fya = \frac{M}{S_{yb}} = \frac{1754270,7}{1935} = 906,60 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} < 2400 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow \text{OK}$$

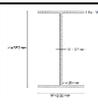
Tegangan pada serat bawah baja

$$fya = \frac{M}{S_{yb}} = \frac{1754270,7}{1935} = 906,60 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} < 2400 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow \text{OK}$$



Gambar 12. Diagram Tegangan Penampang Kolom Baja

Tabel 21. Kapasitas Gaya Dalam pada Kolom

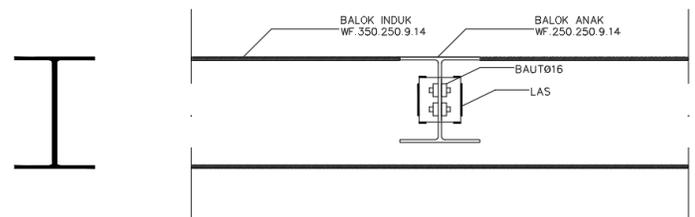
Balok no. 13	Gaya Dalam	Kapasitas	Satuan	Ket
	Mu=17566,382	ϕMn=40279	kgm	(OK)
	Vu = 8811,268	ϕVn=37454,4	kg	(OK)

Kekuatan kapasitas penampang kolom baja lebih besar dari pada momen akibat beban terfaktor, sehingga penampang mampu menahan beban yang terjadi. Jadi, Kolom baja dengan WF 400.300.10.16.22 dapat digunakan.

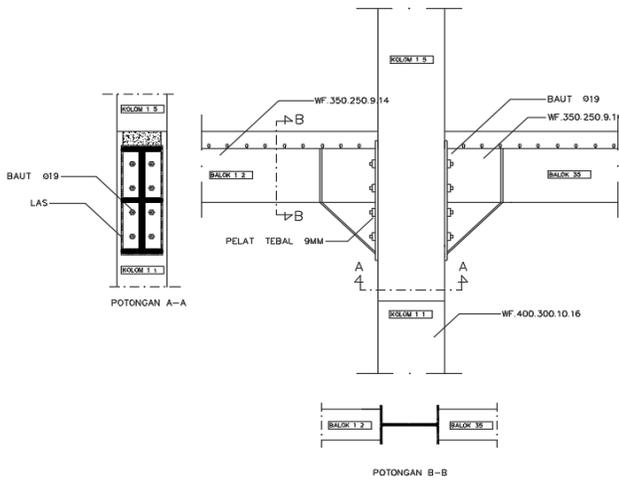
b. Hasil Perhitungan Sambungan

Tabel 22. Sambungan Struktur.[9]

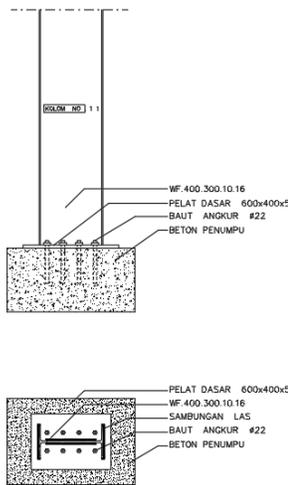
Sambungan	Tipe	Ukuran (mm)
Balok Anak dengan Balok Induk		
Pelat siku ke balok anak	Baut tipe A325	2Ø16
Pelat siku dgn balok induk	Las mutu E70xx	Tebal las 25
Balok Induk dengan Balok Kolom		
Pelat dgn kolom	Baut tipe A325	Ø19
Pelat ujung dgn balok induk	Las mutu E70xx	Tebal las 35
Pelat ujung dgn kolom	Las mutu E70xx	Tebal las 35
Pelat Dasar dengan Kolom		
Pelat dgn beton	Baut Angkur	8Ø22
Pelat dasar dgn kolom	Las mutu E70xx	Tebal las 56



Gambar 13. Sambungan Balok Anak dengan Balok Induk.[9]



Gambar 14. Sambungan Balok Induk dengan Kolom.[9]



Gambar 15. Sambungan Base Plate

Analisis Struktur Pondasi

a. Analisis Perhitungan Daya Dukung

Metode Langsung (Mayerhof)

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

$$= 2744 + 408,61$$

$$= 3152,61 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_{ijin} = \frac{Q_u}{SF}$$

$$= \frac{3152,61}{3} = 1050,87 \text{ kN}$$

Metode Grafik Sondir

$$Q_c = 224 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 21952 \text{ kN/m}^2$$

$$Pds = \frac{Ap \cdot qc}{SF} - Wp$$

$$= \frac{0,16 \cdot 21952}{3} - 38,4$$

$$= 1132,37 \text{ kN/m}^2$$

Metode Tergazhi.[10]

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

$$Q_{ult} = 1425,48 + 5120$$

$$Q_{ult} = 6545,48 \text{ kN}$$

$$Q_{all} = \frac{1}{SF} \cdot Q_{ult}$$

$$Q_{all} = \frac{1}{3} \cdot 6545,48 = 2181,82 \text{ kN}$$

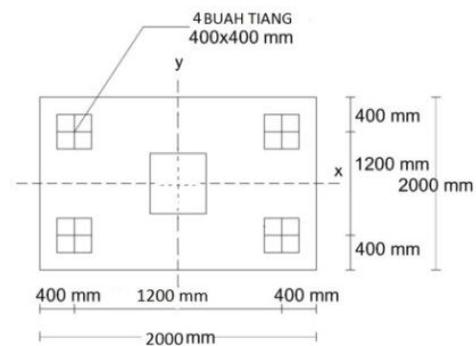
Dari hasil daya dukung yang telah dihitung diambil daya dukung tiang pancang yang terkecil yaitu hasil perhitungan daya dukung berdasarkan data uji sondir dengan metode *meyerhoff 1956* $Q_u = 3152,61 \text{ kN}$ dan $Q_{ijin} = 1050,87 \text{ kN}$.

b. Perencanaan Fondasi Tiang Pancang

Jumlah tiang yang digunakan pada bawah kolom

$$n = \frac{P}{\bar{P}_{netto}}$$

$$n = \frac{2395,74}{768,9} = 3,11 \approx 4 \text{ buah}$$

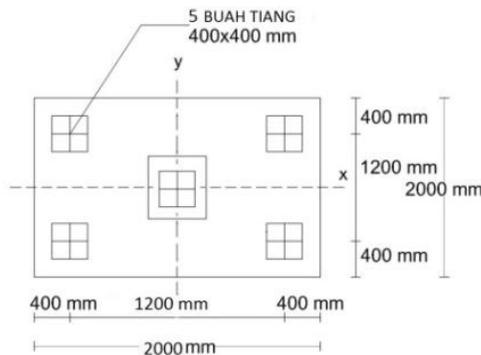


Gambar 16. Jumlah dan Tata Letak Tiang bawah kolom

Jumlah tiang yang digunakan pada bawah *core wall*

$$n = \frac{P}{\bar{P}_{netto}}$$

$$n = \frac{3756,31}{768,9} = 4,88 \approx 5 \text{ buah}$$



Gambar 17. Jumlah dan Tata Letak Tiang bawah *core wall*

Kapasitas maksimum satu tiang bawah kolom

$$P_{\text{terjadi}} = \frac{P}{n} \pm \frac{My \cdot x}{\sum x^2} \pm \frac{Mx \cdot y}{\sum y^2}$$

$$P_{\text{terjadi}} = \frac{2395,74}{4} \pm \frac{156,81 \cdot 0,6}{1,44} \pm \frac{175,42 \cdot 0,6}{1,44}$$

$$P_{\text{maks}} = 598,93 + 65,33 + 73,09 = 737,35 \text{ kN} \leq P_{\text{netto}} = 768,9 \text{ kN} \dots(\text{Aman})$$

$$P_{\text{min}} = 598,93 - 65,33 - 73,09 = 160,51 \text{ kN} \leq P_{\text{netto}} = 768,9 \text{ kN} \dots(\text{Aman})$$

$$P_{\text{min}} = 160,51 \text{ kN} > 0 \dots(\text{Aman})$$

Kapasitas maksimum satu tiang bawah *core wall*

$$P_{\text{terjadi}} = \frac{P}{n} \pm \frac{My \cdot x}{\sum x^2} \pm \frac{Mx \cdot y}{\sum y^2}$$

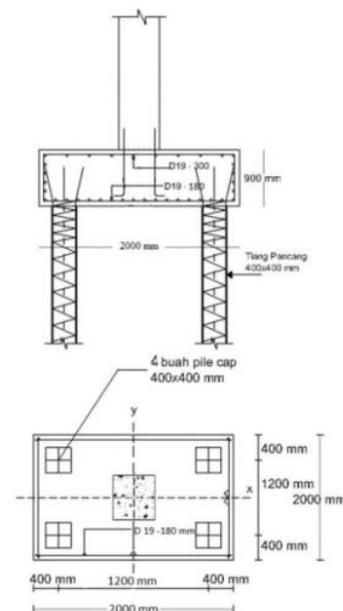
$$P_{\text{terjadi}} = \frac{3332,31}{5} \pm \frac{462,283 \cdot 0,6}{1,44} \pm \frac{203,892 \cdot 0,6}{1,44}$$

$$P_{\text{maks}} = 666,46 + 44,197 + 45,83 = 756,48 \text{ kN} \leq P_{\text{netto}} = 768,9 \text{ kN} \dots(\text{Aman})$$

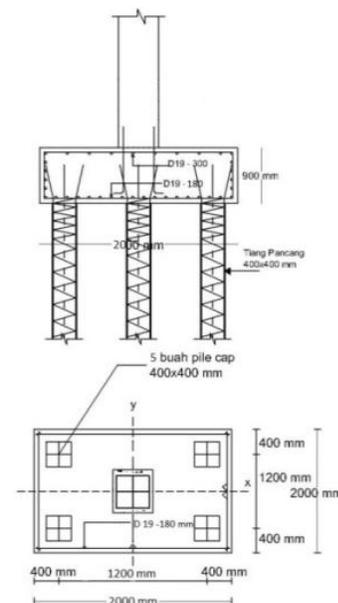
$$P_{\text{min}} = 666,46 - 44,197 - 45,83 = 576,43 \text{ kN} \leq P_{\text{netto}} = 768,9 \text{ kN} \dots(\text{Aman})$$

$$P_{\text{min}} = 576,43 \text{ kN} > 0 \dots(\text{Aman})$$

Penulangan Pilecap bawah kolom didapat tulangan pokok 16D19-180, penulangan Pilecap bawah *core wall* didapat tulangan pokok 16D19-180.



Gambar 18. Detail Penulangan Pile Cap bawah kolom



Gambar 19. Detail Penulangan Pile Cap bawah *core wall*

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis perhitungan dan pembahasan pada bab sebelumnya, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Kuat perlu berdasarkan kombinasi untuk Perencanaan Pada Gedung Kantor Kesehatan Pelabuhan Probolinggo adalah beban mati, beban hidup, dan beban gempa, beserta dengan kombinasi pembebanannya. Didapat kombinasi untuk Pelat Atap, Pelat Lantai dan Balok Anak adalah kuat perlu kombinasi (2) $U = 1,2D + 1,6L$ dan untuk balok induk, kolom, core wall dan pondasi adalah kuat perlu kombinasi (4) $U = 1,2D + 1,0L \pm 0,3 \cdot \rho \cdot Ex \pm \rho \cdot Ey$. Yang mengacu pada PPURG (Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung) SKBI-1.3.53.1987 dan kombinasi pembebanan pada struktur bangunan gedung sesuai dengan SNI 1727-2013 dan perhitungan perencanaan gedung terhadap beban gempa sesuai SNI 1726-2013.
2. Perencanaan dimensi tebal pelat lantai mengacu pada SNI 03-2487-2013 pasal 9.5.3.3, dari hasil perhitungan tersebut, diperoleh batas tebal pelat : $100,53 \text{ mm} \leq h \leq 150,79 \text{ mm}$, maka diasumsikan tebal pelat lantai 110 mm. Perencanaan dimensi balok anak dipilih sesuai syarat kekuatan yaitu $\text{Min } Z_x = \frac{M_u}{\phi \cdot f_y}$ didapat hasil perhitungan $\text{Min } Z_x$ adalah $181,66 \text{ cm}^3$, maka dipilih profil WF 250.250.9.14 dengan nilai Z_x adalah 867 cm^3 . Perencanaan dimensi balok induk dipilih sesuai syarat kekuatan yaitu $\text{Min } Z_x = \frac{M_u}{\phi \cdot f_y}$ didapat hasil perhitungan $\text{Min } Z_x$ adalah $195,67 \text{ cm}^3$, maka dipilih profil WF 350.250.9.14 dengan nilai Z_x adalah 1360 cm^3 . Perencanaan dimensi kolom dipilih sesuai syarat kekuatan yaitu $A = \frac{P_u}{\phi \cdot f_y}$ didapat hasil perhitungan A adalah $46,62 \text{ cm}^2$, maka dipilih profil WF 400.300.10.16 dengan nilai A adalah 136 cm^2 . Perencanaan dimensi core wall, mengacu pada SNI-2847-2013 pasal 9.5.2.2 tabel 9.5 yaitu tebal dinding tidak boleh kurang dari $1/24$ dari tinggi (hw) / panjang bebas (lw). Dan tidak boleh kurang dari 140 mm, didapat hasil perhitungan $t > 108 \text{ mm}$ maka direncanakan desain awal untuk tebal dinding geser diambil 200 mm.

3. Dari momen negatif yang dihitung didapat nilai – nilai gaya dalam sebagai berikut :

Pelat Atap

$$M_{lx} = \frac{1}{16} \cdot q \cdot L^2 = \frac{1}{16} \cdot 604,8 \cdot 5^2 = 945 \text{ kg/m}^2$$

$$M_{ly} = \frac{1}{16} \cdot q \cdot L^2 = \frac{1}{16} \cdot 604,8 \cdot 2,5^2 = 236,25 \text{ kg/m}^2$$

Pelat Lantai

$$M_{lx} = \frac{1}{16} \cdot q \cdot L^2 = \frac{1}{16} \cdot 901,6 \cdot 5^2 = 1408,75 \text{ kg/m}^2$$

$$M_{ly} = \frac{1}{16} \cdot q \cdot L^2 = \frac{1}{16} \cdot 901,6 \cdot 2,5^2 = 352,18 \text{ kg/m}^2$$

Untuk penulangan pelat 1 arah, jarak antar tulangan yaitu $s \leq 3h$ atau $s \leq 330 \text{ mm}$, maka didapat tulangan negatif pada pelat atap $\emptyset 10 - 200 \text{ mm}$ dan tulangan negatif pada pelat lantai 2-5 $\emptyset 10 - 200 \text{ mm}$.

4. Ukuran pondasi yang dapat digunakan :

Dimensi : Diameter Tiang 400 mm x 40 mm & Pilecap 2000 x 2000 mm

Mutu Beton : $f'_c 36,6 \approx 37 \text{ MPa}$

Mutu Baja : $F_y 400 \text{ MPa} \& F_y 240 \text{ MPa}$

Tulangan : Untuk tiang pancang dibawah kolom didapat kebutuhan tiang 4 buah dan 5 buah untuk pondasi tiang pancang dibawah corewall dengan panjang tiang 10 m. Tulangan pokok pile cap 16D19-180.

Saran

1. Dari hasil perencanaan struktur gedung yang dilakukan, didapat dimensi Pelat dengan $l_x = 2500 \text{ mm}$ dan $l_y = 5000$ yaitu $h_{\text{min}} = 100,53 \text{ mm}$ dan $h_{\text{maks}} = 150,79 \text{ mm}$ dan h yang dipakai adalah 110 mm, untuk Pelat Atap didapat perhitungan $M_{lx} = 945 \text{ kg/m}^2$ $M_{ly} = 236,25 \text{ kg/m}^2$ dan untuk Pelat Lantai didapat perhitungan $M_{lx} = 1408,75 \text{ kg/m}^2$ $M_{ly} = 352,18 \text{ kg/m}^2$. Untuk Balok Anak didapat perhitungan yaitu $\phi M_n > M_{\text{tumpuan}}$ yaitu $40867,08 \text{ kgm} > 8000,55 \text{ kgm}$, $\phi V_n > V_u$ yaitu $27540 \text{ kg} > 6400,44 \text{ kg}$, $f^o < f_{\text{ijin}}$ $0,497 \text{ cm} < 2,08 \text{ cm}$. Untuk Balok Induk didapat perhitungan yaitu $\phi M_n > M_{\text{tumpuan}}$ yaitu $40279,68 \text{ kgm} > 17566,382 \text{ kgm}$, $\phi V_n > V_u$ yaitu $37454,4 \text{ kg} > 8811,268 \text{ kg}$, $f^o <$

f_{ijin} 0,26 cm < 2,08 cm. Untuk Kolom $\phi N_n > N_n$ yaitu 201039,96 kg > 239574 kg, Momen nominal berdasarkan pengaruh local buckling pada sayap $\phi M_{nx} > M_{ux}$ yaitu 3884887,13 kgm > 17542,707 kgm dan $\phi M_{ny} > M_{uy}$ yaitu 1199630,58 kgm > 15681,544 kgm, Momen nominal berdasarkan pengaruh local buckling pada badan $\phi M_{nx} > M_{ux}$ yaitu 4162034,57 kgm > 17542,707 kgm dan $\phi M_{ny} > M_{uy}$ yaitu 1351208,54 kgm > 15681,544 kgm, $\phi V_n > V_u$ yaitu 14688 kg > 7571,151 kg. Dari hasil perhitungan tersebut perencanaan dapat mempertimbangkan penggunaan nilai tekan (f'_c) dan tegangan leleh baja (f_y), dimensi elemen struktur ataupun jumlah penulangan yang lebih kecil sehingga lebih ekonomis, namun tetap memperhatikan faktor keamanan serta kekuatan struktur gedung.

2. Perencanaan pondasi dapat menggunakan jenis pondasi bore pile atau sumuran dengan mempertimbangkan kondisi tanah serta kedalaman pondasi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Direktorat Surveilans dan karantina Kesehatan. Kantor Kesehatan Pelabuhan. Kementerian Kesehatan RI.
- [2] Departemen Pekerjaan Umum. 1987. *Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung*. Jakarta: Yayasan Badan Penerbit PU.
- [3] Anonim. 2004. SNI 05-7052-2004. *Syarat-Syarat Umum Konstruksi Lift Penumpang yang Dijalankan dengan Motor Tanpa Kamar Mesin*
- [4] PUSKIM (2011). *Desain Spektra Indonesia*. [online]. Tersedia: http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011/ [25 November 2020].
- [5] Setiawan, Agus (2008). *Perencanaan Struktur Baja Dengan Metode LRFD (sesuai SNI 03-1729-2002)* Semarang: Erlangga.
- [6] Departemen Pekerjaan Umum. 2013. *SNI-2847-2013 : Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*. Jakarta : Yayasan Badan Penerbit PU.
- [7] Anonim (2010). *Tabel Profil Wide Flange Berdasarkan Metode LRFD (sesuai SNI 03-1729-2002)*. Insitut Teknologi Sepuluh November.
- [8] Dewobroto, Wiryanto (2016). *Struktur Baja (sesuai SNI 1729-2015)* Tangerang: Jurusan Teknik Sipil UPH.
- [9] Departemen Pekerjaan Umum. 2015. *SNI-1729-2053 : Perencanaan Struktur Baja Berdasarkan Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*. Jakarta: Yayasan Badan Penerbit PU.
- [10] Terzaghi, K. and Peck, R.B. (1948, 1967), *Soil Mechanics in Engineering Practice*, 2 nd. Ed. John Wiley and Sons, New York.