

STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN STRUKTUR BAJA PADA GEDUNG INSTAN DRY YEAST PROYEK PEMBANGUNAN PABRIK RAGI BULULAWANG MALANG

M.Lutfi Maulana¹, Warsito², Anang Bakhtiar³

1Mahasiswa Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Malang

e-mail : maulanalutv2005@gmail.com

2Dosen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Malang

e-mail : warsito@gmail.com

³Dosen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Malang

e-mail : anang.bakhtiar@unisma.ac.id

ABSTRACT

Steel structures are widely used in modern construction due to their high strength, durability, and flexibility in design. Steel buildings offer significant advantages, including faster construction times, greater resistance to environmental loads, and ease of modification or expansion. These structures are commonly applied in industrial facilities, commercial buildings, bridges, and high-rise constructions. The use of steel enables efficient load-bearing systems and allows for longer spans without intermediate supports, enhancing usable space. This paper discusses the basic characteristics, design principles, and advantages of steel structures, along with current practices and innovations in steel construction. Emphasis is placed on structural performance, material efficiency, and sustainable construction methods using steel.

Keywords: *Building Design, Steel, LRF.*

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam pembangunan pabrik, biasanya terdapat banyak bangunan yang memiliki fungsinya masing masing. Salah satu bangunan yang didirikan pada pembangunan pabrik ini ialah gedung *Instan dry yeast*, gedung 5 lantai yang sebagian menggunakan struktur beton bertulang sebagian menggunakan struktur baja dengan lebar bangunan 26 m dan panjang 42 m.

Struktur konstruksi bangunan *Instan dry yeast* sendiri menggunakan pondasi dalam berupa spoon pile pada struktur bagian bawahnya. Sedangkan struktur atas bangunan berupa kolom, balok, dan plat merupakan struktur yang sebagian terbuat dari beton bertulang dan sebagian lagi terbuat dari baja.

Dalam perencanaan kontruksi dikenal dua bahan material yang cukup populer dalam perencanaan kontruksi gedung

bertingkat yaitu beton dan baja. Beton sendiri sebenarnya merupakan struktur yang kualitasnya cukup baik dan merupakan struktur yang paling banyak di gunakan saat ini. Namun dibutuhkan metode yang lebih cepat dan efektif, terlebih lagi dalam pembangunan pabrik sendiri faktor waktu merupakan faktor yang sangat penting karena banyaknya pembangunan gedung dan fasilitas yang ada pada sebuah pabrik. Maka dari itu, alternatif lain yang dapat digunakan untuk sebuah struktur adalah pemilihan material sebuah struktur. Struktur baja merupakan salah satu pilihan dalam pembangunan gedung bertingkat.

Pada dasarnya penggunaan bentang yang panjang akan berpengaruh pada dimensi balok yang semakin besar. Hal ini menyebabkan batang tekan vertikal dari rangka struktural yang akan menahan beban dari balok. Kemudian kolom meneruskan beban pada struktur atas menuju struktur paling dasar yaitu

pondasi yang kemudian di teruskan hingga ke tanah. Keruntuhan kolom sendiri dapat terjadi karena dua hal.

Yang pertama apabila tulangan baja meleleh akibat tarikan atau terjadinya kehancuran beton karena tertekan. Dan yang kedua penyebab runtuhnya kolom apabila terjadi kehilangan stabilitas lateral, berupa tekukan [1].

1.2 Identifikasi Masalah

1. Kondisi bangunan yang akan direncanakan kembali menggunakan struktur baja adalah struktur beton
2. Struktur beton bertulang dalam pembangunannya memakan waktu yang lama sehingga tidak efisien dari segi waktu
3. Adanya getaran yang ditimbulkan oleh mesin pada pabrik yang menimbulkan getaran. Sifat beton yang kaku dan memiliki daya redam yang rendah membuat resiko menjadi lebih tinggi
4. Bangunan pabrik yang memiliki void membuat banyaknya bentang yang lebar, sehingga penggunaan beton dirasa kurang maksimal karena keterbatasan dalam bentang panjang. Semakin panjang bentang, semakin besar volume, semakin berat pula beban sendiri beton.
5. Bangunan pabrik juga seringkali mengalami perubahan layout mesin atau perluasan bangunan, sehingga penggunaan baja dirasa lebih maksimal karena sifatnya yang lebih fleksibel.

1.3 Rumusan Masalah

1. Berapakah dimensi plat lantai dan atap?
2. Berapakah besaran dimensi profil baja untuk balok yang mampu bekerja secara optimal?
3. Berapakah dimensi profil baja untuk kolom untuk mampu menahan beban aksial, kombinasi, dan lentur yang bekerja pada bangunan?
4. Berapakah beban gempa yang terjadi pada struktur portal bangunan
5. Jenis pondasi apa yang digunakan, dan juga berapakah dimensi yang digunakan agar mampu menahan beban yang bekerja pada bangunan

1.4 Tujuan

1. Mengetahui dimensi plat lantai dan juga atap
2. Mengetahui besaran beban gempa yang bekerja pada struktur portal
3. Mengetahui besaran dimensi profil baja untuk balok induk maupun balok anak yang dapat bekerja secara efektif
4. Mengetahui besaran dimensi profil baja untuk kolom yang mampu menahan beban yang bekerja
5. Mengetahui jenis pondasi dan juga dimensi pondasi yang mampu bekerja secara efektif untuk menahan beban bangunan

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Struktur Baja

Struktur baja adalah struktur yang terbuat dari rangka baja. Struktur baja sendiri memiliki beberapa kelebihan jika dibandingkan dengan struktur beton. Dari segi kekuatan baja struktur baja lebih unggul dibandingkan dengan beton. Dalam waktu pengerjaan dan pemasangan pun rangka baja lebih mudah untuk dirakit. Disbanding dengan struktur beton yang membutuhkan waktu lama, rangka baja hanya perlu di rakit dan disambungkan menggunakan alat las dan baut.

Kekuatan material baja dalam menerima beban sangat ditentukan oleh sifat mekanisnya. Sifat mekanis sebuah bahan yaitu kemampuan dari bahan tersebut untuk menahan beban yang bekerja. Sifat mekanis yang harus ada dalam perencanaan struktur baja meliputi tegangan leleh, tegangan putus (tegangan ultima), modulus elastisitas, modulus geser, nisbah poisson, serta koefisien pemuaian [2].

2.2 Kelebihan Struktur Baja

1. Memiliki kekuatan yang tinggi. Dengan begitu dapat mengurangi beban bangunan secara keseluruhan karena ukuran struktur yang lebih kecil dari pada struktur beton
2. Baja memiliki elastisitas yang tinggi.
3. Kekerasan yang baik. Ini adalah kemampuan material untuk menyerap energy dalam jumlah yang besar. Selain itu, baja juga memiliki duktilitas yang tinggi, yang mana jika material ini di beri

beban maksimal hingga mengalami deformasi, baja masih bias menahan beban.

4. Mudah di pasang, sehingga dapat menyingkat waktu pengerjaan.

2.3 Dasar Desain Struktur Baja

Kerangka perencanaan struktur adalah pemilihan susunan dan ukuran dari elemen struktur sehingga beban yang bekerja dapat dipikul secara aman, dan perpindahan yang terjadi masih dalam batas-batas yang disyaratkan [3].

Dalam perencanaan ini, penulis menggunakan konsep analisa LRFD (*Load Resistance Factor Design*). Metode LRFD (*Load and Resistance Faktor Design*) merupakan spesifikasi yang dipergunakan pada AISC (*American Institute of Steel Construction*) sebagai perencanaan struktur baja yang memperhitungkan kondisi limit suatu penampang saat berada pada luar batas elastis. Metode LRFD menganalisis perhitungan tegangan ultimit baja dengan menyajikan perbandingan secara spesifik antara beban Q dan resistensi Rn

Kinerja konstruksi baja tergantung cara merangkainya. Hal itu juga ditentukan oleh sistem sambungan dan cara pelaksanaannya. Meskipun alat sambung pada konstruksi baja yang umum hanya dua, yaitu baut mutu tinggi dan sistem las [4].

Pada perencanaan struktur baja terdapat dua metode yang sering digunakan yaitu ASD (*Allowable Stress Design*) merupakan perencanaan yang didasarkan pada tegangan kerja dan LRFD (*Load and Resistance Faktor Design*) merupakan perencanaan struktur kondisi limit. Hal mendasar yang membedakan antara metode ASD (*Allowable Stress Design*) dan LRFD (*Load Resistance Faktor Design*) yaitu pada metode ASD faktor keamanan menjadi kekuatannya sedangkan pada metode LRFD faktor beban dan faktor ketahanan material diperhitungkan pada metode ini.

3. METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada di Pabrik Ragi PT Lesaffre Sari Nusa Jl. Raya Bulupayung,

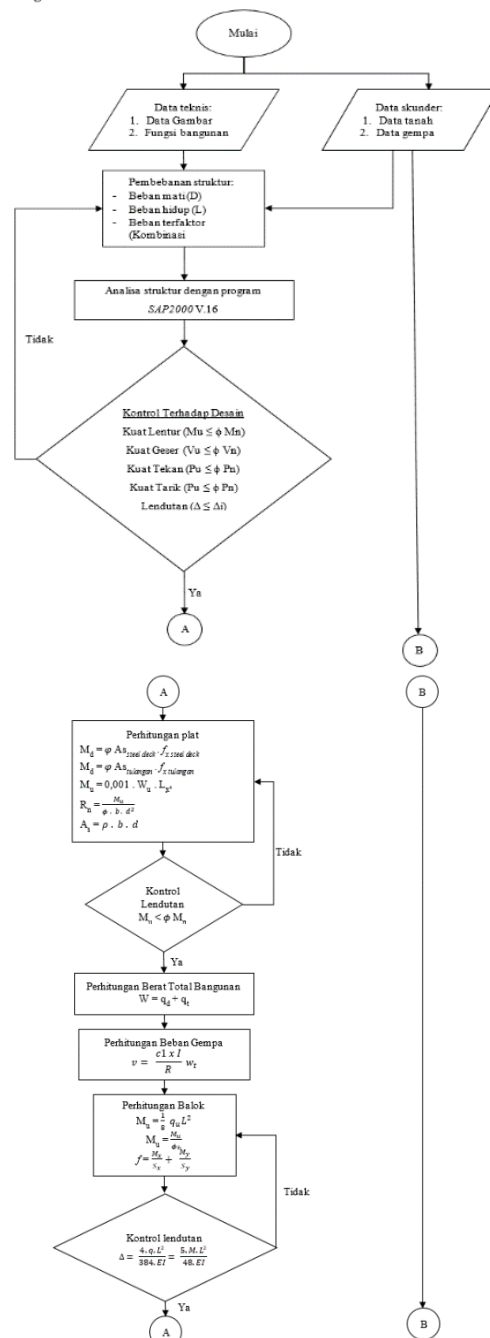
Krebet, Kec. Bululawang, Kabupaten Malang, Jawa timur.

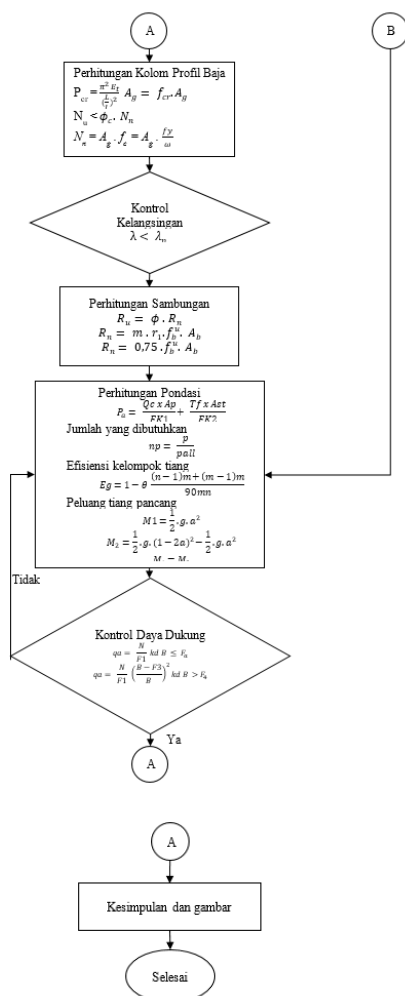
3.2 Pengumpulan Data

Data teknis diperoleh melalui magang selama sebulan penuh. Data yang didapatkan dari kegiatan magang selama sebulan diantaranya sebagai berikut :

- Perencanaan struktur gedung
- Gambar struktur bangunan
- Data tanah (Sondir maupun SPT)
-

3.3 Bagan Alir Penelitian





Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Perencanaan

1. Lokasi Bangunan : Kota Malang
2. Fungsi Bangunan : Pabrik
3. Struktur Utama : Baja
4. Jumlah Lantai : 4 Lantai + 1 atap
5. Luas Bangunan : ± 2.040 m²
6. Data Mutu Bahan
 - a. Mutu Beton (f_c') : 30 MPa
 - b. Mutu Wiremesh (f_{yw}) : 500 MPa
7. Tebal Pelat Lantai : 150 mm
8. Tebal Pelat Atap : 150 mm

4.2 Analisa Beban Gempa

a. Kategori Resiko dan Faktor Keutamaan Gempa

Gedung Instan Dry Yeast merupakan Bangunan Pabrik yang tergolong dalam

kategori resiko II dengan faktor keutamaan gempa (I_e) 1,00.

b. Klasifikasi Situs

Penentuan klasifikasi situs perlu dilakukan terlebih dahulu sebelum menghitung gaya gempa yang terjadi, dan hal ini didasarkan pada nilai data SPT. Data SPT tersebut kemudian dapat diolah menggunakan rumus berikut.

$$\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n d_i / N_i} \quad \dots \text{SNI 1726 (2019:20)}$$

Dengan menggunakan rumus di atas, diperoleh nilai rata-rata hasil uji standar ($\bar{N}$) sebesar 6,63 pada kedalaman dibawah 15 meter. Berdasarkan Tabel Klasifikasi Situs dalam SNI 1726-2019, nilai tersebut menunjukkan bahwa lokasi termasuk dalam kelas situs SE (tanah lunak).

c. Kategori Desain Seismik

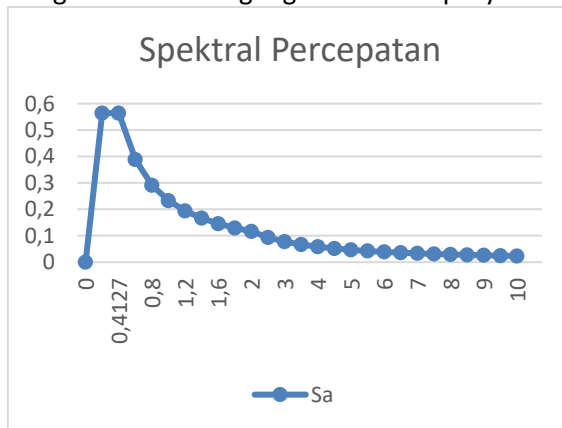
Kementerian Pekerjaan Umum telah menetapkan Spektra Indonesia sebagai pedoman untuk mendapatkan parameter desain seismik yang lebih tepat. Data ini dapat diakses melalui situs web puskim.pu.go.id. Berdasarkan Spektra Indonesia, diperoleh nilai SDS sebesar 0,719 dan SD1 sebesar 0,677. Dengan kategori risiko bangunan II, perencanaan termasuk dalam kategori desain seismik D. Faktor redundansi (ρ) untuk kategori desain seismik D hingga F adalah sebesar 1,3.

d. Kurva Spektrum Ragam

Desain spektrum merupakan representasi grafik dari respons struktur terhadap getaran tanah akibat gempa yang sebelumnya terjadi di suatu wilayah tertentu. Spektrum ini menggambarkan bagaimana tanah dan bangunan akan merespons percepatan gerakan seismik, yang biasanya ditentukan berdasarkan data historis gempa dan kondisi geoteknik setempat. Dalam bidang teknik sipil, desain spektrum umumnya disusun mengacu pada peraturan gempa terbaru, seperti SNI 1726:2019 di Indonesia. Spektrum tersebut diperoleh melalui analisis data gempa maksimum yang diperkirakan dapat terjadi pada suatu daerah dan kemudian disesuaikan dengan karakteristik kondisi tanah setempat.

Salah satu komponen penting dalam penyusunan desain spektrum adalah

respons spektrum, yaitu grafik yang menunjukkan respons maksimum struktur terhadap percepatan tanah dalam berbagai periode getaran. Dalam perencanaan struktur tahan gempa, sangat penting untuk mempertimbangkan zona seismik wilayah tempat pembangunan berada, karena setiap zona memiliki potensi guncangan yang berbeda. Selain itu, jenis tanah di lokasi pembangunan juga berperan besar dalam mempengaruhi bentuk kurva spektrum respons. Tanah lunak, tanah sedang, dan tanah keras memiliki karakteristik respon yang berbeda terhadap getaran gempa. Berdasarkan hasil analisis dan mempertimbangkan bahwa lokasi pembangunan berada pada kondisi tanah sedang, berikut disajikan kurva desain spektrum respons yang telah disesuaikan dengan koordinat geografis lokasi proyek:



Gambar 2. Respons Spektrum Lokasi Pembangunan

Sumber: Hasil kurva puskim.go.id

e. Pelat Lantai

Mengacu pada SNI 2847 (2019:72), untuk kondisi di mana α_{fm} lebih dari 2,0, ketebalan minimum pelat harus memenuhi persyaratan rumus: $= \frac{\ln(0,8 + \frac{f_y}{1400})}{36 + 9\beta}$, dan tidak boleh kurang dari 90 mm. Berdasarkan hasil analisis perhitungan, diperoleh ketebalan pelat (h) sebesar 147,83 mm, sehingga direncanakan menggunakan pelat dengan ketebalan 15 cm

Kontrol tebal pelat $\alpha_{fm} > 2,0$

$$h = \frac{\ln(0,8 + \frac{f_y}{1400})}{36 + 5\beta (\alpha_{fm} - 0,2)} \rightarrow \alpha_{fm} < 2,0$$

$$\rightarrow 1,30 < 2,0$$

SNI-2847 (2019:72) pasal 9.5.3.3 Menurut SNI 2847:2013, Pasal 9.5.3.3 nilai $0,2 < \alpha_{fm} < 2,0$ Maka Pelat diambil nilai terbesar dari:

$$h = \frac{L_n \times (0,8 + \frac{f_y}{1400})}{36 + 5\beta (\alpha_{fm} - 0,2)}$$

$$= \frac{3750 \times (0,8 + \frac{240}{1400})}{36 + 5 \times 1,29 (0,96 - 0,2)}$$

$$= 147,93 \text{ mm}$$

$$h = 150 \text{ mm}$$

f. Balok

Menurut AISC – Serviceability Guidelines For Steel Structure, perencanaan balok baja dapat dilakukan dengan perbandingan tinggi balok terhadap panjang bentang antara $h = \frac{1}{15}$ hingga $\frac{1}{20} L$ lebar balok umumnya dipilih sebesar $b = \frac{1}{2} h$ dan $\frac{2}{3} h$. Pada analisa tugas akhir ini dimensi balok induk ditentukan menggunakan rumus $h_{min} = \frac{1}{18} \times L$, $h_{max} = \frac{1}{15} \times L$, sedangkan $b_{min} = \frac{1}{2} \times L$, $b_{max} = \frac{2}{3} \times L$. Untuk perencanaan dimensi balok anak dihitung menggunakan rumus $h_{min} = \frac{1}{18} \times L$, $h_{max} = \frac{1}{20} \times L$, sedangkan $b_{min} = \frac{1}{2} \times L$, $b_{max} = \frac{2}{3} \times L$. Hasil perhitungan akhir diperoleh dimensi balok induk 400/200 dan balok anak 350/175.

g. Kolom

Kolom merupakan komponen struktur tekan yang diposisikan secara vertikal dan berfungsi menahan beban dari elemen-elemen struktur di atasnya, seperti balok, pelat lantai, serta beban hidup, kemudian meneruskannya ke pondasi. Dalam perencanaan struktur, kolom memiliki peranan yang sangat penting karena kegagalannya dapat mengakibatkan keruntuhan menyeluruh pada bangunan.

Kolom yang ditinjau yaitu kolom lantai dasar, dimana kolom tersebut menerima beban paling besar, ditinjau menggunakan cara *tributary area*.

Didapatkan hasil sbb:

$$P = 1738,391 \text{ kN}$$

$$= 1738391 \text{ N}$$

$$f_y = 250 \text{ Mpa}$$

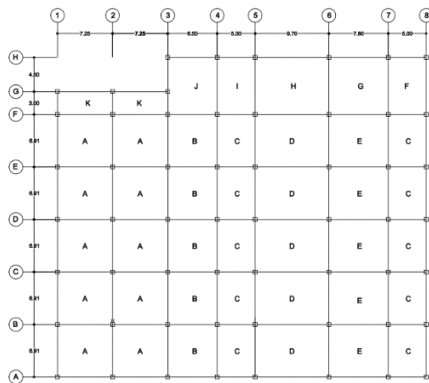
$$\sigma = \frac{f_y}{3}$$

$$= \frac{250}{3}$$

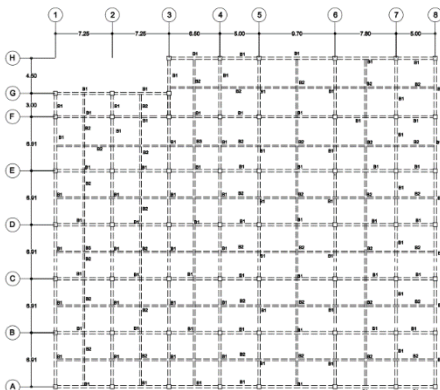
$$= 83,333 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{P}{A} \\ 83,333 &= \frac{1738,391}{A} \\ A &= \frac{1738,391}{83,333} \\ &= 20,861 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

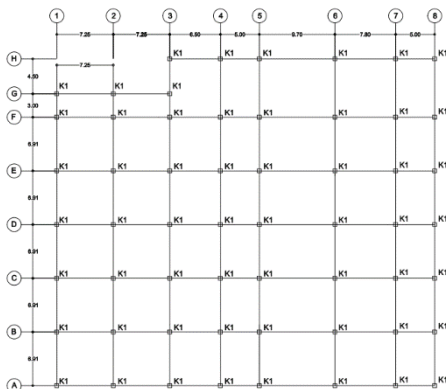
Berdasarkan pada perhitungan di atas maka dipilih WF 600 × 200 × 11 × 17 × 22 ($A = 20,960 \text{ cm}^2 > A_{\text{perlu}} = 20,861 \text{ cm}^2$), sebagai profil penampang kolom.



Gambar 3. Denah Plat Lantai 1



Gambar 4. Denah penempatan Balok



Gambar 5. Denah Penempatan Kolom

h. Sambungan

Dalam perancangan sambungan pada struktur bangunan ini, digunakan jenis sambungan baja yang disesuaikan dengan kebutuhan kekuatan dan kestabilan struktur. Proses perencanaannya mencakup perhitungan gaya-gaya yang bekerja pada sambungan kolom, pemilihan jenis sambungan yang sesuai, serta pengecekan kapasitas sambungan terhadap gaya tarik, tekan, dan geser. Selain itu, dilakukan pula perencanaan detail sambungan meliputi dimensi pelat, baut maupun las, agar sambungan mampu bekerja secara aman dan efisien sesuai standar yang berlaku.

Spesifikasi baut untuk sambungan kolom dan balok adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}F_{nt} &= 830 \text{ Mpa} \\ d_{b \text{ req}} &= \sqrt{\frac{2M_f}{\pi \phi_n F_{nt} (h_o + h_1)}} \\ &= \sqrt{\frac{2 \times 935.388.125,769}{\pi \times 0,90 \times 830 \times (438,5 + 348,5)}} \\ &= 31,835 \text{ mm}\end{aligned}$$

Maka baut direncanakan menggunakan $d_b = 32 \text{ mm} > d_{b \text{ req}} = 31,835 \text{ mm}$.

Tabel 1.Rekapitulasi Ketebalan Plat

Kebutuhan Ketebalan Pelat	Tebal Pelat Minimum ($t_{p \text{ min}}$)	Satuan
Sisi Tekan	18,858	mm
Sisi Tarik	40,890	mm

Berdasarkan tabel rekapitulasi di atas, Ketebalan Plat dasar didapatkan dengan menghitung kebutuhan tebal plat dari sisi tekan yaitu 18,858 mm dan sisi tarik 40,890 mm maka didapatkan tebal 45 mm.

i. Pondasi

Dalam perancangan pondasi untuk bangunan ini, digunakan jenis pondasi tiang pancang dengan penampang berbentuk bulat. Proses perencanaannya mencakup perhitungan daya dukung tanah yang dibutuhkan oleh tiang, efisiensi dari kelompok tiang pancang, serta perencanaan pile cap beserta detail penulangannya.

Diambil contoh perhitungan pondasi pada kolom tengah, Dengan Nilai beban aksial (P_u) sebesar 459,986 ton.

$$np = \frac{P_u}{P_a}$$

$$= \frac{459,986}{188,496} = 2,4 \text{ tiang}$$

Kemudian, direncanakan 4 tiang

Jarak tiang pada kelompok tiang biasanya diambil $2,5D - 3D$ dan jarak tepi ke tiang diambil D , Dimana D adalah diameter tiang (Pamungkas 2013: 87)

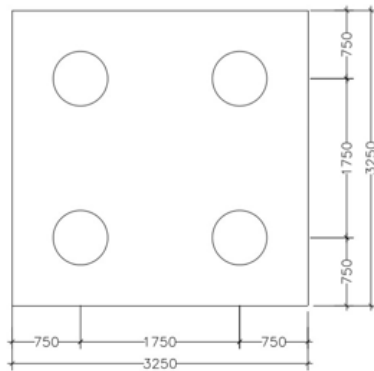
Jarak antar tiang (s)

$$3D = 3 \times 600$$

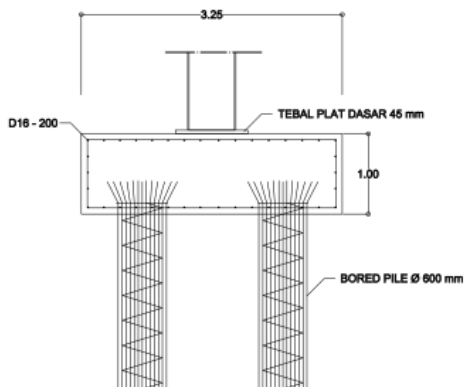
$$= 1800 \text{ mm}$$

Jarak tiang ke tepi

$$D = 750 \text{ mm}$$



Gambar 6. Formasi Tiang Pancang



Gambar 7. Penulangan Bore pile

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. lantai didapatkan ketebalan pelat lantai sebesar 150 mm dengan tulangan tumpuan dan lapangan memakai $\varnothing 12-150$ mm untuk semua arah, dan untuk tulangan bagi memakai $\varnothing 12-150$ mm.
2. Hasil analisis perhitungan balok induk B1 menggunakan dimensi 400×200 mm, menggunakan baja WF 400.300.8.13. Balok anak B2 menggunakan dimensi 350×175 cm, menggunakan baja WF 350.175.7.11

3. Hasil analisis perhitungan kolom didapatkan tipe K1 dengan dimensi 800×300 mm, dengan menggunakan baja WF 800.300.14.26.
4. Hasil analisis perhitungan sambungan balok dan kolom menggunakan baut dengan diameter 32 mm berjumlah 4 serta plat pengaku setebal 16 mm. Sambungan kolom pada plat dasar menggunakan baut dengan diameter 30 mm dan panjang 600 mm berjumlah 10, tebal plat dasar 45 cm dengan dimensi 90×70 cm.
5. Pondasi tiang pancang diameter 600 mm. Ukuran pile cap $3250 \times 3250 \times 600$ mm menggunakan tulangan D22 – 100 mm.

5.2 Saran

1. Dalam analisa struktur, penulis menggunakan aplikasi bantu SAP2000, studi berikutnya dapat memakai ETABS dan Robot Structural Analysis Profesional karena penamaan pada grafik analisa pushover lebih mudah.
2. Disarankan agar struktur bangunan menggunakan material baja, karena baja memiliki keunggulan dari segi daya tahan terhadap korosi dan kekuatan tarik yang tinggi, sehingga dapat menunjang usia bangunan yang lebih panjang dan lebih tahan terhadap berbagai beban selama masa layan. Selain itu, penggunaan baja memungkinkan proses konstruksi yang lebih cepat dan efisien, karena elemen-elemen struktur dapat diproduksi secara presisi di pabrik dan kemudian dirakit di lapangan dengan waktu yang relatif singkat. Hal ini juga dapat mengurangi ketergantungan terhadap pekerjaan basah di lapangan dan mempercepat waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan. Dengan demikian, struktur baja memberikan keuntungan baik dari sisi ketahanan jangka panjang maupun efisiensi waktu pelaksanaan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Herdianto, Warsito & Suprpto, N. . (2016). *Studi Alternatif Perencanaan Struktur Komposit Pada Rumah Sakit Hermina Tangkuban Prahua Malang*. 1–23.

- [2] Arifi, E., & Setyowulan, D. (2020). *Perencanaan struktur baja (berdasarkan SNI 1729:2020)*. UB press.
- [3] Agus Setiawan. (2008). *Perencanaan Struktur Baja Dengan Metode LRFD*, Erlangga.
- [4] Dewobroto, W. (2015). *Struktur Baja. Perilaku, Analisis dan Desain*.
- [5] Badan Standardisasi Nasional. 2019. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. SNI 1726-2019. Jakarta.
- [6] Badan Standardisasi Nasional. 2019. *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung*. SNI 2847-2019. Jakarta