

PERENCANAAN DAN PEMODELAN 3D STRUKTUR GEDUNG *CO-WORKING SPACE 4* LANTAI SOEKARNO HATTA KOTA MALANG BERBASIS *BUILDING INFORMATION MODELING (BIM)*

Ilham Agung Nur Prasetyo¹, Taufiq Rochman², Wahiddin³

Mahasiswa Manajemen Rekayasa Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang¹, Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang², Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang³

ilhamagungnp24798@gmail.com¹, taufiq.rochman@polinema.ac.id², wahiddin@polinema.ac.id³

ABSTRAK

Perkembangan teknologi informasi yang semakin pesat memberikan banyak manfaat pada pekerjaan konstruksi. Dalam beberapa pekerjaan konstruksi yang berkaitan dengan berbagai disiplin ilmu, acap kali menjumpai adanya inefisiensi dan inefektivitas selama proses perencanaan maupun pelaksanaan proyek. Maka diperlukan teknologi yang dapat menjadi solusi dalam perencanaan gedung agar lebih efisien dan saling terintegrasi yaitu *Building Information Modeling (BIM)*. Salah satu *software* berbasis BIM yang mampu menganalisis struktur dan membuat *detailing* elemen struktur adalah *Tekla Structural Designer 2019* dan *Tekla Structures 2020*. Tujuan dari skripsi ini adalah mengetahui hasil analisis dan desain elemen struktur atap, pelat lantai, balok, kolom, tangga, pondasi *bored pile*, *pile cap*, dan *tie beam* pada Gedung *Co-working Space 4* Lantai Soekarno Hatta Kota Malang berbasis *Building Information Modeling (BIM)*. Data yang dibutuhkan adalah data beban mati, beban hidup, beban angin, beban gempa, gambar teknik, dan data tanah. Analisis dan desain elemen struktur beton bertulang berbasis *software Tekla Structural Designer 2019* dan *rebar detailing* menggunakan *software Tekla Structures 2020*. Dari hasil perhitungan diperoleh gaya geser dasar seismik sebesar 1673 kN. Struktur atap, pelat lantai, balok, tangga, dan *tie beam* menggunakan mutu beton $f_c' 25$ MPa. Struktur kolom, pondasi *bored pile*, dan *pile cap* menggunakan mutu beton $f_c' 30$ MPa. Mutu baja tulangan untuk semua elemen struktur beton menggunakan $f_y 400$ MPa.

Kata kunci : perencanaan; struktur; *Building Information Modeling (BIM)*; *Tekla Structural Designer 2019*; *Tekla Structures 2020*

ABSTRACT

The rapid development of information technology provides lots of benefits for construction. In several construction works, related to various scientific disciplines, there are often inefficiency and ineffectiveness during the process of planning and project implementation. Thus, we need a certain technology as a solution for the more efficient and integrated building planning, which is Building Information Modeling (BIM). One of the BIM-based software that is able to analyze the structures and the detailing structural elements is called Tekla Structural Designer 2019 and Tekla Structures 2020. The purpose of this study is to find out the result of analysis and the design of roof structural elements, slabs, beams, columns, stairs, bored pile foundations, pile caps, and tie beams in the 4-storey Building Structures of Co-working space Soekarno Hatta Malang City based on Building Information Modeling (BIM). The data needed was the dead load data, live load, wind load, earthquake load, technical drawings, and soil data. The analysis and the design of reinforced concrete structural elements based on the Tekla Structural Designer 2019 and rebar detailing using the Tekla Structures 2020. From the calculation data, the result obtained for the seismic base shear force of 1673 kN. The structures of the roof, slabs, beams, stairs, and tie beams using $f_c' 25$ MPa quality concrete. Columns structure, bored pile foundations, and pile caps using quality concrete $f_c' 30$ MPa. The quality of reinforcing steel for all concrete structural elements using $f_y 400$ MPa.

Keywords : *planning; structure, Building Information Modeling (BIM); Tekla Structural Designer 2019, Tekla Structures 2020*

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi yang semakin pesat memberikan banyak manfaat pada pekerjaan konstruksi. Dalam beberapa pekerjaan konstruksi yang berkaitan dengan berbagai disiplin ilmu, acap kali menjumpai adanya inefisiensi dan inefektivitas selama proses perencanaan maupun pelaksanaan proyek. Maka diperlukan teknologi yang dapat menjadi solusi dalam perencanaan gedung agar lebih efisien dan saling terintegrasi yaitu *Building Information Modeling* (BIM). Salah satu *software* berbasis BIM yang mampu menganalisis struktur dan membuat *detailing* elemen struktur adalah *Tekla Structural Designer 2019* dan *Tekla Structures 2020*.

Kota Malang yang merupakan salah satu wilayah metropolitan sudah seharusnya memiliki sebuah ruang yang digunakan untuk bekerja dengan suasana lebih santai maupun tempat untuk menghasilkan karya dengan mengedepankan konsep *sharing* baik antar individu maupun perusahaan dengan latar usaha berbeda. Gedung *co-working space* ini memiliki 4 lantai dengan material struktur berupa beton bertulang. Masing-masing lantai mempunyai kegunaan yang berbeda-beda. Lantai 1 dapat digunakan sebagai tempat berkumpul. Lantai 2 berupa *event space*. Lantai 3 dan 4 merupakan area utama yang berupa *working space* yang dilengkapi dengan fasilitas seperti *meeting room*, *brainstorming room*, dan *cafe*.

Hal tersebut memberikan tantangan tersendiri bagi pihak perencana bagaimana seharusnya bertindak merampingkan kompleksnya proses perancangan suatu bangunan. Dengan adanya kemudahan dalam mengintegrasikan dan menyelaraskan desain dengan hasil implementasi akan memberikan produk desain yang lebih ideal.

Di samping itu, alasan penulis mengambil permasalahan pada proyek tersebut adalah agar dapat menambah referensi bagi konsultan perencana pada saat membuat perencanaan struktur beton bertulang gedung berbasis *Building Information Modeling* (BIM) dan dapat mengaktualisasikan teknologi *Building Information Modeling* (BIM) pada perencanaan bangunan gedung nyata sesuai peraturan yang berlaku di Indonesia.

Tujuan dari skripsi ini adalah untuk mengetahui hasil analisis dan desain elemen struktur atap, pelat lantai, balok, kolom, tangga, pondasi *bored pile*, *pile cap*, dan *tie beam* pada Gedung *Co-working Space 4 Lantai* berbasis *Building Information Modeling* (BIM). Data yang dibutuhkan adalah data beban mati, beban hidup, beban angin, beban gempa, gambar teknik, dan data tanah. Analisis dan desain elemen struktur beton bertulang berbasis *software Tekla Structural Designer 2019* dan *rebar detailing* menggunakan *software Tekla Structures 2020*.

2. METODE

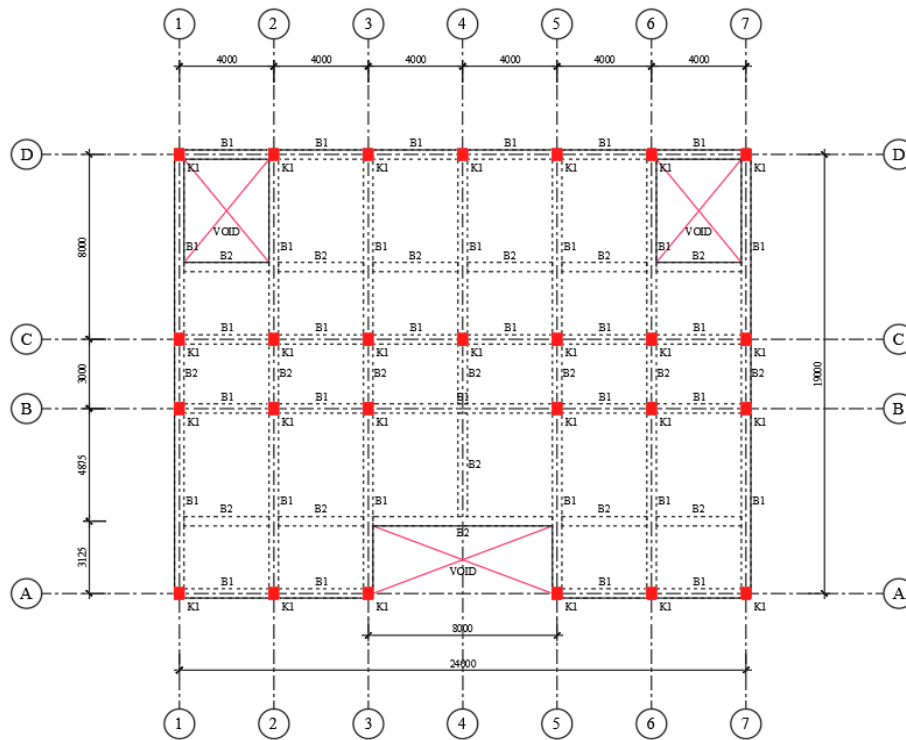
Data primer yang dipersiapkan dalam penelitian ini berupa data minat masyarakat akan kebutuhan gedung *co-working space* (tertera pada lampiran) dan data teknis gedung yang merupakan variabel tetap dari penelitian.

Kesimpulan yang didapatkan dari data minat masyarakat akan kebutuhan *co-working space* adalah mayoritas responden setuju dengan adanya gedung *co-working space* di Kota Malang. Data teknis yang digunakan dalam penelitian ini merupakan sebuah asumsi yang menjadi bagian dari model analisis. Sedangkan data sekunder yang dimaksud adalah data tanah di area sekitar proyek Gedung *Co-working Space 4 Lantai* Soekarno Hatta Kota Malang yang akan digunakan sebagai parameter dalam perhitungan struktur bawah yaitu pondasi *bored pile*.

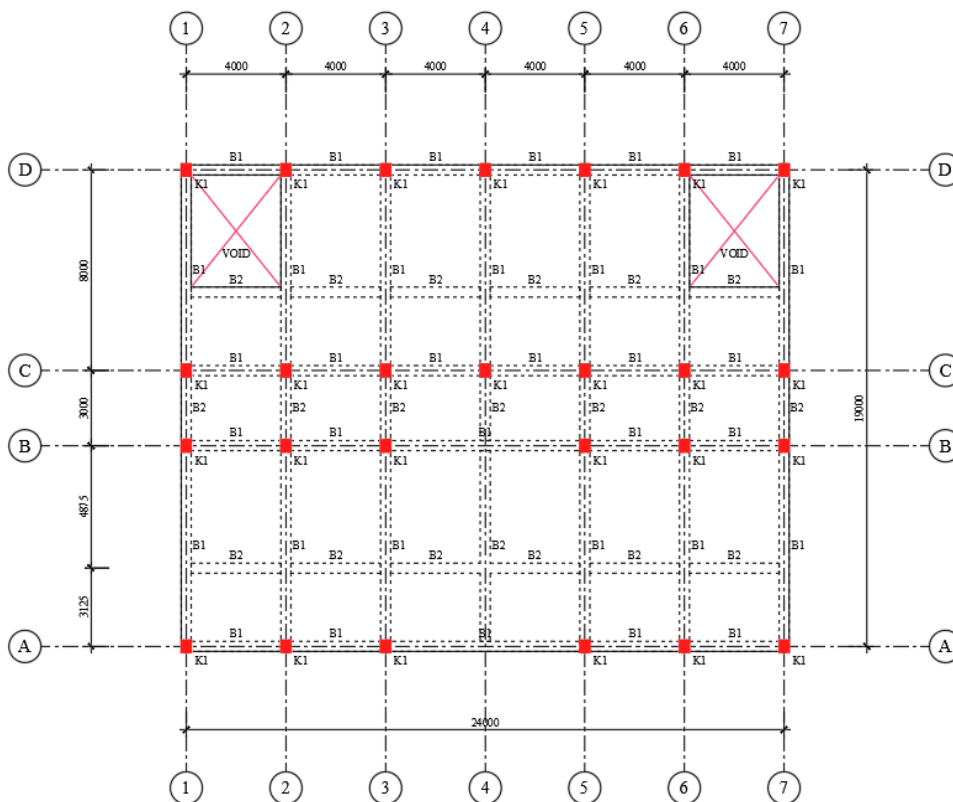
Setelah mendapatkan data penunjang, kemudian dilakukan analisa dan pengolahan data yang diantaranya melakukan *preliminary design*. Dimana *preliminary design* merupakan tahapan analisis untuk mengestimasi dimensi awal elemen struktur yang selanjutnya akan dilakukan perhitungan dan perancangan yang lebih detail dengan bantuan *Software Tekla Structural Designer 2019* untuk mendapatkan dimensi yang lebih kuat dan efisien. Sebelum menentukan dimensi rencana sebaiknya mendefinisikan data teknis untuk asumsi awal perencanaan. Geometri struktur atau konfigurasi bangunan perlu dilakukan pemeriksaan apakah tergolong dalam bangunan beraturan atau bangunan tidak beraturan yang kemudian akan ditentukan sebagai salah satu variabel tetap. Sedangkan untuk dimensi elemen struktur akan ditentukan sebagai variabel bebas penelitian.

Konfigurasi struktur dapat berupa variasi bentang dan perletakan kolom pada masing-masing portal dalam satu model gedung. Bentuk konfigurasi struktur dari lantai 1 sampai dengan lantai 4 dibuat sama dengan tujuan meminimalisir terjadinya kesalahan dalam proses desain dan adanya elemen yang terlewatkan dalam perancangan yang menyebabkan kegagalan konstruksi. Konfigurasi struktur pada model gedung *co-working space* dapat dilihat pada **Gambar 1** dan **Gambar 2**.

Setelah geometri struktur dan konfigurasi bangunan diperoleh, maka selanjutnya dapat dilakukan *preliminary design* elemen struktur dengan tujuan mendapatkan estimasi dimensi elemen struktur yang akan digunakan untuk perancangan berikutnya yang lebih detail. Komponen struktur yang akan dilakukan *preliminary design* adalah balok, pelat lantai, dan kolom. Pada *preliminary design* dimensi balok, tinggi balok ditentukan berdasarkan panjang bentang sedangkan lebarnya menyesuaikan atau pada umumnya dapat menggunakan 50% dari tinggi balok. Pada penelitian ini, terdapat 2 jenis elemen balok yaitu balok induk dan balok anak. Penentuan dimensi pelat lantai dipengaruhi oleh panjang bentang bersih dalam arah panjang, diukur muka ke muka tumpuan pada pelat tanpa balok dan muka ke muka balok atau tumpuan lainnya pada kasus yang lain. Sedangkan luas minimal penampang kolom direncanakan sebesar 1% luas bangunan dibagi dengan jumlah kolom yang ada. Bentuk penampang kolom seharusnya mengikuti bentuk dari bangunan tersebut. Dalam kasus ini, ukuran lebar penampang dan tinggi penampang dibuat tidak sama ($b \neq h$) serta digunakan dimensi yang sama untuk setiap lantai pada model gedung.



Gambar 1. Denah Struktur Lantai 2 Gedung



Gambar 2. Denah Struktur Lantai 3-4 Gedung

Sumber: Data Primer

Langkah awal dari penerapan *Building Information Modeling* (BIM) yang seharusnya dilakukan adalah membuat pemodelan 3D menggunakan *Autodesk Revit* 2019. Salah satu hal terpenting dalam penelitian ini adalah adanya integrasi pengerjaan dari mulai awal pembuatan model gedung menggunakan *Autodesk Revit* 2019 kemudian dilakukan analisis dan desain menggunakan *Tekla Structural Designer* 2019 dan dilanjutkan dengan pembuatan visualisasi 3 dimensi masing-masing elemen struktur berupa *rebar detailing* menggunakan *Tekla Structures* 2020 *educational version*. Perspektif gedung *co-working space* dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 3. Perspektif *Co-Working Space*

Sumber: *Data Primer*

Desain pembebanan struktur mengacu pada SNI 1727: 2013 untuk beban hidup dan beban angin. Beban hidup yang digunakan dalam pemodelan ini akan dikalikan faktor reduksi beban hidup. Untuk perhitungan beban mati akan dilakukan kombinasi antara perhitungan otomatis dengan bantuan *Tekla Structural Designer* 2019 dengan perhitungan manual berdasarkan ASCE 7-10 untuk berat sendiri material dan berat komponen gedung. Sedangkan untuk beban gempa diambil sesuai dengan ketentuan SNI 1726: 2019.

Dalam metode desain *Load and Resistance Factor Design* (LRFD) ini, struktur akan didesain dengan kekuatan yang tersedia lebih kecil atau sama dengan kekuatan yang diperlukan untuk memikul beban berfaktor. Desain berbasis gaya atau biasa disebut metode desain ultimit hanya memastikan faktor keamanan tertentu terhadap kelebihan beban di dalam struktur atau penampang sehingga kriteria keruntuhan material dan kapasitas penampang untuk beban terfaktor yang menjadi parameternya.

Sebelum melakukan analisis model struktur, akan dilakukan integrasi model gedung menggunakan *Tekla Structural Designer Integrator for Autodesk Revit*. Kemudian model yang sudah *ter-import* dapat dilakukan *input* pembebanan. Setelah semua elemen struktur berhasil menerima beban yang disyaratkan, selanjutnya akan dilakukan kombinasi pembebanan secara otomatis agar memudahkan dalam menentukan kombinasi beban *envelope* atau kondisi nilai gaya maksimum.

Dalam merencanakan struktur bawah harus memperhatikan jenis tanah dan kondisi tanah di lokasi. Hal tersebut sangat berkaitan dengan daya dukung tanah dalam memikul beban yang ada di atasnya. Komponen struktur

bawah yang akan direncanakan terdiri dari pondasi *bored pile*, *pile cap*, dan *tie beam*. Dengan menggunakan data sondir yang didapatkan, kemudian diolah untuk menentukan daya dukung pondasi, jumlah tiang, penurunan kelompok tiang.

Setelah didapatkan hasil analisis dan desain masing-masing elemen struktur beton bertulang, maka dapat dilanjutkan dengan membuat gambar detail penulangan dan visualisasi 3D elemen struktur beton bertulang menggunakan *Tekla Structures* 2020. Agar penggunaan BIM dalam perencanaan struktur gedung ini dapat terimplementasi dengan benar, maka pembuatan pemodelan gedung *co-working space* 4 lantai tidak dilakukan dari awal lagi, cukup dengan melakukan integrasi model gedung dari *Tekla Structural Designer* 2019 menuju *Tekla Structures* 2020.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Preliminary Design Elemen Struktur

Menurut SNI 2847: 2019 pasal 9.3.1.1, untuk balok nonprategang yang tidak bertumpu atau melekat pada partisi atau konstruksi lain yang mungkin rusak akibat lendutan besar, ketebalan keseluruhan pelat h tidak boleh kurang dari batas minimum, kecuali jika hasil hitungan pada batas lendutan terpenuhi. Berikut merupakan cara untuk menentukan dimensi awal balok induk, dan balok anak menurut SNI 2847: 2019 pasal 9.3.1.1 tabel 9.3.1.1:

1. Dimensi Awal Balok Induk (B1)

$$h = \frac{L}{18,5} = \frac{8000}{18,5} = 432,43 \approx 600 \text{ mm} \quad (1)$$

$$b = \frac{h}{2} = \frac{600}{2} = 300 \approx 400 \text{ mm} \quad (2)$$

2. Dimensi Awal Balok Anak (B2)

$$h = \frac{L}{18,5} = \frac{4000}{18,5} = 216,22 \approx 500 \text{ mm} \quad (3)$$

$$b = \frac{h}{2} = \frac{500}{2} = 250 \approx 400 \text{ mm} \quad (4)$$

Komponen struktur beton bertulang yang mengalami lentur harus direncanakan agar mempunyai kekakuan yang cukup untuk membatasi defleksi atau deformasi layan struktur pada beban kerja. Berikut merupakan cara untuk menentukan tebal pelat lantai menurut peraturan SNI 2847: 2019 pasal 8.3.1.1 tabel 8.3.1.1:

$$\alpha_f = \frac{E_{cb} \cdot I_b}{E_{cs} \cdot I_s} = \frac{I_b}{I_s} = \frac{1/12 \cdot 400 \cdot 600^3}{1/12 \cdot 4000 \cdot 120^3} = 12,5 \quad (5)$$

Dengan hasil $\alpha_f = 12,5 > 2,0$, maka berikut persamaan yang digunakan untuk menentukan tebal minimum pelat lantai:

$$h_{min} = \frac{l_n \cdot (0,8 + \frac{f_y}{1400})}{(36 + 9 \cdot \beta)} = \frac{4875 \cdot (0,8 + \frac{400}{1400})}{(36 + 9 \cdot 4875/4000)} = 112,69 \text{ mm} \quad (6)$$

$$h_{min} = 90 \text{ mm} \quad (7)$$

Berdasarkan perhitungan di atas, digunakan tebal untuk pelat lantai, pelat atap (dak beton), dan pelat tangga adalah 140 mm.

Luas minimal penampang kolom direncanakan sebesar 1% luas bangunan dibagi dengan jumlah kolom yang ada. Bentuk penampang kolom seharusnya mengikuti bentuk dari bangunan tersebut. Berikut merupakan cara yang digunakan untuk menentukan dimensi minimum kolom:

$$A_{g_{min}} = \frac{1\% \cdot 24 \cdot 19}{26} = \frac{4,56}{26} = 0,18 \text{ m}^2 \quad (8)$$

Dengan hasil $A_{g_{min}} = 0,18 \text{ m}^2$, maka dapat dicoba dimensi kolom 400/500

$$A_{g_{kolom}} = b \cdot h = 0,4 \cdot 0,5 = 0,20 \text{ m}^2 \quad (9)$$

Dengan hasil $A_{g_{kolom}} = 0,20 \text{ m}^2 > A_{g_{min}} = 0,18 \text{ m}^2$, maka dapat digunakan dimensi kolom struktur sebesar 400/500.

Integrasi Model Tekla Structural Designer

Salah satu hal terpenting dalam penelitian ini adalah adanya integrasi dari mulai awal pembuatan model gedung menggunakan *Software Autodesk Revit 2019* dilanjutkan menggunakan *Software Tekla Structural Designer 2019*. Integrasi model gedung menggunakan *Tekla Structural Designer Integrator for Autodesk Revit*.

Pembebanan Struktur

Perhitungan pembebanan struktur diambil sesuai dengan SNI 1727: 2013 Pedoman Pembebanan Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain untuk beban hidup serta ASCE 7-10 untuk berat sendiri material dan berat komponen gedung (beban mati tambahan). Sedangkan untuk beban gempa diambil sesuai dengan SNI 1726: 2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung wilayah gempa Malang. Berikut merupakan beban-beban yang bekerja pada gedung *Co-Working Space* 4 lantai:

1. Beban Mati (*Dead Load*)

- Berat sendiri struktur portal merupakan berat material struktur utama bangunan yaitu beton bertulang. Beban material beton bertulang dihitung secara otomatis menggunakan bantuan *software Tekla Structural Designer 2019*.
- Berat sendiri struktur pelat lantai (*slab self weight*) juga dihitung secara otomatis menggunakan bantuan *software Tekla Structural Designer 2019*.
- Berat sendiri struktur pelat tangga (*slab self weight*) juga dihitung secara otomatis menggunakan bantuan *software STAAD.Pro CONNECT Edition V21*.
- Beban mati tambahan per m^2 pada lantai 2 - 4, toilet, dan atap berturut-turut sebesar $1,44 \text{ kN/m}^2$, $1,11 \text{ kN/m}^2$, dan $0,34 \text{ kN/m}^2$.
- Menurut ASCE 7-10 beban dinding pasangan $\frac{1}{2}$ bata merah adalah sebesar $2,3 \text{ kN/m}^2$, sedangkan untuk beban dinding kaca tebal 10 mm adalah sebesar $0,3 \text{ kN/m}^2$.
- Beban mati tambahan per m^2 untuk *finishing* lantai, trap beton, dan *handrail* berturut-turut sebesar $1,10 \text{ kN/m}^2$, $1,88 \text{ kN/m}^2$, dan $0,10 \text{ kN/m}^2$.

2. Beban Hidup (*Live Load*)

Beban hidup per m^2 untuk lantai working space, kantin, tangga, dan atap datar berturut-turut sebesar $3,53 \text{ kN/m}^2$, $3,53 \text{ kN/m}^2$, $3,53 \text{ kN/m}^2$, dan $0,96 \text{ kN/m}^2$.

3. Beban Angin (*Wind Load*)

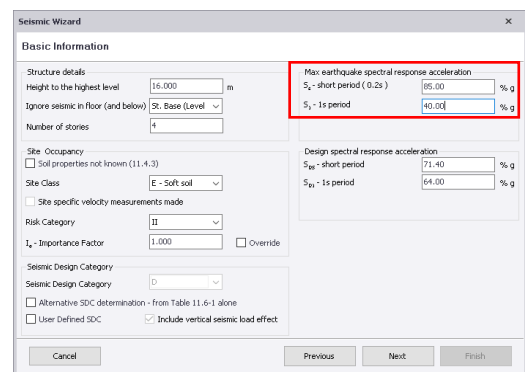
Beban angin yang digunakan adalah beban angin desain minimum yaitu sebesar $0,77 \text{ kN/m}^2$.

4. Beban Air Hujan (*Rain Load*)

Beban air hujan yang bekerja pada gedung sebesar $1,96 \text{ kN/m}^2$.

5. Beban Gempa (*Earthquake Load*)

- Dalam penelitian kali ini diambil nilai (S_s) sebesar $0,85 \text{ g}$ dan nilai (S_1) sebesar $0,40 \text{ g}$. Selanjutnya, kedua parameter percepatan gempa tersebut akan digunakan sebagai dasar perhitungan beban gempa menggunakan *Tekla Structural Designer 2019*.



Gambar 4. Input Nilai (S_s) dan (S_1)

Sumber: *Tekla Structural Designer 2019*

- Penetapan kategori risiko ditentukan berdasarkan fungsi bangunan itu sendiri yang selanjutnya akan digunakan untuk menentukan nilai faktor keutamaan gempa (I). Gedung ini direncanakan sebagai gedung kantor yang termasuk dalam kategori risiko II dan memiliki faktor keutamaan gempa (I) 1.
- Didapatkan nilai F_a dan F_v sebesar $1,22$ dan $2,40$.
- Didapatkan nilai S_{MS} dan S_{M1} sebesar $1,04$ dan $0,96$.
- Didapatkan nilai S_{DS} dan S_{D1} sebesar $0,69$ dan $0,64$.
- Gedung ini termasuk dalam kategori desain seismik D.
- Didapatkan nilai T_a sebesar $0,57$.
- Sistem struktur yang digunakan adalah Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).
- Didapatkan nilai C_s sebesar $0,086$.
- Total berat seismik efektif (W) gedung sebesar 19385 kN .
- Diperoleh gaya geser dasar seismik (V) sebesar 1675 kN .
- Dalam penelitian kali ini digunakan nilai k sebesar $1,033$.
- Distribusi beban gempa lateral ekuivalen dapat dilihat dalam tabel di bawah ini.

Tabel 1. Beban Gempa yang Direncanakan

Lantai	$w_i \cdot h_i^k$	$\sum w_i \cdot h_i^k$	Fx (kN)	Fy (kN)
--------	-------------------	------------------------	---------	---------

2	20698,0		44,9	6,4
3	44786,2	192673	97,2	13,9
4	66829,9		145,1	20,7
Atap	60359,1		131,0	18,7

Sumber: Hasil Perhitungan

6. Kombinasi Pembebanan

Struktur dan komponen struktur harus direncanakan hingga semua penampang mempunyai kuat rencana minimum sama dengan kuat perlu yang dihitung berdasarkan kombinasi beban dan gaya terfaktor. Pada kasus ini kombinasi pembebanan dihitung secara otomatis menggunakan fitur *combination generator* yang terdapat pada *Tekla Structural Designer 2019* yang sudah mengacu pada SNI 2847: 2019.

Perencanaan Elemen Struktur Beton Bertulang

Elemen struktur beton bertulang yang akan didesain antara lain struktur pelat atap, struktur pelat lantai, struktur balok induk, struktur balok anak, struktur kolom utama, struktur tangga, dan struktur bawah yang berupa pondasi *bored pile*, *pile cap*, dan *tie beam*. Desain elemen struktur gedung *Co-Working Space 4* lantai berbasis *Tekla Structural Designer 2019* dan mengacu pada SNI 2847: 2019.

1. Desain Struktur Pelat Atap

Dari hasil perhitungan baik manual maupun otomatis diperoleh pelat atap tebal 140 mm dengan kebutuhan tulangan arah x dan tulangan arah y yang dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Penulangan yang Digunakan

Jenis	Tebal	Arah X	Arah Y
S1	140 mm	D10 - 200	D10 - 200

Sumber: Hasil Perhitungan

2. Desain Struktur Pelat Lantai

Dari hasil perhitungan baik manual maupun otomatis diperoleh pelat lantai tebal 140 mm dengan kebutuhan tulangan arah x dan tulangan arah y yang dapat dilihat pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Penulangan yang Digunakan

Jenis	Tebal	Arah X	Arah Y
S1	140 mm	D10 - 200	D10 - 200

Sumber: Hasil Perhitungan

3. Desain Struktur Balok 400/600

Dari hasil perhitungan baik manual maupun otomatis diperoleh balok dimensi 400/600 dengan kebutuhan tulangan tumpuan, tulangan lapangan, dan tulangan geser yang dapat dilihat pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Penulangan yang Digunakan

Utama	Utama Tumpuan		Tulangan Geser	
	Tarik	Tekan	Tump.	Lap.
4D22	7D22	4D22	D13-125	D13-200

Sumber: Hasil Perhitungan

4. Desain Struktur Balok 400/500

Dari hasil perhitungan baik manual maupun otomatis diperoleh balok dimensi 400/500 dengan kebutuhan tulangan tumpuan, tulangan lapangan, dan tulangan geser yang dapat dilihat pada **Tabel 5**.

Tabel 5. Penulangan yang Digunakan

Utama	Utama Tumpuan		Tulangan Geser	
	Tarik	Tekan	Tump.	Lap.
3D22	3D22	2D22	D13-100	D13-200

Sumber: Hasil Perhitungan

5. Desain Struktur Kolom 400/500

Dari hasil perhitungan baik manual maupun otomatis diperoleh kolom dimensi 400/500 dengan kebutuhan tulangan longitudinal dan tulangan transversal yang dapat dilihat pada tabel 6. Namun, yang perlu diingat bahwa penampang kolom 400/500 berbentuk persegi panjang, sehingga penampang sisi yang lain atau sumbu lemah juga harus dikontrol dengan cara yang sama dengan menggunakan momen sumbu lemah.

Tabel 6. Penulangan yang Digunakan

Kolom	Longitudinal	Transversal	
400/500	12D22	3D13-125	3D13-200

Sumber: Hasil Perhitungan

6. Desain Struktur Tangga

Dari hasil perhitungan diperoleh bordes dan pelat tangga tebal 140 mm menggunakan tulangan D10 - 150 untuk area tarik dan tulangan D10 - 150 untuk area tekan.

7. Daya Dukung Pondasi *Bored Pile*

Dari hasil perhitungan daya dukung pondasi *bored pile* metode *Schmertmann* dan *Nottingham* diperoleh kekuatan per tiang dan jumlah tiang yang dibutuhkan pada masing-masing *pile cap* dengan diameter 25 cm dan panjang 400 cm yang dapat dilihat pada **Tabel 7**.

Tabel 7. Jumlah Tiang dalam Satu Kelompok

No.	Qu (kN)	Qall (kN)	Jumlah (buah)
1	2077,5	235,9	9

Sumber: Hasil Perhitungan

8. Desain Struktur Pondasi *Bored Pile*

Dari hasil perhitungan diperoleh pondasi *bored pile* dengan kebutuhan tulangan utama dan tulangan spiral yang dapat dilihat pada **Tabel 8**.

Tabel 8. Penulangan yang Digunakan

Diameter (mm)	Panjang (mm)	Utama	Spiral
250	4000	8D16	D13-50

Sumber: Hasil Perhitungan

9. Desain Struktur *Pile Cap*

Dari hasil perhitungan diperoleh *pile cap* dengan kebutuhan tulangan tarik dan tulangan tekan yang dapat dilihat pada **Tabel 9**.

Tabel 9. Penulangan yang Digunakan

Dimensi (mm)	Tebal (mm)	Tarik	Tekan
2200 × 2200	1200	8D16	D13-50

Sumber: Hasil Perhitungan

10. Desain Struktur *Tie Beam*

Dari hasil perhitungan diperoleh *tie beam* dimensi 400/600 dengan kebutuhan tulangan tumpuan, tulangan lapangan, dan tulangan geser yang dapat dilihat pada **Tabel 10**.

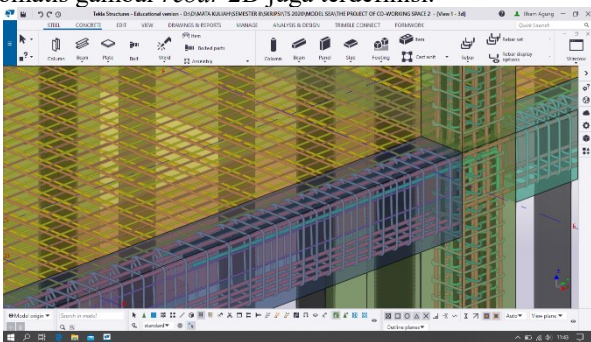
Tabel 10. Penulangan yang Digunakan

Tarik	Tekan	Tumpuan	Lapangan
3D22	2D22	D13-125	D13-200

Sumber: Hasil Perhitungan

Integrasi Model Tekla Structures

Agar penggunaan BIM dalam perencanaan struktur gedung ini dapat terimplementasi dengan benar, maka pembuatan pemodelan gedung tidak dilakukan dari awal lagi, cukup dengan melakukan integrasi model gedung dari *Tekla Structural Designer 2019* menuju *Tekla Structures 2020*. Pada pemodelan kali ini, digunakan *environment* Korea dikarenakan kemiripan baja tulangan dengan yang diproduksi di Indonesia. Dalam *Tekla Structures 2020* terdapat tiga opsi pembuatan *rebar*, yang pertama dengan menggunakan *applications and components* jika konfigurasi *rebar* yang tersedia sesuai dengan desain yang kita butuhkan, yang kedua dengan *rebar group* jika konfigurasi *rebar* yang tersedia dalam *applications and components* tidak sesuai dengan desain kita, dan yang ketiga dengan menggunakan *rebar set* jika ingin membuat model *rebar* secara *custom* dan lebih cepat. Pada pemodelan kali ini, digunakan *rebar set* untuk elemen struktur *pile cap*, *tie beam*, kolom, dan balok. Sedangkan untuk elemen struktur *bored pile*, *slab*, dan tangga menggunakan *applications and components*. Secara otomatis gambar *rebar 2D* juga terdefinisi.



Gambar 5. Visualisasi 3D Elemen Struktur

Sumber: *Tekla Structures 2020*

4. KESIMPULAN

Penggunaan *Building Information Modeling* (BIM) dalam perencanaan struktur gedung *co-working space* 4 lantai ini memberikan beberapa keuntungan, diantaranya adalah proses *modeling* struktur gedung yang hanya dilakukan satu kali untuk dua fungsi yang berbeda yaitu analisis dan desain serta *detailing* elemen struktur. Selain itu, pada subbab sebelumnya telah dijabarkan bagaimana *Tekla Structural Designer 2019* dapat mempermudah proses pembebanan gedung dan desain elemen struktur menggunakan fitur *simple wind load*, *seismic wizard*, dan *interactive design*. Berdasarkan penjabaran pada subbab sebelumnya, dapat dikatakan hasil desain elemen struktur pelat atap, pelat lantai, balok 400/600, balok 400/500, dan kolom 400/500 dapat digunakan untuk perencanaan bangunan nyata.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Nawy, Edward G. 1990. *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar*, Bandung: PT. Eresco.
- [2] Pamungkas dan Harianti. 2018. *Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa*, Yogyakarta: ANDI OFFSET.
- [3] Gegana, Greg. 2019. *AUTODESK REVIT – Introduction*, Jakarta: BIM Consultant.
- [4] PUPR. 2018. *Pelatihan Perencanaan Konstruksi Dengan Sistem Teknologi Building Information Modeling (BIM)*, Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- [5] SNI 1726: 2019, *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*.
- [6] SNI 1727: 2013, *Beban Minimum Untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur lain*.
- [7] SNI 2847: 2019, *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*.
- [8] Ramadiaprani, Ranti. 2012. *Aplikasi Building Information Modeling (BIM) Menggunakan Software Tekla Structures 17 Pada Konstruksi Gedung Kuliah Tiga Lantai Fahutan IPB, Bogor*, Fakultas Teknologi Pertanian: Institut Pertanian Bogor.