

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG KANJURUHAN CREATIVE CENTER BERBASIS *BUILDING INFORMATION MODELLING* (BIM) DI KABUPATEN MALANG

Alessandro Maulana Putra Yudha^{1*}, Trias Rahardianto², Nawir Rasidi³

¹Mahasiswa Manajemen Rekayasa Konstruksi Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang

^{2,3}Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang

¹alessandroaldo86@gmail.com, ²trias.polinema@gmail.com, ³nawir.rasidi@polinema.ac.id

Abstrak

Penggunaan *Building Information Modelling* (BIM) menjadi solusi untuk merencanakan struktur Gedung Kanjuruhan *Creative Center* berbasis teknologi yang sistematis, efektif, dan terintegrasi dengan fungsi gedung sebagai fasilitas sentral ruang kreatif di Kabupaten Malang. Skripsi ini bertujuan untuk merencanakan beban struktur pada gedung, elemen struktur atas, elemen struktur bawah, Rencana Anggaran Biaya (RAB), dan simulasi progres pekerjaan konstruksi. Data yang digunakan meliputi data sondir dan data beban yang termuat dalam SNI 1726-2019 tentang Perencanaan Ketahanan Gempa, SNI 1727-2020 tentang Beban Desain Minimum, SNI 2847-2019 tentang Persyaratan Beton Struktural, SNI 8900-2020 tentang Desain Sederhana Untuk Beton Bertulang. Hasil dari perencanaan diperoleh antara lain beban mati, beban hidup, beban angin, beban air hujan, beban gempa, dan 31 jenis kombinasi beban. Detail penulangan elemen struktur atas meliputi elemen pelat lantai, pelat atap, pelat tangga, 2 jenis balok induk, 2 jenis balok anak, kolom interior, dan kolom eksterior. Detail penulangan elemen struktur bawah antara lain 2 jenis *tie beam*, 4 jenis *pile cap*, 2 jenis *bore pile*, dan daya dukung tanah. Rencana Anggaran Biaya (RAB) pekerjaan struktur berbasis *5D Estimating* senilai Rp 30.467.891.102,00. Video simulasi proses pekerjaan konstruksi gedung secara 3D berbasis *4D Simulation* yang berisi informasi seputar progres pengerjaan bangunan yang terdiri atas hari, tanggal, waktu, hari ke, minggu ke-, dan besar biaya yang diperlukan pada suatu periode tertentu dalam proyek.

Kata Kunci: *Creative Center*, Struktur Atas, Struktur Bawah, *Building Information Modelling* (BIM), *5D Estimating*, *4D Simulation*, Autodesk Revit, Autodesk Robot Structural Analysis Professional, Autodesk Navisworks Manage

Abstract

The use of *Building Information Modeling* (BIM) is a solution to plan the structure of the technology based Kanjuruhan *Creative Center Building* that is systematic, effective, and integrated with the building's function as a central creative space facility in Malang Regency. This thesis aims to plan the structural load on the building, upper structural elements, lower structural elements, Budget Plan (RAB), and simulation of construction work progress. The data used includes sondir data and load data contained in SNI 1726-2019 on Earthquake Resistance Planning, SNI 1727-2020 on Minimum Design Loads, SNI 2847-2019 on Structural Concrete Requirements, SNI 8900-2020 on Simple Design for Reinforced Concrete. The results of the planning obtained include dead load, live load, wind load, rainwater load, earthquake load, and 31 types of load combinations. Reinforcement details of the upper structural elements include floor slab elements, roof slabs, stair plates, 2 types of main beams, 2 types of child beams, interior columns, and exterior columns. Reinforcement details of the lower structural elements include 2 types of tie beams, 4 types of pile caps, 2 types of bore piles, and soil bearing capacity. The cost budget plan (RAB) for structural work based on *5D Estimating* is Rp 30,467,891,102.00. Simulation video of the 3D building construction work process based on *4D Simulation* which contains information about the progress of building work consisting of day, date, time, day to, week to, and the amount of cost required at a certain period in the project.

Keywords: *Creative Center*, Upper Structure, Lower Structure, *Building Information Modeling* (BIM), *5D Estimating*, *4D Simulation*, Autodesk Revit, Autodesk Robot Structural Analysis Professional, Autodesk Navisworks Manage

Perencanaan Struktur Gedung Kanjuruhan *Creative Center* Berbasis *Building Information Modelling* (BIM) di Kabupaten Malang

Pendahuluan

Kabupaten Malang merupakan wilayah terluas kedua di Jawa Timur dengan luas wilayah mencapai 3.530,65 km². Pada tahun 2023, wilayah yang berpusat di Kepanjen ini memiliki jumlah penduduk sebanyak 2.663.862 jiwa dengan penduduk usia produktif sebesar 1.753.503 jiwa atau setara dengan 65,826% (BPS Kabupaten Malang, 2023). Tingginya angka usia produktif menjadi sebuah potensi besar dikemudian hari apabila dapat dikelola dengan optimal.

Namun, di tengah tingginya penduduk usia produktif, penyediaan fasilitas publik berupa sentral ruang kreatif yang di dalamnya terdapat akses fasilitas dalam bidang film, fotografi, kriya, seni rupa, teknologi, fashion, pertunjukan, desain, periklanan, DKV, musik, dan kuliner yang terintegrasi belum terpenuhi. Oleh karena itu, perlu dilakukan pembangunan fasilitas sentral ruang kreatif (*creative center*) di Kabupaten Malang sehingga penduduk usia produktif pada khususnya dapat memanfaatkan fasilitas untuk meningkatkan kualitas sumber daya dan kreativitasnya.

Sebagai ruang publik yang menyediakan berbagai fasilitas dengan banyaknya manusia yang beraktivitas dalam suatu gedung, diperlukan sebuah struktur bangunan yang kuat dan kokoh agar dapat menahan beban-beban yang bekerja baik beban bangunan itu sendiri, beban manusia, beban gempa, beban angin, maupun beban air hujan. Dalam merencanakan sebuah struktur bangunan, diperlukan perhitungan yang tepat dan akurat dengan mengacu pada syarat dan ketentuan dalam Standar Nasional Indonesia (SNI) yang berlaku sehingga gedung memiliki tingkat keamanan yang baik.

Seiring dengan perkembangan teknologi informasi dan komunikasi yang sangat pesat berdampak baik pada digitalisasi dalam pembangunan di industri konstruksi. Teknologi digital yang memberikan dampak pada percepatan pembangunan infrastruktur sehingga menjadi lebih efisien dan produktif salah satunya adalah *Building Information Modelling* (BIM). BIM merupakan sistem terintegrasi yang mampu mengurangi kesalahan dan kelalaian, mengurangi proses pengerjaan berulang, dan mampu menciptakan efektivitas di industri konstruksi.. Ruang lingkup BIM ini mendukung proses desain proyek, jadwal,

dan informasi- informasi lainnya agar terkordinasi dengan baik.

Dengan memperhatikan data-data di atas, perlu dilakukan perencanaan struktur bangunan dengan menggunakan teknologi yang sistematis dan terintegrasi. Oleh karena itu, pada skripsi ini Penulis akan membahas topik struktur dengan judul "Perencanaan Struktur Gedung Kanjuruhan *Creative Center* Berbasis *Building Information Modelling* (BIM) di Kabupaten Malang". Dengan adanya pembangunan fasilitas tersebut, diharapkan dapat menjadi solusi atas permasalahan yang ada.

Metode

Perencanaan Gedung Kanjuruhan *Creative Center* akan berlokasi di Jalan Trunojoyo, Krajan, Kedungpedaringan, Kecamatan Kepanjen, Kabupaten Malang, Jawa Timur. Lokasi ini dipilih karena berada pada wilayah pusat pemerintahan, ekonomi, pendidikan, dan keramaian seperti Kantor Bupati, Kantor DPRD, Dinas, Kodim, Stadion Kanjuruhan, SMA/SMK, pusat perbelanjaan, dan industri.

Data berikut merupakan data teknis yang merupakan asumsi awal perencanaan gedung *Creative Center* di Kabupaten Malang.



Gambar 1. Lokasi Perencanaan Gedung Kanjuruhan *Creative Center* di Kabupaten Malang
Sumber: Google earth, 2024

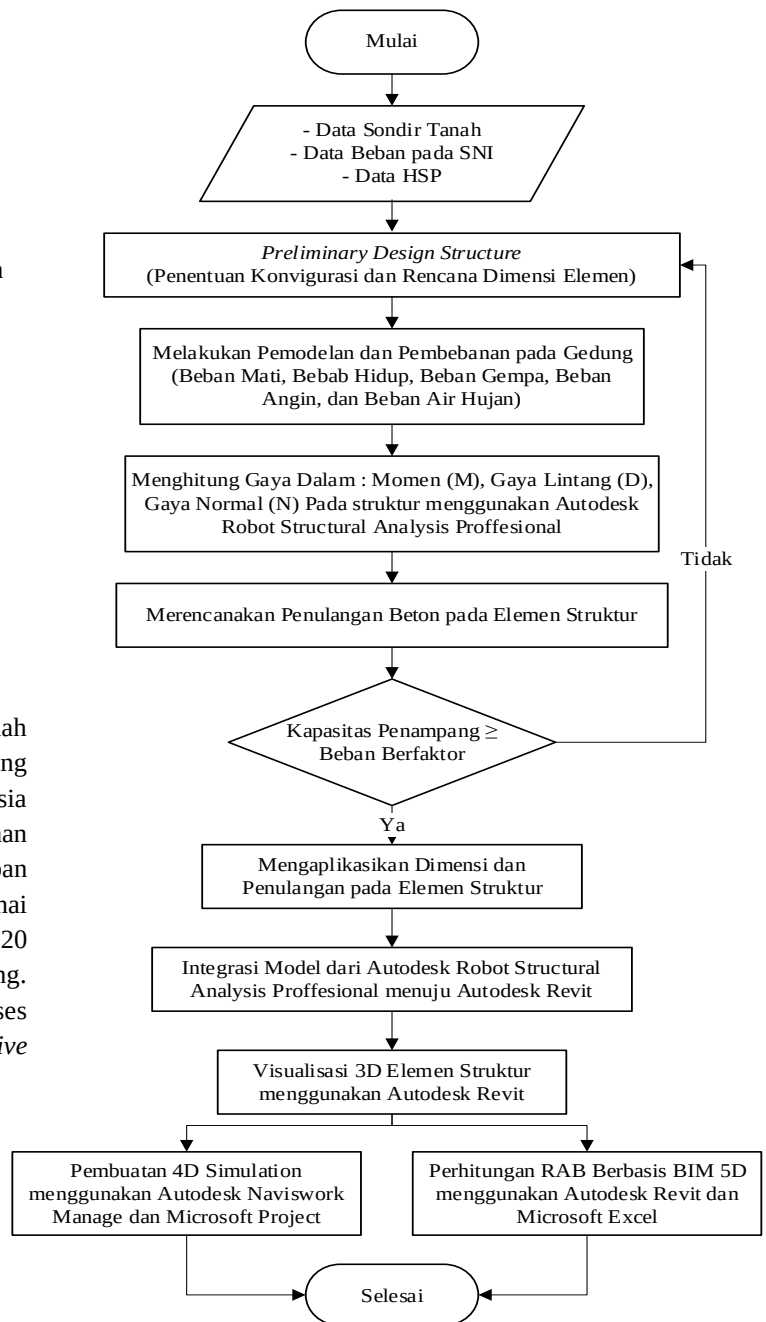
- Lokasi Bangunan : Jalan Trunojoyo, Krajan, Kedungpedaringan, Kecamatan Kepanjen, Kabupaten Malang.
- Kordinat :
- 8.147547°,112.572670°

Perencanaan Struktur Gedung Kanjuruhan *Creative Center* Berbasis *Building Information Modelling (BIM)* di Kabupaten Malang

- c. Fungsi Bangunan : *Creative Center*
- d. Jenis Tanah : Tanah Sedang
- e. Sistem Struktur : Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus
- f. Jumlah Lantai : 5 Lantai
- g. Tinggi Bangunan : 21,50 m
- h. Tinggi lantai : Lantai 1 = 3,5 m dan Lantai 2-6 = 4,50 m
- i. Ukuran Bangunan : 42 x 40 m
- j. Bentang Arah X : 6 m
- k. Bentang Arah Y : 8 m
- l. Konstruksi : Beton Bertulang
- m. Mutu Beton (f_c') : 30 Mpa
- n. Mutu Baja (f_y) : 400 Mpa
- o. Tulangan Utama : BJTS-400
- p. Tulangan Sengkang : BJTP-300
- q. Elastisitas Beton : $4.700 \sqrt{f_c}$ Mpa
- r. Elastisitas Baja : 200.000 Mpa
- s. BJ Beton Bertulang : 2.400 kg/m³

Data Sekunder dalam penelitian ini adalah data sondir tanah, data HSP, dan data beban yang tercantum dalam Standar Nasional Indonesia diantaranya, SNI 1726-2019 mengenai perencanaan ketahanan gempa, SNI 1727-2020 mengenai beban desain minimum, SNI 2847-2019 mengenai persyaratan beton struktural, SNI 8900-2020 mengenai desain sederhana untuk beton bertulang. Data-data tersebut akan digunakan dalam proses perhitungan atau perencanaan struktur *Creative Center* di Kabupaten Malang.

Berikut adalah diagram alir penelitian:



Gambar 2. Bagan Alir Perencanaan secara Umum

Sumber: Data Perencanaan Penulis

Hasil dan Pembahasan

Kanjuruhan *Creative Center* merupakan gedung yang memiliki 5 lantai yang mana pada lantai 1 difungsikan sebagai tempat parkir; lantai 2 terdiri atas lobi, ruang *broadcast*, ruang *recording*, ruang *podcast*, studio animasi, *city plan gallery*, galeri KCC, galeri kriya, galeri seni, dan galeri budaya; lantai 3 terdiri atas studio foto, *food lab*, bioskop, supermarket, workshop batik, *food court*,

Perencanaan Struktur Gedung Kanjuruhan *Creative Center* Berbasis *Building Information Modelling* (BIM) di Kabupaten Malang

dan musholla; lantai 4 terdiri atas perpustakaan, lab komputer, *co-working space*, *meeting room*, *fashion room*, dan musholla; lantai 5 terdiri atas auditorium, ruang panel, ruang Ganti, ruang VIP, Gudang, ruang pengelola, ruang karyawan, dan *coffee shop*.

Berikut ini merupakan pokok pembahasan dalam perencanaan Gedung Kanjuruhan Creatif Center di Kabupaten Malang.

1. Preliminary Design

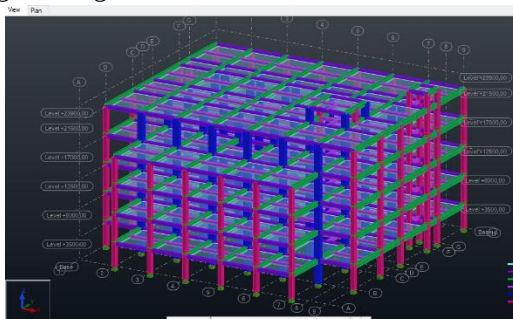
Dalam melakukan *preliminary design* mengacu pada aturan yang tercantum pada SNI 2847:2019 serta metode pendekatan. Elemen struktur yang dilakukan *preliminary design* antara lain elemen balok, pelat, kolom, dan tangga.

Tabel 1. *Preliminary Design* Elemen Struktur

Elemen Struktur	Dimensi		Satuan
	(b)	(h)	
Pelat Lantai		130	mm
Balok Induk X (B1)	450	600	mm
Balok Induk Y (B2)	500	700	mm
Balok Anak X (B3)	300	400	mm
Balok Anak Y (B4)	350	500	mm
Kolom Interior (K1)	800	850	mm
Kolom Eksterior (K2)	600	700	mm
Pelat Tangga Darurat		130	mm

Sumber: Data Perencanaan Penulis

Setelah diperoleh seluruh dimensi elemen struktur, maka dilakukan pemodelan pada *software* Autodesk Robot Structural Analysis Professional sebagaimana gambar berikut ini:



Gambar 3. Pemodelan Struktur

Sumber: Data Perencanaan Penulis

2. Pembebanan Struktur Gedung

Berikut ini merupakan analisis perhitungan pembebanan yang terdiri atas Beban Mati (*Dead Load*), Beban Hidup (*Live Load*), Beban Angin (*Wind Load*), Beban Air Hujan (*Rain Load*), dan Beban Gempa (*Seismic Load*).

a. Beban Mati (*Dead Load*)

Beban mati terdiri atas Beban Mati Sendiri (*self weight*) dan Beban Mati Tambahan (SDL). *Self weight* akan dihitung secara otomatis pada *software* Robot Structural Analysis Professional sedangkan SDL merupakan beban yang terdiri atas berat jenis suatu bahan sebagaimana yang tercantum dalam SNI 8900:2020.

Tabel 2. Beban Mati Tambahan

No	Komponen	Beban
1	Membran tahan air	0,05
2	Berat spesi dan keramik	1,10
3	Berat papan gypsum	0,096
4	Berat reng logam dan plester gypsum	0,50
5	Berat Sprinkler	0,30
6	Berat Bagian penting dan sistem elektrik	0,05
7	Saluran mekanikal	0,20

Sumber: SNI 8900:2020

Tabel 3. Beban Mati Struktur (DL)

Lantai	Beban Mati dan Beban Mati Tambahan (DL)
Story 1	22382,94
Story 2	21960,88
Story 3	21940,61
Story 4	21784,45
Story 5	13490,62
Story 6	754,53
Total (kN)	102314,04

Sumber: Robot Structural Analysis Professional

b. Beban Hidup (*Live Load*)

Perhitungan beban hidup pada perencanaan gedung mengacu pada Pasal 4 SNI 1727:2020 yang kemudian ditentukan menurut fungsi bangunan. Beban hidup akan diklasifikasikan menjadi beban hidup terpusat atau beban hidup merata. Beban hidup merata diijinkan untuk direduksi sesuai

Perencanaan Struktur Gedung Kanjuruhan *Creative Center* Berbasis *Building Information Modelling (BIM)* di Kabupaten Malang

dengan koefisien tertentu sebagaimana ketentuan yang telah ditetapkan. Pada pasal 4.7.2 menyatakan bahwa komponen struktur yang memiliki $K_{LL}A^T$ 37,16 m² atau lebih diijinkan untuk direduksi. Berikut merupakan contoh perhitungan nilai reduksi ruang dengan luas tributari 6 m x 8 m.

$$\text{Koef. Reduksi} = 0,25 + \frac{4,57}{\sqrt{K_{LL}A^T}} = 0,25 + \frac{4,57}{\sqrt{2.6.8}} = 0,716$$

Setelah direduksi, dilakukan kontrol nilai beban pasca reduksi yang mana nilai L_0 tidak boleh kurang dari $0,4L_0$. Besar nilai beban hidup dituangkan pada tabel berikut.

Tabel 4. Beban Hidup (LL)

Lantai	Beban Hidup (LL)
Story 1 (+3500)	4500,84
Story 2 (+8000)	4836,92
Story 3 (+12500)	3410,91
Story 4 (+17000)	4914,06
Story 5 (+21500)	956,36
Story 6 (+23900)	34,07
Total (kN)	18653,17

Sumber: Data Perencanaan Penulis

c. Beban Angin (*Wind Load*)

Beban angin pada Gedung Kanjuruhan *Creative Center* ini dianalisis menggunakan metode amplot. Berikut ini data parameter desain yang diperlukan untuk menentukan besarnya tekanan angin.

- 1) Kategori Risiko Bangunan = III
- 2) Kecepatan Angin Dasar (V) = 40,9 m/s
- 3) Ketinggian Bangunan = 21,5 m
- 4) Faktor Arah Angin (Kd) = 0,85
- 5) Kategori Eksposur = B
- 6) Faktor Topografi (Kzt) = 1
- 7) Faktor Efek Hembusan Angin = 0,85
- 8) Faktor Elevasi Tanah (Ke) = 1
- 9) Klasifikasi Ketertutupan = Tertutup
- 10) Faktor Hembusan Angin (G) = 0,85
- 11) Faktor Tekanan Internal (GCpi) = 0,18

Parameter tersebut dianalisis menggunakan Sistem Penahan Beban Angin Utama (SPBAU) dan diperoleh besar tekanan sebagai berikut:

Tabel 5. Nilai Tekanan p

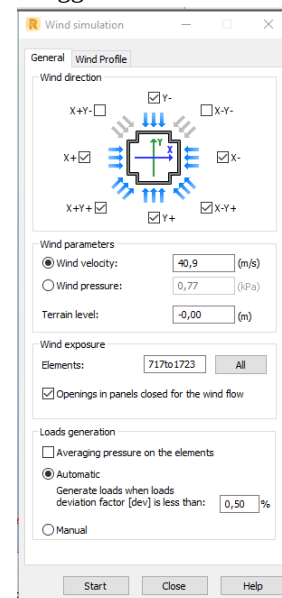
Elevasi Lantai (m)	P ⁺ (N/m ²)	p ⁻ (N/m ²)
3,50	305,07	-149,48
8,00	305,07	-149,48

12,50	333,64	-163,48
17,00	364,21	-178,46
21,50	388,99	-190,61

Sumber: Data Perencanaan Penulis

Karena nilai tekanan angin masuk (p⁺) dan tekanan angin hisap (p⁻) pada desain Sistem Penahan Beban Angin Utama (SPBAU) kurang dari 0,77 kN/m², maka sesuai Pasal 27.1.5 SNI 1727:2020 digunakan nilai tekanan (p) sebesar 0,77 kN/m².

Setelah seluruh indikator perencanaan telah diperoleh, maka dilanjutkan dengan simulasi beban angin pada *software* Robot Structural Analysis Professional menggunakan fitur *wind simulation*.



Gambar 4. Input Data pada *Wind Simulation*

Sumber: Data Perencanaan Penulis

Dari keenam arah angin sebagaimana yang tercantum pada Gambar 2, diperoleh tekanan maksimal pada setiap sisi sebagaimana tabel berikut ini.

Tabel 6. Rekapitulasi simulasi beban angin

Arah Angin	Kecepatan (m/s)	Tekanan Max (kPa)	Tarik Max (kPa)
X+	40,9	1,51	-1,51
Y+	40,9	1,51	-1,51
X-	40,9	1,51	-1,51
Y-	40,9	1,51	-1,51
X+Y+	40,9	1,51	-1,51
X-Y-	40,9	1,51	-1,51

Perencanaan Struktur Gedung Kanjuruhan *Creative Center* Berbasis *Building Information Modelling* (BIM) di Kabupaten Malang

Sumber: Data Perencanaan Penulis

d. Beban Air Hujan (*Rain Load*)

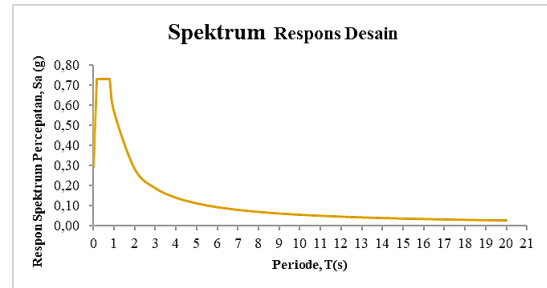
Beban yang dihasilkan oleh air hujan diasumsikan sebagai berat dari genangan air setinggi 105 mm yang mungkin terjadi pada atap gedung. Dengan asumsi kedalaman air (ds) sebesar 150 dan asumsi tambahan kedalaman air (dh) sebesar 50 mm, maka besar beban air hujan (R) adalah $1,03 \text{ kN/m}^2$

e. Beban Gempa (*Seismic Load*)

Dalam perencanaan struktur menggunakan analisis Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) yang mengacu pada SNI 1726:2019 dengan terlebih dahulu menentukan parameter-parameter gempa.

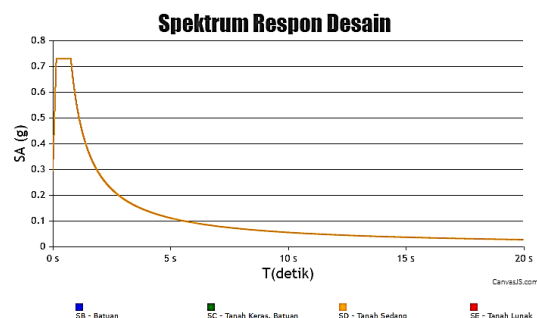
- 1) Kategori resiko = III
- 2) Faktor keutamaan gempa = 1,25
- 3) Klasifikasi Situs = Tanah Sedang (SD)
- 4) Untuk menentukan parameter respon spektrum desain yang lebih akurat, dapat diperoleh melalui Desain Spektra Indonesia yang dapat diakses di website Kementerian PUPR. Dari hasil tersebut diperoleh nilai S_s 0,994 g, S_1 0,456 g, dan TL 20 s.
- 5) Faktor amplifikasi periode pendek (F_a) dan periode 1 detik (F_v) diperoleh dengan melakukan interpolasi dengan bantuan Microsoft Excel dan diperoleh nilai F_a 1,1 dan F_v 1,85.
- 6) Percepatan spektral periode pendek (S_{MS}) diperoleh nilai 1,094 g dan Percepatan spectral periode 1 detik (S_{D1}) diperoleh nilai 0,844 g.
- 7) Percepatan spektral desain untuk periode pendek (S_{DS}) dan periode 1 detik (S_{D1}) masing-masing senilai 0,729 g dan 0,562 g.
- 8) Karena nilai $S_{DS} = 0,729 \text{ g}$ ($S_{DS} \geq 0,5$) dengan kategori risiko III dan nilai $S_{D1} = 0,562 \text{ g}$ ($S_{D1} \geq 0,20$), maka diklasifikasikan dalam Kategori Desain Seismik (KDS) D.
- 9) Nilai $T_s = 0,772 \text{ s}$
- 10) Nilai $T_0 = 0,154 \text{ s}$
- 11) Karena gedung dengan SRMPK berbahan beton bertulang, maka nilai $C_t = 0,0466$ dan nilai $\alpha = 0,9$ sehingga besar Periode Fundamental Pendekatan (F_a) adalah 0,74 s.

- 12) Untuk mengetahui grafik respon spektrum dapat diperoleh dengan analisis perhitungan manual maupun dari Desain Spektra Indonesia yang dapat diakses di website Kementerian PUPR. Untuk analisis manual, nilai $T \leq T_0$ nilai $S_a = 0,292$; untuk $T_0 \leq T \leq T_s$ nilai $S_a = S_{DS} = 0,729$; dan untuk $T \geq T_s$ nilai $S_a = 0,562$.



Gambar 5. Grafik Spektrum Respon Desain Hasil Perhitungan

Sumber: Data Perencanaan Penulis



Gambar 6. Grafik Spektrum Respon Desain Puskim

Sumber: <http://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021>

- 13) Koefisien respon seismik (C_s)
- 14) Nilai $C_{s1} = 0,1139$. Karena $T_a \leq T_L$ maka C_{s2} (maks) = 0,1192 dan C_{s2} (min) = 0,040, sehingga nilai C_s digunakan dari C_{s1} sebesar 0,1139.
- 15) Nila Berat Bangunan (W_t)
- 16) Nilai beban mati (DL) diperoleh melalui software Robot Structural Analysis Professional.

Tabel 7. Nilai W_t RSAP

Lantai	Beban Mati (DL)	Beban Hidup (LL)	25% LL	W = DL + 25%LL
Story 1	22382,94	4500,84	1125,21	23508,15
Story 2	21960,88	4836,92	1209,23	23170,12
Story 3	21940,61	3410,91	852,73	22793,34
Story 4	21784,45	4914,06	1228,52	23012,97

Perencanaan Struktur Gedung Kanjuruhan *Creative Center* Berbasis *Building Information Modelling (BIM)* di Kabupaten Malang

Story 5	13490,62	956,36	239,09	1376,21
Story 6	754,53	34,07	8,52	76,14
Total (kN)	102314,04	18653,17	4663,29	10614,48

Sumber: Data Perencanaan Penulis

- 17) Distribusi Gaya Seismik (Fx)
- 18) Gedung Kanjuruhan *Creative Center* memiliki periode antara 0,5-2,5 dengan nilai (Ta) 0,737 sehingga nilai k harus diinterpolasi dan didapatkan k = 1,119

Tabel 8. Distribusi Gaya Seismik (Fx)

Elevasi (h)	h^k	W	Wh^k	Cv	$F_x(kN)$
3,5	4,06	23508,15	95457,64	0,056	649,72
8	10,24	23170,12	237203,44	0,138	1614,48
12,5	16,87	22793,34	384420,98	0,224	2616,51
17	23,79	23012,97	547454,14	0,319	3618,54
21,5	30,94	13729,71	424738,61	0,248	2514,51
23,9	34,82	763,05	26571,93	0,015	161,44
Total	$\sum_{i=1}^n w_i h_i^k$		1715846,74	1,00	16144,48

Sumber: Data Perencanaan Penulis

f. Simpangan Antar Tingkat dan P-Delta

Nilai defleksi elastik antar tingkat (δ_{xe}) dan deformasi yang diperoleh dapat diketahui menggunakan analisis dalam *software* Robot Structural Analysis Professional. Sebuah bangunan Gedung kategori risiko III dengan jenis struktur lainnya maka nilai Δa ditentukan sebesar $0,015h_x$. Berikut ini besar nilai simpangan antar tingkat izin ($\Delta a/\rho$), nilai defleksi pusat massa pada tingkat x (δ_x), dan besar simpangan arah X dan Y:

Tabel 9. Simpangan antar Tingkat Arah X

Lantai	h (mm)	δ_{xe} (mm)	δ_x (mm)	Δ (mm)	$\Delta a/\rho$ (mm)	Status
1	3500	5	22,00	22,00	40,385	OK
2	8000	16	70,40	48,40	51,923	OK
3	12500	27	118,80	48,40	51,923	OK
4	17000	35	154,00	35,20	51,923	OK
5	21500	40	176,00	22,00	51,923	OK

Sumber: Data Perencanaan Penulis

Tabel 10. Simpangan antar Tingkat Arah Y

Lantai	h (mm)	δ_{ye} (mm)	δ_y (mm)	Δ (mm)	$\Delta a/\rho$ (mm)	Status
1	3500	3	13,20	13,20	40,385	OK
2	8000	11	48,40	35,20	51,923	OK
3	12500	20	88,00	39,60	51,923	OK
4	17000	27	118,80	30,80	51,923	OK
5	21500	31	136,40	17,60	51,923	OK

Sumber: Data Perencanaan Penulis

Selanjutnya dilakukan penunjauan terhadap pengaruh P-delta dengan mengacu pada parameter yang dihasilkan dari defleksi dan simpangan antar tingkat. Koefisien stabilitas (θ) struktur tidak boleh melebihi nilai θ_{max} .

Tabel 11. P-delta Arah X

Lantai	hsx (mm)	Px (kN)	Vx (kN)	Δ (mm)	θ	θ_{Max}	Ket
1	3500	102538,36	11678,69	22,00	0,013	0,091	OK
2	8000	80981,71	11028,97	48,40	0,010	0,091	OK
3	12500	59078,62	9414,48	48,40	0,006	0,091	OK
4	17000	37161,31	6797,96	35,20	0,003	0,091	OK
5	21500	15757,75	3071,79	22,00	0,001	0,091	OK

Sumber: Data Perencanaan Penulis

Tabel 12. P-Delta Arah Y

Lantai	hsy (mm)	Py (kN)	Vy (kN)	Δ (mm)	θ	θ_{Max}	Ket
1	3500	102538,36	11678,69	13,20	0,008	0,091	OK
2	8000	80981,71	11028,97	35,20	0,007	0,091	OK
3	12500	59078,62	9414,48	39,60	0,005	0,091	OK
4	17000	37161,31	6797,96	30,80	0,002	0,091	OK
5	21500	15757,75	3071,79	17,60	0,001	0,091	OK

Sumber: Data Perencanaan Penulis

Kombinasi Beban

- OK Gedung Kanjuruhan *Creative Center* termasuk dalam kategori KDS D sehingga nilai ρ adalah 1,3. Berikut ini merupakan kombinasi pembebanan yang digunakan untuk perencanaan Gedung tersebut.
- 1,4DL
 - 1,2DL + 1,6LL + 0,5Lr
 - 1,2DL + 1,6LL + 0,5R
 - 1,2DL + 1,6Lr + 1,0LL

Perencanaan Struktur Gedung Kanjuruhan *Creative Center* Berbasis *Building Information Modelling* (BIM) di Kabupaten Malang

5. 1,2DL + 1,6R + 1,0LL
6. 1,2DL + 1,6Lr + 0,50 WLx
7. 1,2DL + 1,6Lr + 0,50 WLy
8. 1,2DL + 1,6R + 0,50 WLx
9. 1,2DL + 1,6R + 0,50 WLy
10. 1,2DL + 1,0WLx + 1,0LL + 0,50 Lr
11. 1,2DL + 1,0WLy + 1,0LL + 0,50 Lr
12. 1,2DL + 1,0WLx + 1,0LL + 0,50 R
13. 1,2DL + 1,0WLy + 1,0LL + 0,50 R
14. 0,9DL + 1,0 WLx
15. 0,9DL + 1,0 WLy
16. 1,346DL + 1,0 LL + 1,3QEx + 0,39QEy
17. 1,346DL + 1,0 LL + 1,3QEx - 0,39QEy
18. 1,054DL + 1,0 LL - 1,3QEx + 0,39QEy
19. 1,054DL + 1,0 LL - 1,3QEx - 0,39QEy
20. 1,054DL + 1,0 LL + 0,39QEx + 1,3QEy
21. 1,054DL + 1,0 LL + 0,39QEx - 1,3QEy
22. 1,054DL + 1,0 LL - 0,39QEx + 1,3QEy
23. 1,054DL + 1,0 LL - 0,39QEx - 1,3QEy
24. 0,754DL + 1,3QEx + 0,39QEy
25. 0,754DL + 1,3QEx - 0,39QEy
26. 1,046DL - 1,3QEx + 0,39QEy
27. 1,046DL - 1,3QEx - 0,39QEy
28. 0,754DL + 0,39QEx + 1,3QEy
29. 1,046DL + 0,39QEx - 1,3QEy
30. 0,754DL - 0,39QEx + 1,3QEy
31. 1,046DL - 0,39QEx - 1,3QEy

3. Perencanaan Struktur Atas

a. Struktur Pelat Lantai dan Pelat Atap

Berikut ini merupakan data desain struktur.

- 1) Mutu Beton (f_c') = 30 MPa
- 2) Tebal Pelat (h) = 130 mm
- 3) Tebal Selimut Beton (d') = 30 mm
- 4) Tebal Efektif (d) = 95 mm
- 5) Lebar Penampang (b) = 1000 mm
- 6) Regangan Beton (ϵ_{cu}) = 0,003
- 7) Faktor Distribusi (β_1) = 0,836
- 8) Diameter Tulangan = D10
- 9) Mutu Tulangan Baja = BJTS-40
- 10) Modulus Elastis (E_s) = 200.000 MPa
- 11) Faktor Reduksi Kekuatan (ϕ) = 0,9

Hasil analisis gaya dalam yang dilakukan oleh *software* Robot Structural Analysis Professional diperoleh momen maksimal Arah X dan Arah Y yang berasal dari kombinasi beban C2 = 1,2DL+ 1,6LL+ 0,5Lr.

Tabel 13. Momen Maksimum Pelat Lantai dan Pelat Atap

No	Letak	Momen Arah X	Momen Arah Y	Satuan
1	Tumpuan	24,52	18,00	kNm/m
2	Lapangan	13,17	8,84	kNm/m

Sumber: Data Perencanaan Penulis

Berdasarkan hasil analisis perhitungan, diperoleh tulangan D10-100 mm pada area tumpuan arah X, D10-150 mm pada area lapangan arah X, D10-125 mm pada area tumpuan arah Y, dan D10-225 mm pada area lapangan arah Y.

b. Struktur Pelat Tangga

Berikut ini merupakan data desain struktur.

- 1) Mutu Beton (f_c') = 30 MPa
- 2) Tebal Pelat (h) = 130 mm
- 3) Tebal Selimut Beton (d') = 30 mm
- 4) Tebal Efektif (d) = 95 mm
- 5) Lebar Penampang (b) = 1000 mm
- 6) Regangan Beton (ϵ_{cu}) = 0,003
- 7) Faktor Distribusi (β_1) = 0,836
- 8) Diameter Tulangan = D10
- 9) Mutu Tulangan Baja = BJTS-40
- 10) Modulus Elastis (E_s) = 200.000 MPa
- 11) Faktor Reduksi Kekuatan (ϕ) = 0,9

Hasil analisis gaya dalam yang dilakukan oleh *software* Robot Structural Analysis Professional diperoleh momen maksimal Arah X dan Arah Y yang berasal dari kombinasi beban C2 = 1,2DL+ 1,6LL+ 0,5Lr.

Tabel 14. Momen Maksimum Pelat Tangga

No	Letak	Momen Arah X	Momen Arah Y	Satuan
1	Tumpuan	21,35	7,78	kNm/m
2	Lapangan	13,18	2,39	kNm/m

Sumber: Data Perencanaan Penulis

Berdasarkan hasil analisis perhitungan, diperoleh tulangan D10-100 mm pada area tumpuan arah X, D10-150 mm pada area lapangan arah X, D10-205 mm pada area tumpuan arah Y, dan D10-300 mm pada area lapangan arah Y.

c. Struktur Balok Induk Arah X (B1)

Berikut ini merupakan data desain struktur.

- 1) Mutu Beton (f_c') = 30 MPa

Perencanaan Struktur Gedung Kanjuruhan *Creative Center* Berbasis *Building Information Modelling (BIM)* di Kabupaten Malang

- 2) Lebar Balok (bw) = 450 mm
- 3) Tinggi Balok (h) = 600 mm
- 4) Bentang Balok (L) = 6000 mm
- 5) Bentang Bersih Balok (Ln) = 5500 mm
- 6) Jarak Bersih Antar Balok (sw) = 5550 mm
- 7) Tebal Selimut Beton (d') = 40 mm
- 8) Regangan Beton (ϵ_{cu}) = 0,003
- 9) Faktor Distribusi (β_1) = 0,836
- 10) Diameter Tulangan Utama = D19
- 11) Diameter Tulangan Sengkang = Ø12
- 12) Mutu Tulangan Utama Baja = BJTS-40
- 13) Mutu Tulangan Sengkang = BJTP-30
- 14) Modulus Elastis (Es) = 200.000 MPa
- 15) Faktor Reduksi Kekuatan (ϕ) = 0,9

Hasil analisis gaya dalam yang dilakukan oleh *software* Robot Structural Analysis Professional diperoleh momen maksimal Arah X dan Arah Y serta gaya lintang terfaktor maksimal yang berasal dari kombinasi beban C2 = 1,2DL+ 1,6LL+ 0,5Lr.

Tabel 15. Momen dan Gaya Lintang Maksimum Balok B1

No	Letak	Momen (kNm)	Letak	Gaya Lintang (kN)
1	Tumpuan	258,05	D Ki	195,00
2	Lapangan	202,72	D Ka	215,68

Sumber: Data Perencanaan Penulis

Berdasarkan hasil analisis perhitungan, diperoleh desain balok yang tersusun atas tulangan rangkap. Pada bagian lapangan digunakan tulangan utama 5D19 di area tarik dan 3D19 di area tekan dengan tulangan sengkang berdiameter Ø12 dengan jarak antar tulangan sebesar 110 mm. Pada bagian tumpuan digunakan tulangan 6D19 di area tarik dan 3D19 di area tekan dengan tulangan sengkang berdiameter Ø12 dengan jarak antar tulangan sebesar 160 mm.

d. Struktur Balok Induk Arah Y (B2)

Berikut ini merupakan data desain struktur.

- 1) Mutu Beton (f_c') = 30 MPa
- 2) Lebar Balok (bw) = 500 mm
- 3) Tinggi Balok (h) = 700 mm
- 4) Bentang Balok (L) = 8000 mm
- 5) Bentang Bersih Balok (Ln) = 7550 mm
- 6) Jarak Bersih Antar Balok (sw) = 7500 mm
- 7) Tebal Selimut Beton (d') = 40 mm

- 8) Regangan Beton (ϵ_{cu}) = 0,003
- 9) Faktor Distribusi (β_1) = 0,836
- 10) Diameter Tulangan Utama = D22
- 11) Diameter Tulangan Sengkang = Ø12
- 12) Mutu Tulangan Utama Baja = BJTS-40
- 13) Mutu Tulangan Sengkang = BJTP-30
- 14) Modulus Elastis (Es) = 200.000 MPa
- 15) Faktor Reduksi Kekuatan (ϕ) = 0,9

Hasil analisis gaya dalam yang dilakukan oleh *software* Robot Structural Analysis Professional diperoleh momen maksimal Arah X dan Arah Y serta gaya lintang terfaktor maksimal yang berasal dari kombinasi beban C2 = 1,2DL+ 1,6LL+ 0,5Lr.

Tabel 16. Momen dan Gaya Lintang Maksimum Balok B2

No	Letak	Momen (kNm)	Letak	Gaya Lintang (kN)
1	Tumpuan	469,32	D Ki	302,79
2	Lapangan	326,35	D Ka	317,96

Sumber: Data Perencanaan Penulis

Berdasarkan hasil analisis perhitungan, diperoleh desain balok yang tersusun atas tulangan rangkap. Pada bagian lapangan digunakan tulangan utama 5D22 di area tarik dan 3D22 di area tekan dengan tulangan sengkang berdiameter Ø12 dengan jarak antar tulangan sebesar 110 mm. Pada bagian tumpuan digunakan tulangan 7D22 di area tarik dan 4D22 di area tekan dengan tulangan sengkang berdiameter Ø12 dengan jarak antar tulangan sebesar 135 mm.

e. Struktur Balok Anak Arah X (B3)

Berikut ini merupakan data desain struktur.

- 1) Mutu Beton (f_c') = 30 MPa
- 2) Lebar Balok (bw) = 300 mm
- 3) Tinggi Balok (h) = 400 mm
- 4) Bentang Balok (L) = 3000 mm
- 5) Bentang Bersih Balok (Ln) = 2575 mm
- 6) Jarak Bersih Antar Balok (sw) = 2625 mm
- 7) Tebal Selimut Beton (d') = 40 mm
- 8) Regangan Beton (ϵ_{cu}) = 0,003
- 9) Faktor Distribusi (β_1) = 0,836
- 10) Diameter Tulangan Utama = D19
- 11) Diameter Tulangan Sengkang = Ø10
- 12) Mutu Tulangan Utama Baja = BJTS-40
- 13) Mutu Tulangan Sengkang = BJTP-30
- 14) Modulus Elastis (Es) = 200.000 MPa
- 15) Faktor Reduksi Kekuatan (ϕ) = 0,9

Perencanaan Struktur Gedung Kanjuruhan *Creative Center* Berbasis *Building Information Modelling* (BIM) di Kabupaten Malang

Hasil analisis gaya dalam yang dilakukan oleh software Robot Structural Analysis Professional diperoleh momen maksimal Arah X dan Arah Y serta gaya lintang terfaktor maksimal yang berasal dari kombinasi beban $C2 = 1,2DL + 1,6LL + 0,5Lr$.

Tabel 17. Momen dan Gaya Lintang Maksimum Balok B3

No	Letak	Momen (kNm)	Letak	Gaya Lintang (kN)
1	Tumpuan	92,01	D Ki	87,57
2	Lapangan	73,65	D Ka	85,03

Sumber: Data Perencanaan Penulis

Berdasarkan hasil analisis perhitungan, diperoleh desain balok yang tersusun atas tulangan rangkap. Pada bagian lapangan digunakan tulangan utama 3D19 di area tarik dan 2D19 di area tekan dengan tulangan sengkang berdiameter Ø10 dengan jarak antar tulangan sebesar 85 mm. Pada bagian tumpuan digunakan tulangan 4D19 di area tarik dan 3D19 di area tekan dengan tulangan sengkang berdiameter Ø10 dengan jarak antar tulangan sebesar 180 mm.

f. Struktur Balok Anak Arah Y (B4)

Berikut ini merupakan data desain struktur.

- 1) Mutu Beton (f_c') = 30 MPa
- 2) Lebar Balok (b_w) = 350 mm
- 3) Tinggi Balok (h) = 500 mm
- 4) Bentang Balok (L) = 4000 mm
- 5) Bentang Bersih Balok (L_n) = 3625 mm
- 6) Jarak Bersih Antar Balok (sw) = 3575 mm
- 7) Tebal Selimut Beton (d') = 40 mm
- 8) Regangan Beton (ϵ_{cu}) = 0,003
- 9) Faktor Distribusi (β_1) = 0,836
- 10) Diameter Tulangan Utama = D19
- 11) Diameter Tulangan Sengkang = Ø12
- 12) Mutu Tulangan Utama Baja = BJTS-40
- 13) Mutu Tulangan Sengkang = BJTP-30
- 14) Modulus Elastis (E_s) = 200.000 MPa
- 15) Faktor Reduksi Kekuatan (ϕ) = 0,9

Hasil analisis gaya dalam yang dilakukan oleh software Robot Structural Analysis Professional diperoleh momen maksimal Arah X dan Arah Y serta gaya lintang terfaktor maksimal yang berasal dari kombinasi beban $C2 = 1,2DL + 1,6LL + 0,5Lr$.

Tabel 18. Momen dan Gaya Lintang Maksimum Balok B4

No	Letak	Momen (kNm)	Letak	Gaya Lintang (kN)
1	Tumpuan	169,01	D Ki	146,95
2	Lapangan	82,62	D Ka	185,08

Sumber: Data Perencanaan Penulis

Berdasarkan hasil analisis perhitungan, diperoleh desain balok yang tersusun atas tulangan rangkap. Pada bagian lapangan digunakan tulangan utama 3D19 di area tarik dan 2D19 di area tekan dengan tulangan sengkang berdiameter Ø12 dengan jarak antar tulangan sebesar 100 mm. Pada bagian tumpuan digunakan tulangan 5D19 di area tarik dan 3D19 di area tekan dengan tulangan sengkang berdiameter Ø12 dan jarak antar tulangan 150 mm.

g. Struktur Kolom Interior (K1)

Kolom interior didesain untuk memenuhi persyaratan *Strong Column Weak Beam* sebagaimana Pasal 18.7.3.2 SNI 2847:2019 serta didesain menjadi Kolom Lentur Dua Arah (*biaxial bending*) yang dianalisis menggunakan Metode Bresler. Berikut merupakan data desain struktur.

- 1) Mutu Beton (f_c') = 30 MPa
- 2) Lebar Penampang (b) = 800 mm
- 3) Panjang Penampang (h) = 850 mm
- 4) Tebal Pelat Lantai (h_f) = 130 mm
- 5) Tinggi Kolom Lantai 1 = 3500 mm
- 6) Tinggi Kolom Lantai 2-5 = 4500 mm
- 7) Tebal Selimut Beton (d') = 40 mm
- 8) Regangan Beton (ϵ_{cu}) = 0,003
- 9) Faktor Distribusi (β_1) = 0,836
- 10) Diameter Tulangan Utama = D22
- 11) Diameter Tulangan Sengkang = Ø10
- 12) Mutu Tulangan Utama Baja = BJTS-40
- 13) Mutu Tulangan Sengkang = BJTP-30
- 14) Modulus Elastis (E_s) = 200.000 MPa
- 15) Faktor Reduksi Kekuatan (ϕ) = 0,9

Hasil analisis gaya dalam yang dilakukan oleh software Robot Structural Analysis Professional diperoleh gaya aksial terfaktor, momen maksimal Arah X dan Arah Y serta gaya lintang terfaktor maksimal yang berasal dari kombinasi beban $C16 = 1,346DL + 1,0LL + 1,3Q_{ex} + 0,39Q_{ey}$.

Perencanaan Struktur Gedung Kanjuruhan *Creative Center* Berbasis *Building Information Modelling (BIM)* di Kabupaten Malang

Tabel 19. Momen Maksimum Kolom K1

Lantai	Mux Bawah (kNm)	Mux Atas (kNm)	Muy Bawah (kNm)	Muy Atas (kNm)
1	934,46	199,55	570,68	127,19
2	869,91	455,29	905,29	689,86
3	643,97	534,69	678,39	804,11
4	363,73	431,60	431,43	684,49
5	122,20	265,03	220,19	448,66

Sumber: Data Perencanaan Penulis

Tabel 20. Gaya Aksial dan Lintang Kolom K1

Lantai	Pu Bawah (kN)	Pu Atas (kN)	Vu Maks (kN)
1	5237,36	4924,95	
2	4366,93	3608,76	630,81
3	3073,73	2345,45	
4	1816,02	1265,14	
5	732,79	391,83	

Sumber: Data perencanaan penulis

Berdasarkan hasil analisis perhitungan, diperoleh desain kolom interior yang tersusun atas tulangan utama sebanyak 24 buah dengan diameter tulangan D22. Pada bagian tumpuan sepanjang 850 mm, digunakan tulangan sengkang berdiameter Ø10 dengan jarak antar tulangan sebesar 100 mm. Pada bagian lapangan dengan H = 3800 mm, digunakan tulangan sengkang sepanjang 2100 mm berdiameter Ø10 dengan jarak antar tulangan sebesar 130 mm. Sedangkan pada bagian lapangan dengan H = 2800 mm, digunakan tulangan sengkang sepanjang 1100 mm berdiameter Ø10 dengan jarak antar tulangan sebesar 130 mm.

h. Struktur Kolom Eksterior (K2)

Kolom eksterior didesain untuk memenuhi persyaratan *Strong Coulmun Weak Beam* sebagaimana syarat Pasal 18.7.3.2 SNI 2847:2019 serta didesain menjadi Kolom Lentur Dua Arah (*biaxial bending*) yang dianalisis menggunakan Metode Bresler. Berikut ini merupakan data desain struktur.

- 1) Mutu Beton (f_c') = 30 MPa
- 2) Lebar Penampang (b) = 600 mm
- 3) Panjang Penampang (h) = 700 mm

- 4) Tebal Pelat Lantai (h_f) = 130 mm
- 5) Tinggi Kolom Lantai 1 = 3500 mm
- 6) Tinggi Kolom Lantai 2-5 = 4500 mm
- 7) Tebal Selimut Beton (d') = 40 mm
- 8) Regangan Beton (ϵ_{cu}) = 0,003
- 9) Faktor Distribusi (β_1) = 0,836
- 10) Diameter Tulangan Utama = D22
- 11) Diameter Tulangan Sengkang = Ø10
- 12) Mutu Tulangan Utama Baja = BJTS-40
- 13) Mutu Tulangan Sengkang = BJTP-30
- 14) Modulus Elastis (E_s) = 200.000 MPa
- 15) Faktor Reduksi Kekuatan (ϕ) = 0,9

Hasil analisis gaya dalam yang dilakukan oleh *software* Robot Structural Analysis Professional diperoleh gaya aksial terfaktor, momen maksimal Arah X dan Arah Y serta gaya lintang terfaktor maksimal yang berasal dari kombinasi beban C17 = 1,346DL+ 1,0LL+ 1,3Qex- 0,39Qey.

Tabel 21. Momen Maksimum Kolom K2

Lantai	Mux Bawah (kNm)	Mux Atas (kNm)	Muy Bawah (kNm)	Muy Atas (kNm)
1	384,10	149,97	370,18	205,16
2	373,42	323,17	489,83	435,98
3	299,52	327,92	453,31	449,64
4	196,03	258,86	307,24	347,83
5	88,54	161,29	145,45	189,62

Sumber: Data Perencanaan Penulis

Tabel 22. Gaya Aksial dan Lintang Kolom K2

Lantai	Pu Bawah (kN)	Pu Atas (kN)	Vu Maks (kN)
1	2847,57	2800,08	
2	2185,07	2124,02	152,88
3	1462,40	1401,34	
4	827,66	766,60	
5	404,47	343,41	

Sumber: Data Perencanaan Penulis

Berdasarkan hasil analisis perhitungan, diperoleh desain kolom eksterior yang tersusun atas tulangan utama sebanyak 18 buah dengan diameter tulangan D22. Pada bagian tumpuan sepanjang 700 mm, digunakan tulangan sengkang berdiameter Ø10 dengan jarak antar tulangan sebesar 100 mm. Pada bagian lapangan dengan H =

Perencanaan Struktur Gedung Kanjuruhan *Creative Center* Berbasis *Building Information Modelling* (BIM) di Kabupaten Malang

3800 mm, digunakan tulangan sengkang sepanjang 2400 mm berdiameter Ø10 dengan jarak antar tulangan sebesar 130 mm. Sedangkan pada bagian lapangan dengan $H = 2800$ mm, digunakan tulangan sengkang sepanjang 1400 mm berdiameter Ø10 dengan jarak antar tulangan sebesar 130 mm.

4. Perencanaan Struktur Bawah

a. Struktur *Tie Beam* Arah X

Berikut ini merupakan data desain struktur.

- 1) Mutu Beton (f_c') = 30 MPa
- 2) Lebar Balok (b_w) = 450 mm
- 3) Tinggi Balok (h) = 600 mm
- 4) Bentang Balok (L) = 6000 mm
- 5) Bentang Bersih Balok (L_n) = 5200 mm
- 6) Tebal Selimut Beton (d') = 75 mm
- 7) Regangan Beton (ϵ_{cu}) = 0,003
- 8) Faktor Distribusi (β_1) = 0,836
- 9) Diameter Tulangan Utama = D19
- 10) Diameter Tulangan Sengkang = Ø12
- 11) Mutu Tulangan Utama Baja = BJTS-40
- 12) Mutu Tulangan Sengkang = BJTP-30
- 13) Modulus Elastis (E_s) = 200.000 MPa
- 14) Faktor Reduksi Kekuatan (ϕ) = 0,9
- 15) SDS = 0,729 g
- 16) P_u Kolom K1 = 5237,36 kN

Berdasarkan analisis perhitungan diperoleh desain *tie beam* arah x yang tersusun atas tulangan utama tarik dan tekan yang sama yakni sebanyak 5D19 dan tulangan transversal berdiameter Ø12 dengan jarak antar tulangan sebesar 250 mm.

b. Struktur *Tie Beam* Arah Y

Berikut ini merupakan data desain struktur.

- 1) Mutu Beton (f_c') = 30 MPa
- 2) Lebar Balok (b_w) = 450 mm
- 3) Tinggi Balok (h) = 700 mm
- 4) Bentang Balok (L) = 8000 mm
- 5) Bentang Bersih Balok (L_n) = 7150 mm
- 6) Tebal Selimut Beton (d') = 75 mm
- 7) Regangan Beton (ϵ_{cu}) = 0,003
- 8) Faktor Distribusi (β_1) = 0,836
- 9) Diameter Tulangan Utama = D19
- 10) Diameter Tulangan Sengkang = Ø12
- 11) Mutu Tulangan Utama Baja = BJTS-40
- 12) Mutu Tulangan Sengkang = BJTP-30
- 13) Modulus Elastis (E_s) = 200.000 MPa

$$14) \text{ Faktor Reduksi Kekuatan } (\phi) = 0,9$$

$$15) \text{ SDS} = 0,729 \text{ g}$$

$$16) P_u \text{ Kolom K1} = 5237,36 \text{ kN}$$

Berdasarkan analisis perhitungan diperoleh desain *tie beam* arah y yang tersusun atas tulangan utama tarik dan tekan yang sama yakni sebanyak 5D19 dan tulangan transversal berdiameter Ø12 dengan jarak antar tulangan sebesar 250 mm.

c. Daya Dukung Tanah Kolom K1

Berikut ini merupakan data desain daya dukung tanah.

- 1) Diameter Tiang (D) = 0,80 m
- 2) Kedalaman Tiang (H) = 7,40 m
- 3) Panjang Tiang Pancang (ΔL) = 5,15 m
- 4) Luas Penampang Tiang (A_p) = 0,503 m²
- 5) Keliling Tiang (p) = 2,51 m
- 6) Luas Selimut Tiang (A_s) = 12,94 m²
- 7) Berat Sendiri Tiang (W_p) = 6,21 ton
- 8) Tebal *Pile Cap* (h) = 0,75 m
- 9) Lebar *Pile Cap* (L_q) = 3,6 m
- 10) Panjang *Pile Cap* (B_q) = 3,6 m
- 11) Gaya Aksial Terfaktor (P_u) = 523,74 ton
- 12) Momen Arah X (M_{ux}) = 93,45 ton.m
- 13) Momen Arah Y (M_{uy}) = 57,07 ton.m
- 14) Jumlah Tiang = 4 buah

Daya dukung ultimate dianalisis menggunakan *Metode Reese & Wright* dan *Metode Kulhawy*, diperoleh nilai Q_u sebesar 500,31 ton. Efisiensi kelompok tiang dianalisis menggunakan metode *Converse-Labarre Formula* diperoleh Daya Dukung Kelompok Tiang (Q_g) sebesar 800,50 ton. Diperoleh Daya Dukung Tiang Ijin (Q_{all}) sebesar 200,12 ton dengan distribusi beban pada tiang bore maksimal (Q_p maks) sebesar 168,56 ton. Dengan demikian tanah keras dapat memikul beban struktur gedung dengan aman. Namun demikian, nilai penurunan kelompok tiang sebesar (S_g) sebesar 17,66 cm, melebihi nilai penurunan kelompok tiang ijin (S_{ijin}) sebesar 15,60 cm, maka perlu dilakukan rekayasa perbaikan struktur tanah.

d. Daya Dukung Tanah Kolom K2

Berikut ini merupakan data desain daya dukung tanah.

- 1) Diameter Tiang (D) = 0,80 m

Perencanaan Struktur Gedung Kanjuruhan *Creative Center* Berbasis *Building Information Modelling (BIM)* di Kabupaten Malang

- 2) Kedalaman Tiang (H) = 7,40 m
- 3) Panjang Tiang Pancang (ΔL) = 5,20 m
- 4) Luas Penampang Tiang (A_p) = 0,503 m²
- 5) Keliling Tiang (p) = 2,51 m
- 6) Luas Selimut Tiang (A_s) = 13,07 m²
- 7) Berat Sendiri Tiang (W_p) = 6,27 ton
- 8) Tebal *Pile Cap* (h) = 0,70 m
- 9) Lebar *Pile Cap* (L_q) = 2,0 m
- 10) Panjang *Pile Cap* (B_q) = 4,0 m
- 11) Gaya Aksial Terfaktor (P_u) = 284,76 ton
- 12) Momen Arah X (M_{ux}) = 38,41 ton.m
- 13) Momen Arah Y (M_{uy}) = 37,02 ton.m
- 14) Jumlah Tiang = 2 buah

Daya dukung ultimate dianalisis menggunakan *Metode Reese & Wright* dan *Metode Kulhawy*, diperoleh nilai Q_u sebesar 500,87 ton. Efisiensi kelompok tiang dianalisis menggunakan metode *Converse-Labarre Formula* diperoleh Daya Dukung Kelompok Tiang (Q_g) sebesar 400,70 ton. Diperoleh Daya Dukung Tiang Ijin (Q_{all}) sebesar 200,35 ton dengan distribusi beban pada tiang bore maksimal (Q_p maks) sebesar 161,58 ton. Dengan demikian tanah keras dapat memikul beban struktur gedung dengan aman. Namun demikian, nilai penurunan kelompok tiang sebesar (S_g) sebesar 19,89 cm, melebihi nilai penurunan kelompok tiang ijin (S_{ijin}) sebesar 15,33 cm, maka perlu dilakukan rekayasa perbaikan struktur tanah.

e. Daya Dukung Tanah Gabungan Kolom K1

Berikut merupakan data desain daya dukung tanah.

- 1) Diameter Tiang (D) = 0,80 m
- 2) Kedalaman Tiang (H) = 7,40 m
- 3) Panjang Tiang Pancang (ΔL) = 4,95 m
- 4) Luas Penampang Tiang (A_p) = 0,503 m²
- 5) Keliling Tiang (p) = 2,51 m
- 6) Luas Selimut Tiang (A_s) = 12,44 m²
- 7) Berat Sendiri Tiang (W_p) = 5,97 ton
- 8) Tebal *Pile Cap* (h) = 0,95 m
- 9) Lebar *Pile Cap* (L_q) = 3,6 m
- 10) Panjang *Pile Cap* (B_q) = 5,6 m
- 11) Gaya Aksial Terfaktor (P_u) = 748,68 ton
- 12) Momen Arah X (M_{ux}) = 65,57 ton.m
- 13) Momen Arah Y (M_{uy}) = 49,89 ton.m
- 14) Jumlah Tiang = 6 buah

Daya dukung ultimate dianalisis menggunakan *Metode Reese & Wright* dan *Metode Kulhawy*,

diperoleh nilai Q_u sebesar 498,06 ton. Efisiensi kelompok tiang dianalisis menggunakan metode *Converse-Labarre Formula* diperoleh Daya Dukung Kelompok Tiang (Q_g) sebesar 1195,35 ton. Diperoleh Daya Dukung Tiang Ijin (Q_{all}) sebesar 199,23 ton dengan distribusi beban pada tiang bore maksimal (Q_p maks) sebesar 141,94 ton. Dengan demikian tanah keras dapat memikul beban struktur gedung dengan aman. Namun demikian, nilai penurunan kelompok tiang sebesar (S_g) sebesar 27,94 cm, melebihi nilai penurunan kelompok tiang ijin (S_{ijin}) sebesar 15,93 cm, maka perlu dilakukan rekayasa perbaikan struktur tanah.

f. Daya Dukung Tanah Gabungan Kolom K2

Berikut ini merupakan data desain daya dukung tanah.

- 1) Diameter Tiang (D) = 0,60 m
- 2) Kedalaman Tiang (H) = 7,40 m
- 3) Panjang Tiang Pancang (ΔL) = 5,05 m
- 4) Luas Penampang Tiang (A_p) = 0,283 m²
- 5) Keliling Tiang (p) = 1,88 m
- 6) Luas Selimut Tiang (A_s) = 9,52 m²
- 7) Berat Sendiri Tiang (W_p) = 3,43 ton
- 8) Tebal *Pile Cap* (h) = 0,85 m
- 9) Lebar *Pile Cap* (L_q) = 2,7 m
- 10) Panjang *Pile Cap* (B_q) = 4,2 m
- 11) Gaya Aksial Terfaktor (P_u) = 558,52 ton
- 12) Momen Arah X (M_{ux}) = 39,46 ton.m
- 13) Momen Arah Y (M_{uy}) = 37,02 ton.m
- 14) Jumlah Tiang = 6 buah

Daya dukung ultimate dianalisis menggunakan *Metode Reese & Wright* dan *Metode Kulhawy*, diperoleh nilai Q_u sebesar 283,82 ton. Efisiensi kelompok tiang dianalisis menggunakan metode *Converse-Labarre Formula* diperoleh Daya Dukung Kelompok Tiang (Q_g) sebesar 681,18 ton. Diperoleh Daya Dukung Tiang Ijin (Q_{all}) sebesar 113,53 ton dengan distribusi beban pada tiang bore maksimal (Q_p maks) sebesar 108,02 ton. Dengan demikian tanah keras dapat memikul beban struktur gedung dengan aman. Namun demikian, nilai penurunan kelompok tiang sebesar (S_g) sebesar 22,72 cm, melebihi nilai penurunan kelompok tiang ijin (S_{ijin}) sebesar 15,70 cm, maka perlu dilakukan rekayasa perbaikan struktur tanah.

Perencanaan Struktur Gedung Kanjuruhan *Creative Center* Berbasis *Building Information Modelling* (BIM) di Kabupaten Malang

g. Struktur *Pile Cap* K1 (PC1)

Berikut ini merupakan data desain struktur.

- 1) Mutu Beton (f_c') = 30 MPa
- 2) Panjang *Pile Cap* (L_x) = 3600 mm
- 3) Lebar *Pile Cap* (L_y) = 3600 mm
- 4) Tebal *Pile Cap* (h) = 750 mm
- 5) Luas Penampang (A) = 12,96 m²
- 6) b Kolom K1 = 800 mm
- 7) h Kolom K1 = 850 mm
- 8) Konstata Kolom Dalam (α_s) = 40
- 9) Tebal Selimut Beton = 75 mm
- 10) Regangan Beton (ϵ_{cu}) = 0,003
- 11) Faktor Distribusi (β_1) = 0,836
- 12) Diameter Tulangan Utama = D19
- 13) Diameter Tulangan Sengkang = Ø12
- 14) Mutu Tulangan Utama Baja = BJTS-40
- 15) Modulus Elastis (E_s) = 200.000 MPa
- 16) Faktor Reduksi Kekuatan (ϕ) = 0,9
- 17) Gaya Aksial Terfaktor (P_u) = 5237,36 kN

Berdasarkan hasil analisis tinjauan geser satu arah dan dua arah, *Pile Cap* K1 didesain sebagai *pile group* yang tersusun atas tulangan D19 dengan jarak antar tulangan sebesar 125 mm pada arah X dan arah Y.

h. Struktur *Pile Cap* K2 (PC2)

Berikut ini merupakan data desain struktur.

- 1) Mutu Beton (f_c') = 30 MPa
- 2) Panjang *Pile Cap* (L_x) = 2000 mm
- 3) Lebar *Pile Cap* (L_y) = 4000 mm
- 4) Tebal *Pile Cap* (h) = 700 mm
- 5) Luas Penampang (A) = 8,00 m²
- 6) b Kolom K1 = 600 mm
- 7) h Kolom K1 = 700 mm
- 8) Konstata Kolom Dalam (α_s) = 40
- 9) Tebal Selimut Beton = 75 mm
- 10) Regangan Beton (ϵ_{cu}) = 0,003
- 11) Faktor Distribusi (β_1) = 0,836
- 12) Diameter Tulangan Utama = D19
- 13) Diameter Tulangan Sengkang = Ø12
- 14) Mutu Tulangan Utama Baja = BJTS-40
- 15) Modulus Elastis (E_s) = 200.000 MPa
- 16) Faktor Reduksi Kekuatan (ϕ) = 0,9
- 17) Gaya Aksial Terfaktor (P_u) = 2847,57 kN

Berdasarkan hasil analisis tinjauan geser satu arah dan dua arah, *Pile Cap* K2 didesain sebagai *pile group* yang tersusun atas tulangan D19 dengan

jarak antar tulangan sebesar 125 mm pada arah X dan arah Y.

i. Struktur *Pile Cap* Gabungan K1 (PC3)

Berikut ini merupakan data desain struktur.

- 1) Mutu Beton (f_c') = 30 MPa
- 2) Panjang *Pile Cap* (L_x) = 3600 mm
- 3) Lebar *Pile Cap* (L_y) = 3600 mm
- 4) Tebal *Pile Cap* (h) = 950 mm
- 5) Luas Penampang (A) = 20,16 m²
- 6) b Kolom K1 = 800 mm
- 7) h Kolom K1 = 850 mm
- 8) Konstata Kolom Dalam (α_s) = 40
- 9) Tebal Selimut Beton = 75 mm
- 10) Regangan Beton (ϵ_{cu}) = 0,003
- 11) Faktor Distribusi (β_1) = 0,836
- 12) Diameter Tulangan Utama = D19
- 13) Diameter Tulangan Sengkang = Ø12
- 14) Mutu Tulangan Utama Baja = BJTS-40
- 15) Modulus Elastis (E_s) = 200.000 MPa
- 16) Faktor Reduksi Kekuatan (ϕ) = 0,9
- 17) Gaya Aksial Terfaktor (P_u) = 748,76 kN

Berdasarkan hasil analisis tinjauan geser satu arah dan dua arah, *Pile Cap* gabungan K1 tersusun atas tulangan D19 dengan jarak antar tulangan sebesar 150 mm pada arah X dan tulangan D19 dengan jarak antar tulangan sebesar 100 mm pada arah Y.

j. Struktur *Pile Cap* Gabungan K2 (PC4)

Berikut ini merupakan data desain struktur.

- 1) Mutu Beton (f_c') = 30 MPa
- 2) Panjang *Pile Cap* (L_x) = 2700 mm
- 3) Lebar *Pile Cap* (L_y) = 4200 mm
- 4) Tebal *Pile Cap* (h) = 850 mm
- 5) Luas Penampang (A) = 11,34 m²
- 6) b Kolom K1 = 600 mm
- 7) h Kolom K1 = 700 mm
- 8) Konstata Kolom Dalam (α_s) = 40
- 9) Tebal Selimut Beton = 75 mm
- 10) Regangan Beton (ϵ_{cu}) = 0,003
- 11) Faktor Distribusi (β_1) = 0,836
- 12) Diameter Tulangan Utama = D19
- 13) Diameter Tulangan Sengkang = Ø12
- 14) Mutu Tulangan Utama Baja = BJTS-40
- 15) Modulus Elastis (E_s) = 200.000 MPa
- 16) Faktor Reduksi Kekuatan (ϕ) = 0,9
- 17) Gaya Aksial Terfaktor (P_u) = 585,17 kN

Perencanaan Struktur Gedung Kanjuruhan *Creative Center* Berbasis *Building Information Modelling* (BIM) di Kabupaten Malang

Berdasarkan hasil analisis tinjauan geser satu arah dan dua arah, *Pile Cap* gabungan K2 tersusun atas tulangan D19 dengan jarak antar tulangan sebesar 150 mm pada arah X dan tulangan D19 dengan jarak antar tulangan sebesar 125 mm pada arah Y.

k. Struktur *Bore Pile* D-800 mm (BP 1)

Berikut ini merupakan data desain struktur.

- 1) Mutu Beton (f_c') = 30 MPa
- 2) Diameter Tiang (h) = 800 mm
- 3) Kedalaman Tiang (H) = 7400 mm
- 4) Keliling Tiang (p) = 2513,27 mm
- 5) Tebal Selimut Beton = 75 mm
- 6) Regangan Beton (ϵ_{cu}) = 0,003
- 7) Faktor Distribusi (β_1) = 0,836
- 8) Diameter Tulangan Utama = D22
- 9) Diameter Tulangan Sengkang = D13
- 10) Mutu Tulangan Utama Baja = BJTS-40
- 11) Mutu Tulangan Sengkang = BJTS-40
- 12) Modulus Elastis (Es) = 200.000 MPa
- 13) Faktor Reduksi Kekuatan (ϕ) = 0,75 (sengkang spiral)

Berdasarkan hasil analisis perhitungan, diperoleh desain *bore pile* berdiameter 800 mm yang tersusun atas tulangan utama 16D22 dan tulangan sengkang spiral D13 dengan jarak antar spiral sebesar 45 mm.

l. Struktur *Bore Pile* D-600 mm (BP 2)

Berikut ini merupakan data desain struktur.

- 1) Mutu Beton (f_c') = 30 MPa
- 2) Diameter Tiang (h) = 600 mm
- 3) Kedalaman Tiang (H) = 7400 mm
- 4) Keliling Tiang (p) = 1884,95 mm
- 5) Tebal Selimut Beton = 75 mm
- 6) Regangan Beton (ϵ_{cu}) = 0,003
- 7) Faktor Distribusi (β_1) = 0,836
- 8) Diameter Tulangan Utama = D19
- 9) Diameter Tulangan Sengkang = D13
- 10) Mutu Tulangan Utama Baja = BJTS-40
- 11) Mutu Tulangan Sengkang = BJTS-40
- 12) Modulus Elastis (Es) = 200.000 MPa
- 13) Faktor Reduksi Kekuatan (ϕ) = 0,75 (sengkang spiral)

Berdasarkan hasil analisis perhitungan, diperoleh desain *bore pile* berdiameter 600 mm yang tersusun atas tulangan utama 16D19 dan tulangan sengkang spiral D13 dengan jarak antar spiral sebesar 40 mm

5. Rencana Anggaran Biaya (RAB) Berbasis *5D Estimating*

Perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB) memanfaatkan fitur yang terdapat dalam *software* Autodesk Revit untuk *5D Estimating* dengan mengeluarkan volume struktur, volume tulangan, dan panjang tulangan, beserta dengan keterangan material dari masing-masing item pekerjaan atau dalam terminologi lain disebut dengan *quantity take-off*. Dengan menggunakan *software* Autodesk Revit, maka *quantity* yang dihasilkan akan sangat presisi dan detail sesuai dengan desain yang telah dibuat. Setelah seluruh *schedule* telah dipersiapkan dan diexport ke format txt (text) maka selanjutnya akan di-import ke dalam Microsoft Excel untuk dihitung mengacu pada Analisis Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) Kota Malang. Berdasarkan hasil analisis, Rencana Anggaran Biaya (RAB) yang diperlukan untuk pekerjaan struktur Gedung Kanjuruhan *Creative Center* di Kabupaten Malang senilai Rp 30.467.891.102,00.

6. Simulasi Urutan Pekerjaan Berbasis *4D Simulation*

Dalam membuat simulasi urutan pekerjaan pada Gedung Kanjuruhan *Creative Center* yang memanfaatkan *Building Information Modeling* (BIM), hal tersebut dapat dikerjakan dengan menggunakan *software* Autodesk Navisworks Manage yang akan mengkolaborasi model 3D dari *software* Autodesk Revit dan jadwal pekerjaan yang dibuat menggunakan *software* Microsoft Project beserta besar RAB pada tiap item pekerjaan. Hasil dari *4D Simulation* berupa video simulasi proses pembangunan gedung secara 3D yang berisi informasi seputar progress pengerjaan bangunan yang terdiri atas hari, tanggal, waktu, hari ke-, minggu ke-, dan biaya yang dikeluarkan pada suatu periode tertentu pada proyek. Untuk mengetahui secara lengkap simulasi Pembangunan Gedung Kanjuruhan *Creative Center* dapat disaksikan dengan mengakses link

Perencanaan Struktur Gedung Kanjuruhan *Creative Center* Berbasis *Building Information Modelling* (BIM) di Kabupaten Malang

<https://bit.ly/BIM4DSimulationGedungKCC> atau dengan cara scan QR Code Youtube Civilians Limit.2 berikut ini.



Gambar 7. QR Code Video Simulasi 4D Simulation

Sumber: Data Perencanaan Penulis

Kesimpulan

Berdasarkan analisis dan pembahasan pada Perencanaan Struktur Gedung Kanjuruhan *Creative Center* Berbasis *Building Information Modelling* (BIM) di Kabupaten Malang diatas, dapat disimpulkan antara lain sebagai berikut:

1. Pada *preliminary design* diperoleh dimensi elemen-elemen struktur sebagai berikut:
 - a. Pelat Lantai dan Pelat Atap dengan tebal pelat 130 mm.
 - b. Balok Induk B1 berdimensi 450 mm x 600 mm.
 - c. Balok Induk B2 berdimensi 500 mm x 700 mm.
 - d. Balok Anak B3 berdimensi 300 mm x 400 mm.
 - e. Balok Anak B4 berdimensi 350 mm x 500 mm.
 - f. Kolom Interior (K1) berdimensi 800 mm x 850 mm.
 - g. Kolom Eksterior (K2) berdimensi 600 mm x 700 mm.
 - h. Pelat Tangga dengan tebal pelat 130 mm.
2. Diperoleh 31 jenis kombinasi beban yang terdiri atas beban gravitasi dan beban lateral dengan masing-masing jenis beban sebagai berikut:
 - a. Beban Mati senilai 97875,07 kN.
 - b. Beban Hidup senilai 18653,17 kN.
 - c. Beban Angin senilai 0,77 kN/m².
 - d. Beban Air Hujan senilai 1,03 kN/m².
 - e. Beban Gempa Struktur senilai 11678,69 kN dengan simpangan antar lantai dan kontrol P-Delta yang telah memenuhi ketentuan persyaratan dalam SNI 1726:2019 Tentang Tata Cara Perencanaan Tahan Gempa Untuk

Perencanaan Struktur Gedung dan Non Geung.

3. Pada perencanaan struktur atas, diperoleh data elemen struktur sebagai berikut:
 - a. Pelat lantai dan pelat atap memiliki ketebalan 130 mm tersusun atas tulangan D10-100 mm pada area tumpuan arah X, D10-150 mm pada area lapangan arah X, D10-125 mm pada area tumpuan arah Y, dan D10-225 mm pada area lapangan arah Y.
 - b. Pelat tangga memiliki ketebalan 130 mm tersusun atas tulangan D10-100 mm pada area tumpuan arah X, D10-150 mm pada area lapangan arah X, D10-205 mm pada area tumpuan arah Y, dan D10-300 mm pada area lapangan arah Y.
 - c. Balok Induk Arah X (B1) pada bagian lapangan digunakan tulangan utama 5D19 di area tarik dan 3D19 di area tekan dengan tulangan sengkang berdiameter Ø12-110 mm. Pada bagian tumpuan digunakan tulangan 6D19 di area tarik dan 3D19 di area tekan dengan tulangan sengkang berdiameter Ø12-160 mm.
 - d. Balok Induk Arah Y (B2) pada bagian lapangan digunakan tulangan utama 5D22 di area tarik dan 3D22 di area tekan dengan tulangan sengkang berdiameter Ø12-110 mm. Pada bagian tumpuan digunakan tulangan 7D22 di area tarik dan 4D22 di area tekan dengan tulangan sengkang berdiameter Ø12-135 mm.
 - e. Balok Anak Arah X (B3) pada bagian lapangan digunakan tulangan utama 3D19 di area tarik dan 2D19 di area tekan dengan tulangan sengkang berdiameter

Perencanaan Struktur Gedung Kanjuruhan *Creative Center* Berbasis *Building Information Modelling* (BIM) di Kabupaten Malang

- Ø10-85 mm. Pada bagian tumpuan digunakan tulangan 4D19 di area tarik dan 3D19 di area tekan dengan tulangan sengkang berdiameter Ø10-180 mm.
- f. Balok Anak Arah Y (B4) pada bagian lapangan digunakan tulangan utama 3D19 di area tarik dan 2D19 di area tekan dengan tulangan sengkang berdiameter Ø12-100 mm. Pada bagian tumpuan digunakan tulangan 5D19 di area tarik dan 3D19 di area tekan dengan tulangan sengkang berdiameter Ø12-150 mm.
 - g. Kolom Interior (K1) tersusun atas tulangan utama sebanyak 24 buah dengan diameter tulangan D22. Pada bagian tumpuan digunakan tulangan sengkang berdiameter Ø10-100 mm. Pada bagian lapangan digunakan sengkang berdiameter Ø10-130 mm.
 - h. Kolom Eksterior (K2) tersusun atas tulangan utama sebanyak 18 buah dengan diameter tulangan D22. Pada bagian tumpuan digunakan tulangan sengkang berdiameter Ø10-100 mm. Pada bagian lapangan digunakan sengkang berdiameter Ø10-130 mm.
4. Pada perencanaan struktur bawah, diperoleh data elemen sebagai berikut:
- a. *Tie Beam* Arah X memiliki dimensi 450 mm x 600 mm menggunakan tulangan utama 5D19 dan tulangan sengkang berdiameter Ø12-250 mm.
 - b. *Tie Beam* Arah Y memiliki dimensi 450 mm x 700 mm menggunakan tulangan utama 5D19 dan tulangan sengkang berdiameter Ø12-300 mm.
 - c. Daya Dukung Tanah K1 ultimate diperoleh nilai Q_u sebesar 500,31 ton, Daya Dukung Kelompok Tiang (Q_g) sebesar 800,50 ton, dan Daya Dukung Tiang Ijin (Q_{all}) sebesar 200,12 ton dengan distribusi beban pada tiang bore maksimal (Q_p maks) sebesar 168,56 ton.
 - d. Daya Dukung Tanah K2 ultimate diperoleh nilai Q_u sebesar 500,87 ton, Daya Dukung Kelompok Tiang (Q_g) sebesar 400,70 ton, dan Daya Dukung Tiang Ijin (Q_{all}) sebesar 200,35 ton dengan distribusi beban pada tiang bore maksimal (Q_p maks) sebesar 161,58 ton.
 - e. Daya Dukung Tanah Gabungan K1 ultimate diperoleh nilai Q_u sebesar 498,06 ton, Daya Dukung Kelompok Tiang (Q_g) sebesar 1195,35 ton, dan Daya Dukung Tiang Ijin (Q_{all}) sebesar 199,23 ton dengan distribusi beban pada tiang bore maksimal (Q_p maks) sebesar 141,94 ton.
 - f. Daya Dukung Tanah Gabungan K2 diperoleh nilai Q_u sebesar 283,82 ton, diperoleh Daya Dukung Kelompok Tiang (Q_g) sebesar 681,18 ton, dan Daya Dukung Tiang Ijin (Q_{all}) sebesar 113,53 ton dengan distribusi beban pada tiang bore maksimal (Q_p maks) sebesar 108,02 ton.
 - g. *Pile Cap* K1 (PC 1) berdimensi 3,6 m x 3,6 m dengan tebal 0,75 m didesain sebagai *pile group* memiliki 4 buah *pile* tersusun atas tulangan D19-125 mm pada arah X dan arah Y.
 - h. *Pile Cap* K2 (PC 2) berdimensi 2,0 m x 4,0 m dengan tebal 0,70 m didesain sebagai *pile group* memiliki 2 buah *pile* tersusun atas tulangan D19-125 mm pada arah X dan arah Y.
 - i. *Pile Cap* Gabungan K1 (PC 3) berdimensi 3,6 m x 5,6 m dengan tebal 0,95 m didesain sebagai *pile group* memiliki 6 buah *pile* tersusun atas tulangan D19-150 mm pada arah X dan tulangan D19-100 mm pada arah Y.
 - j. *Pile Cap* Gabungan K2 (PC 4) berdimensi 2,7 m x 4,2 m dengan tebal 0,85 m didesain sebagai *pile group* memiliki 6 buah *pile* tersusun atas tulangan D19-150 mm pada arah X dan tulangan D19-125 mm pada arah Y.
 - k. *Bore Pile* D-800 mm (BP 1) dengan tulangan utama 16D22 dan tulangan sengkang spiral D13-45 mm.
 - l. *Bore Pile* D-600 mm (BP 2) dengan tulangan utama 16D19 dan tulangan sengkang spiral D13-40 mm.
5. Rencana Anggaran Biaya (RAB) yang diperlukan untuk pekerjaan struktur Gedung

Perencanaan Struktur Gedung Kanjuruhan *Creative Center* Berbasis *Building Information Modelling* (BIM) di Kabupaten Malang

Kanjuruhan *Creative Center* di Kabupaten Malang senilai Rp 30.467.891.102,00.

6. *4D Simulation* pada pekerjaan struktur Gedung Kanjuruhan *Creative Center* di Kabupaten Malang ini menghasilkan video simulasi berupa proses pembangunan gedung secara 3D

yang berisi informasi seputar progress pengerjaan bangunan yang terdiri atas hari, tanggal, waktu, hari ke-, minggu ke-, dan biaya yang dikeluarkan pada suatu periode tertentu pada proyek

Daftar Rujukan

- [1] Agus, & Gushendra R. (2015). *Perbandingan Analisa Struktur Model Portal Open Frame, Bresing dan Dinding Geser Pada Struktur Gedung Beton Bertulang Terhadap Beban Gempa. Journal Momentum - ITP Padang*, 17. 2015.
- [2] Badan Pusat Statistik Kabupaten Malang. (2024). *Jumlah Pertumbuhan Penduduk Tahun 2023*. Malang.
- [3] Badan Pusat Statistik Kabupaten Malang. (2024). *Luas Wilayah Kabupaten Malang*. Malang.
- [4] Badan Standardisasi Nasional. (2019). *SNI 1726:2019 Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain*. Jakarta..
- [5] Badan Standardisasi Nasional. (2019). *SNI 2847:2019 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung*. Jakarta.
- [6] Badan Standardisasi Nasional. *SNI 1727:2020 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Gedung dan Nongedung*. Jakarta.
- [7] Badan Standardisasi Nasional. (2020). *SNI 8900:2020 Panduan Desain Sederhana untuk Bangunan Beton Bertulang*. Jakarta.
- [8] Bowles, Joseph, E. (1993). *Analisis dan Disain Pondasi*. Edisi Kedua. Jakarta: Erlangga.
- [9] Chen & Luo. (2014). *A BIM-Based Construction Quality Management Model and Its Applications*. School of Civil Engineering & Mechanics, Huazhong University of Science & Technology.
- [10] Dipohusodo, I. (1996). *Manajemen Proyek dan Konstruksi Jilid II*. Kanisius.
- [11] Eastman, C. M. (2011). *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors*. Wiley.
- [12] Hardiyatmo & Christady, H. (2011). *Analisis dan Perancangan Fondasi II Edisi Kedua*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- [13] Hasan A., & Astira, I. F. (2013). *Analisis Perbandingan Simpangan Lateral Bangunan Tinggi dengan Variasi Bentuk dan Posisi Dinding Geser Studi Kasus: Proyek Apartemen The Royale Springhill Residence. Jurnal Teknik Sipil Dan Lingkungan*, 1.
- [14] Kementerian Pariwisata dan Ekonomi Kreatif. (2019). *Potensi Industri Kreatif Indonesia 2019*. Jakarta.
- [15] Martin, P., & Uk, A. (2010). *Making Space for Creativity*.
- [16] Nawary, O., Nawary, & Kuenstle, M. (2015). *Building Information Modeling: Framework for Structural Design*. Perancis. CRC Press. 2015.
- [16] O'Hara, E., & Naik, D. (2021). *Mapping Creative Hubs in England*.
- [17] Oktavia, A. C., & Rasidi, N. (2022). *Perencanaan Struktur Gedung Asrama Putra Anwarut-Taufiq Kota Batu. Jurnal Online Skripsi Manajemen Rekayasa Konstruksi (JOS-MRK)*, 3(2), 1–7. 2022.
- [18] Prasetyo, I. A. N., & Rochman, T. (2021). *Perencanaan dan Pemodelan 3d Struktur Gedung Co-Working Space 4 Lantai Soekarno Hatta Kota Malang Berbasis Building Information Modeling (BIM). Jurnal Online Skripsi Manajemen Rekayasa Konstruksi (JOS-MRK)*, 2(1), 78–84. 2021.
- [19] Setiawan, A. (2016). *Perencanaan Struktur Beton Bertulang berdasarkan SNI 2847: 2013*. Jakarta: Erlangga,
- [20] Thoring, K., Desmet, P., & Badke-Schaub, P. *Creative space: A systematic review of*

- the literature. *Proceedings of the International Conference on Engineering Design, ICED*, 299–308,
- [21] Virani, T. E. & Malem, W. (2015). *Re-Articulating the Creative Hub Concept as a Model for Business Support in the Local Creative Economy: the Case of Mare Street in Hackney*.
- [22] Wardhono, A. (2010). Studi Perilaku Struktur Beton Bertulang Terhadap Kinerja Batas Akibat Pengaruh Tinggi Bangunan Dan Dimensi Kolom Berdasarkan SNI 03-1726-2002. *Jurnal Teknik WAKTU*, 08.