

Implementasi *Building Information Modelling* dalam Perencanaan Struktur Gedung Kampus *Jakarta Global University* Kota Depok

Apri Supriansyah*, Dedy Rutama & Ribut Nawang Sari

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Global Jakarta, Kota Depok, 16412, Indonesia

Email: asupriansyah@student.jgu.ac.id

Dikirim: 20 Juni 2024

Direvisi: 3 Juli 2024

Diterima: 18 Juli 2024

ABSTRAK

Building Information Modelling (BIM) merupakan suatu pendekatan kolaboratif antar disiplin ilmu berbasis teknologi digital yang memungkinkan para pemangku kepentingan proyek untuk berbagi keseluruhan informasi secara efektif, pengoptimalan proses perencanaan, konstruksi, dan pengelolaan fasilitas. Studi ini bertujuan merencanakan struktur dan pengimplementasian BIM dalam proyek Gedung Kampus *Jakarta Global University* menggunakan *Autodesk RSAP 2024* sebagai perangkat lunak Analisa struktur dengan pengintegrasian *Autodesk Revit 2024* untuk penggambaran gambar rencana dan perhitungan volume. Pemodelan struktur yang ditinjau hanya pada *tower A*, dan memodifikasi denah menjadi denah tipikal, serta menggunakan standar-standar terbaru yang berlaku. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan masukan dalam perencanaan gedung Kampus *Jakarta Global University Tower A* dengan implementasi BIM.

Kata kunci: struktur, *Building Information Modeling (BIM)*, *Robot Structural Analysis Professional 2024*, *Revit 2024*.

1. PENDAHULUAN

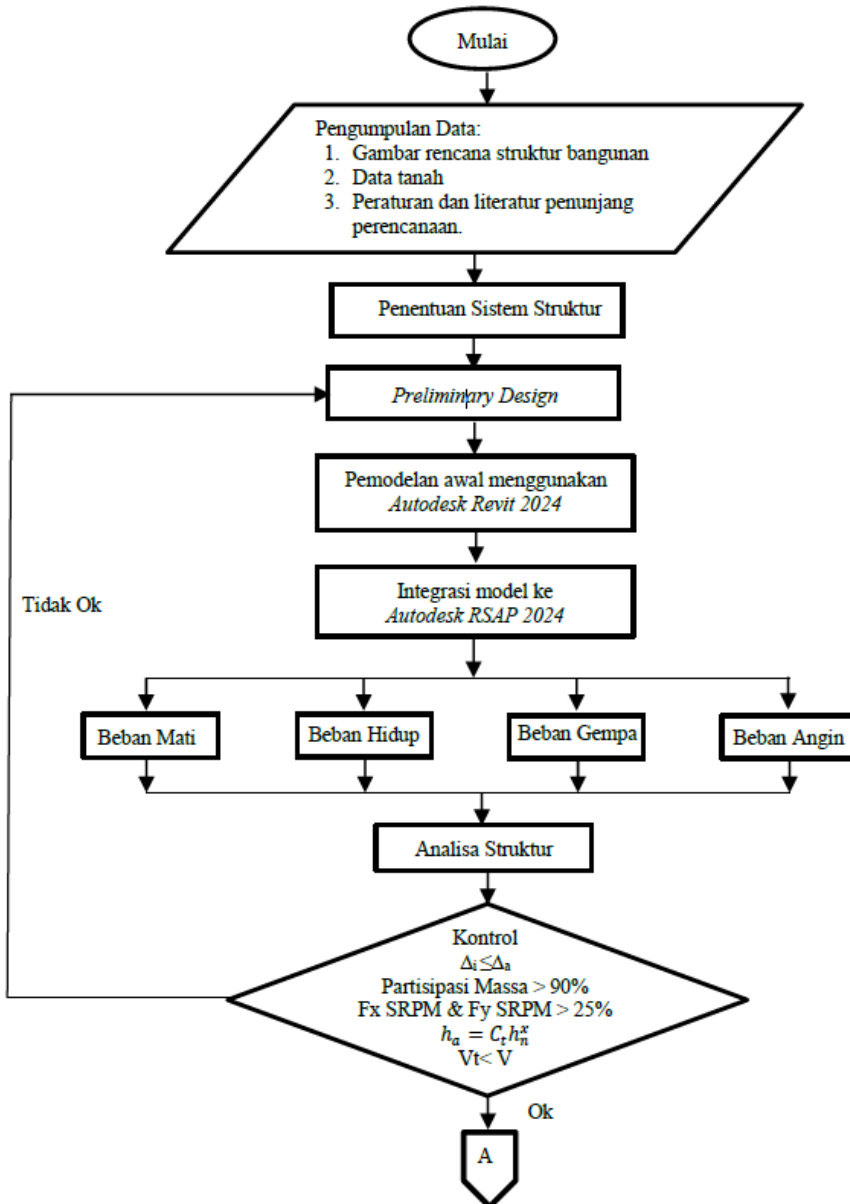
Struktur bangunan bertingkat sangat rawan sekali terjadinya keruntuhan, maka diperlukan perencanaan struktur yang baik dalam segi kekuatan, kenyamanan, maupun keselamatan (Saputra, 2020). Sementara itu, proyek konstruksi sering sekali terjadi hambatan, mulai dari faktor manajerial, faktor eksternal, faktor keuangan, faktor konsultan, dan keselamatan (Mukhtarudin et al., 2022). Seiring dengan perkembangan teknologi digital dalam dunia konstruksi, hambatan tersebut dapat diminimalisir dengan pengimplementasian *Building Information Modeling (BIM)*. BIM adalah suatu proses pengelolaan data konstruksi untuk mengantisipasi adanya kesalahan, dan ketidaksesuaian gambar dari perencana, serta melakukan pengendalian waktu terutama saat menemui kendala saat dalam tahap konstruksi atau mengidentifikasi kemungkinan adanya keterlambatan yang akan dialami proyek (Wibowo et al., 2020).

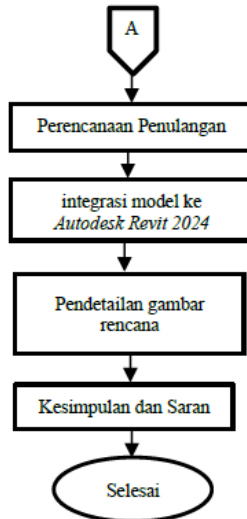
Pada kenyataannya, kurangnya kemampuan Sumber Daya Manusia (SDM) dalam proyek, kebiasaan sistem kerja, serta kurangnya motivasi individu dalam penggunaan dan untuk mengembangkan BIM (Hutama and Sekarsari, 2018). Kompleksitas koordinasi dan kolaborasi antara disiplin ilmu serta integrasi antar sistem selama proses konstruksi gedung yang panjang menghadirkan tantangan dalam penggunaan BIM (Purnomo et al., 2023). Implementasi BIM di Indonesia dimulai saat keluarnya Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 22/PRT/M/2018 yang berbunyi penggunaan *Building Information Modelling (BIM)* wajib diterapkan pada bangunan gedung negara tidak sederhana dengan kriteria luas diatas 2000 m² (dua ribu meter persegi) dan di atas 2 (dua) lantai. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 16 Tahun 2021 menyebutkan bahwa penggunaan BIM diwajibkan hingga dimensi kelima untuk jenis kegiatan padat teknologi dan diwajibkan hingga dimensi kedelapan untuk jenis kegiatan padat moda.

Penelitian ini berfokus pada proses perencanaan Gedung Kampus *Jakarta Global University Tower A* menggunakan integrasi BIM berbasis perangkat lunak *Autodesk Revit 2024*, dan *Autodesk Robot Structural Analysis Professional (RSAP) 2024*. Pembebanan mengacu pada SNI-1727-2020 dan analisis ketahanan gempa mengacu pada SNI-1726-2019, pemodelan struktur dilakukan pada perangkat lunak *Autodesk RSAP 2024*. Peranan perangkat lunak *Autodesk Revit 2024* pada penelitian ini berfungsi sebagai lanjutan dari analisis *Autodesk RSAP 2024*, pemodelan desain 3D yang kemudian dapat dijadikan desain 2D sebagai *Detail Engineering Drawing*, selain itu *Autodesk Revit 2024* digunakan juga untuk pengecekan volume kebutuhan tulangan dan beton pada penampang struktur.

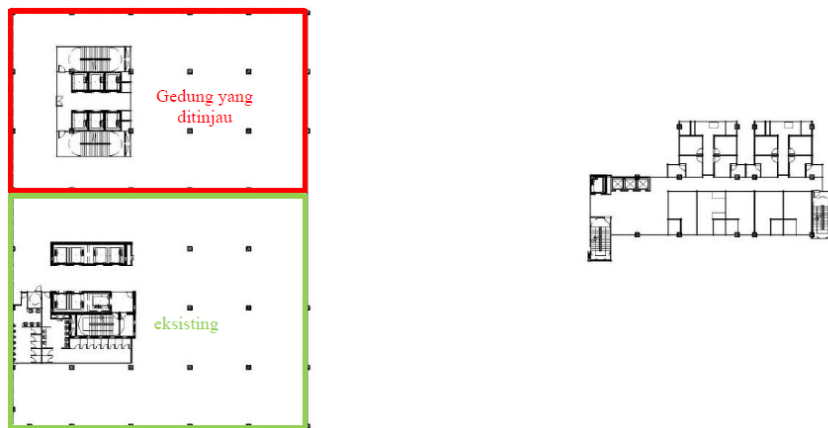
2. METODE PENELITIAN

Dalam perencanaan gedung kampus *Jakarta Global University* menggunakan implementasi BIM, dibutuhkan suatu metodologi yang menjelaskan setiap tahapan yang dilakukan. Metodologi penyusunan penelitian ini disajikan pada Gambar 1. Data perencanaan diperoleh dari PT Horison Valindo Adipratama selaku konsultan perencana dalam pengerjaan proyek kampus *Jakarta Global University*. Perencanaan Gedung kampus *Jakarta Global University* direncanakan memiliki 2 gedung kuliah dan 1 gedung asrama, sedangkan proses konstruksi sudah mencapai fase 1. Fase 1 mencakup lantai dasar sampai lantai 4 gedung B. Pada penelitian ini dibatasi pada perencanaan struktur atas gedung kampus *Jakarta Global University* pada gedung A, meliputi kolom, balok, dinding geser dan pelat. Denah gedung yang ditinjau disajikan pada Gambar 2.





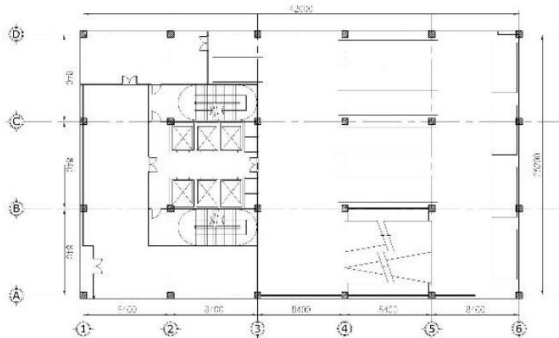
Gambar 1. Diagram alir perencanaan



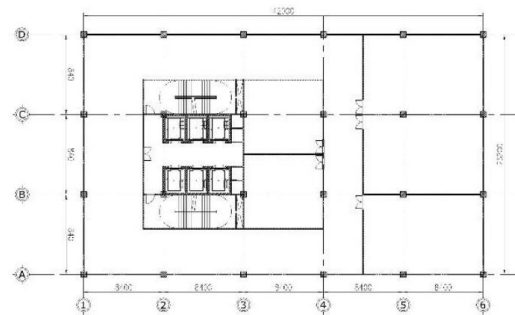
Gambar 2. Denah gedung tinjauan

Data Perencanaan

- Nama Gedung : Gedung Kampus *Jakarta Global University*
- Fungsi bangunan : Gedung parkir dan fasilitas pendidikan
- Lokasi : Kota Depok (-6.419040, 106.827658)
- Jumlah lantai : 4 lantai gedung parker (Gambar 4) & 25 lantai gedung perkuliahan (Gambar 5)
- Tinggi bangunan : ±113,4 m
- Tinggi tiap lantai : 4,2 m
- Struktur bangunan : Beton bertulang
- Mutu beton (fc’) : 35 MPa
- Mutu tulangan (fy) : BJTS 420A (longitudinal) dan BJTP 280 (transversal)



Gambar 3. Denah Lantai Dasar-Lantai 4

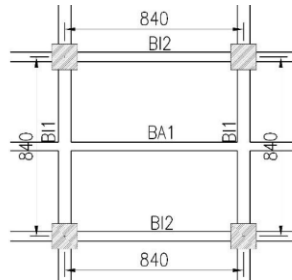


Gambar 4. Denah Lantai 5-27

3. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Preliminary Design Elemen Struktur

Denah balok induk dan balok anak dipaparkan pada Gambar 5 dan rekapitulasi *preliminary balok* dipaparkan pada Tabel 1. Rekapitulasi pelat pada Tabel 2. Dimensi kolom ditentukan dengan cara menghitung beban mati dan beban hidup kolom paling bawah sehingga ditemukan luasan penampang minimum kolom yang boleh digunakan. Tabel 3 adalah rekapitulasi dimensi kolom. Tabel 4 adalah rekapitulasi dimensi dinding geser.



Gambar 5. Denah balok induk dan balok anak

Tabel 1. Rekapitulasi *preliminary balok*

| No | Balok | Bentang (mm) | h min (mm) | b min (mm) | Dimensi | |
|----|-------|--------------|------------|------------|---------|--------|
| | | | | | h (mm) | b (mm) |
| 1 | BI1 | 8400 | 400 | 120 | 750 | 500 |
| 2 | BI2 | 8400 | 400 | 120 | 700 | 450 |
| 3 | BI3 | 2750 | 130 | 40 | 750 | 500 |
| 4 | BI4 | 4200 | 200 | 60 | 750 | 500 |
| 5 | BI5 | 6500 | 310 | 100 | 750 | 500 |
| 6 | BA1 | 8400 | 400 | 12 | 500 | 300 |
| 7 | BA2 | 2750 | 130 | 40 | 500 | 300 |

Tabel 2. Rekapitulasi pelat

| No | Pelat | Jenis pelat | Ln (cm) | h min (mm) | h pakai (mm) |
|----|-------|-------------|---------|------------|--------------|
| 1 | P1 | 2 arah | 7900 | 175,6 | 150 |
| 2 | P2 | 1 arah | 7900 | 175,6 | 150 |
| 3 | P3 | 1 arah | 7900 | 175,6 | 150 |
| 4 | P4 | 2 arah | 7900 | 175,6 | 125 |

Tabel 3. Rekapitulasi Dimensi Kolom

| No | Kolom | Dimensi (mm) | P _u (N) | A _g min (mm ²) | A _g pakai (mm ²) |
|----|-------|--------------|--------------------|---------------------------------------|---|
| 1 | K1 | 1200x1200 | 25111188,966 | 1434925,084 | 1440000 |

Tabel 4. Rekapitulasi Dimensi Dinding Geser

| preliminary dimensi | | | | |
|---------------------|--------------------|-----|--------------------|------|
| Arah x | | | | |
| SW | Bentang (cm) | 700 | Tebal minimum (cm) | 28 |
| | tinggi (cm) | 420 | Tebal minimum (cm) | 16,8 |
| | tebal dipakai (cm) | | | 40 |
| arah y | | | | |
| SW | Bentang (cm) | 840 | Tebal minimum (cm) | 33,6 |
| | tinggi (cm) | 420 | Tebal minimum (cm) | 16,8 |
| | tebal dipakai (cm) | | | 35 |

3.2 Pembebanan Struktur

Pembebanan pada struktur yang dihitung berdasarkan Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG) 1983, SNI-1727-2020 tentang beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain, serta SNI-1726-2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung dan nongedung.

- a. Beban mati (dead load)
 - 1. Berat struktur beton bertulang dihitung berdasarkan volume beton yang dipakai.
 - 2. Beban mati tambahan yang digunakan antara lain pasangan dinding bata ringan 100kg/m², spesi 21kg/cm², keramik 24 kg/m², dan plafond 18kg/m².
- b. Beban hidup (live load) (Tabel 5)
- c. Beban Angin (wind load)

Beban angin dihitung secara otomatis menggunakan perangkat lunak Autodesk RSAP 2024 dengan memasukan kecepatan angin dasar dari website BMKG wilayah Kota Depok Provinsi Jawa Barat dan arah angin. Arah angin yang dimasukan dalam perencanaan kali ini yaitu arah X+, X-, Y+ dan Y- (Gambar 6).
- d. Beban Hujan (rain load)

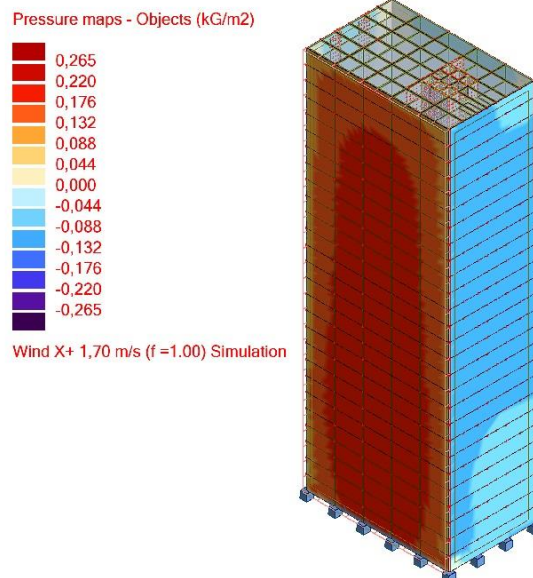
Beban air hujan yang bekerja pada gedung sebesar 40 kg/m².
- e. Beban Gempa

Beban gempa dihitung secara otomatis di perangkat lunak Autodesk RSAP 2024 dengan memasukan data kategori resiko, S1, Ss, TL, Ie, kelas situs, R, dan Cd (Gambar 7). Gambar 8 adalah grafik spektral percepatan.
- f. Kombinasi Pembebanan

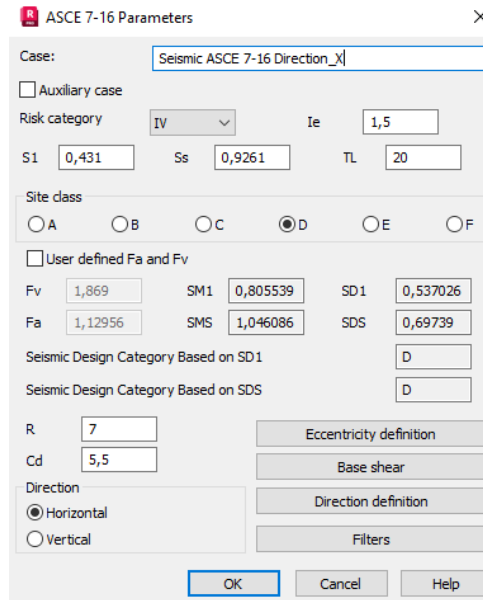
Kombinasi beban diatur dalam SNI 1726:2019 pasal 4.2.2 struktur, komponen-elemen struktur dan elemen-elemen fondasi harus didesain sedemikian hingga kuat rencananya sama atau melebihi pengaruh beban-beban terfaktor.

Tabel 5. Beban Hidup

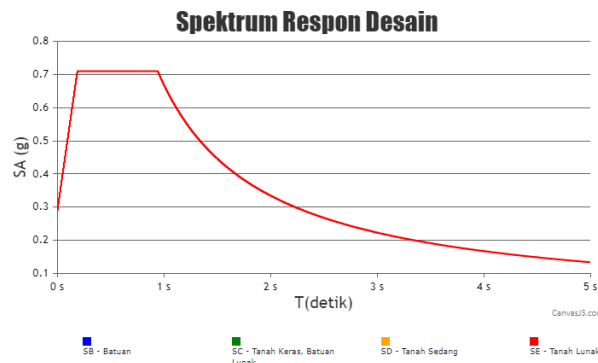
| No | Fungsi Ruang | Berat | Satuan |
|----|-------------------------------|---------|-------------------|
| 1 | Ruang Komputer | 380,348 | Kg/m ² |
| 2 | Atap | 76,228 | Kg/m ² |
| 3 | Ruang Kuliah | 152,457 | Kg/m ² |
| 4 | Koridor lantai pertama | 380,348 | Kg/m ² |
| 5 | Koridor diatas lantai pertama | 304,121 | Kg/m ² |
| 6 | Parkir | 1,33 | Kg/m ² |
| 7 | Elevator | 192 | Kn |



Gambar 6. Beban angin



Gambar 7. Input beban gempa



Gambar 8. Grafik Spektral Percepatan

3.3 Kontrol Akibat Beban Gempa

a. Modal partisipasi massa

Sesuai SNI 1726:2019 pasal 11.2.3.1 partisipasi massa ragam terkombinasi harus mencapai 90% pada setiap arah horizontal utama dari respon yang ditinjau oleh model. Nilai Partisipasi massa didapat dari analisis mode getaran menggunakan perangkat lunak Autodesk RSAP 2024 dengan 84 mode getaran. Didapatkan hasil partisipasi massa pada arah X sebesar 90,33% pada modal ke 21 dan arah y sebesar 90,08% pada modal ke 43, dapat dilihat pada Tabel 6.

b. Periode struktur (TC)

Nilai TC (Tabel 7) hasil dari perangkat lunak Autodesk RSAP 2024 adalah sebesar 4,91 untuk arah X dan 4,6 pada arah Y.

$$T_a = C_t \times h^x = 0,0488 \times 113,4^{0,75} = 1,6958 \text{ detik}$$

$$T_{max} = C_u \times T_a = 1,4 \times 1,6958 = 2,374 \text{ detik}$$

Nilai TC tidak boleh melebihi nilai koefisien untuk batasan pada periode fundamental pendekatan (T_a), nilai T_a didapatkan sebesar 1,6958 detik dan T_{max} sebesar 2,374 detik. Dapat disimpulkan bahwa periode getar alami struktur (T) adalah T_{max} sebesar 2,374 detik.

c. Nilai akhir respon spektrum (Tabel 8)

Analisis perbandingan gaya geser dasar statis harus memenuhi 100% gaya geser dinamik.

d. Simpangan Antar Lantai (Tabel 9)

Simpangan antar tingkat tidak boleh melebihi simpangan izin.

e. Kontrol Sistem Ganda (Tabel 10)

Sistem Ganda Pemikul Momen Khusus (SRPMK) harus memikul 25% gaya gempa desain.

Tabel 6. Partisipasi Mass

| Modal | Period (sec) | Rel.mas.UX (%) | Rel.mas.UY (%) |
|-------|--------------|----------------|----------------|
| 1 | 4,91 | 55,39 | 0 |
| 2 | 4,6 | 55,39 | 66,31 |
| 3 | 3,64 | 71,49 | 66,31 |
| ... | ... | ... | ... |
| 20 | 0,57 | 89,58 | 86,01 |
| 21 | 0,54 | 90,33 | 86,01 |
| 22 | 0,53 | 90,33 | 87,81 |
| ... | ... | ... | ... |
| 42 | 0,31 | 93,24 | 89,83 |
| 43 | 0,3 | 93,24 | 90,08 |
| 44 | 0,3 | 93,24 | 92,26 |
| ... | ... | ... | ... |

Tabel 7. Periode Struktur

| Modal | Frequency (Hz) | Period (sec) |
|-------|----------------|--------------|
| 1 | 0,2 | 4,91 |
| 2 | 0,22 | 4,6 |
| 3 | 0,27 | 3,64 |

Tabel 8. Analisa perbandingan geser statis dan dinamis

| Arah | Geser Dasar | | Faktor Skala V_s/V_D | Kontrol |
|------|------------------|-------------------|---------------------------|---------|
| | Statis (V_s) | Dinamik (V_D) | | |
| X | 13178,316 | 13178,316 | 100% | Ok |
| Y | 13178,316 | 13178,316 | 100% | Ok |

Tabel 9. Simpangan Lantai

| Lantai | Elastic Drift | | Tinggi Lantai | Inelastic Drift | | Simpangan Izin | Cek |
|--------|---------------|---------------|---------------|-----------------|------------|----------------|-----|
| | δ_{ex} | δ_{ey} | (mm) | Δ_x | Δ_y | (mm) | |
| | (mm) | (mm) | | (mm) | (mm) | | |
| 27 | 9,910 | 15,260 | 4200 | 36,337 | 55,953 | 84,000 | OK |
| 26 | 10,920 | 16,710 | 4200 | 40,040 | 61,270 | 84,000 | OK |
| 25 | 12,140 | 17,640 | 4200 | 44,513 | 64,680 | 84,000 | OK |
| 24 | 13,450 | 18,480 | 4200 | 49,317 | 67,760 | 84,000 | OK |
| 23 | 14,760 | 19,240 | 4200 | 54,120 | 70,547 | 84,000 | OK |
| 22 | 15,990 | 22,900 | 4200 | 58,630 | 83,967 | 84,000 | OK |
| 21 | 17,120 | 20,410 | 4200 | 62,773 | 74,837 | 84,000 | OK |
| 20 | 18,120 | 20,810 | 4200 | 66,440 | 76,303 | 84,000 | OK |
| 19 | 19,000 | 21,090 | 4200 | 69,667 | 77,330 | 84,000 | OK |
| 18 | 19,750 | 21,250 | 4200 | 72,417 | 77,917 | 84,000 | OK |
| 17 | 20,360 | 21,300 | 4200 | 74,653 | 78,100 | 84,000 | OK |
| 16 | 20,850 | 21,240 | 4200 | 76,450 | 77,880 | 84,000 | OK |
| 15 | 21,220 | 21,060 | 4200 | 77,807 | 77,220 | 84,000 | OK |
| 14 | 21,450 | 20,750 | 4200 | 78,650 | 76,083 | 84,000 | OK |
| 13 | 21,570 | 20,330 | 4200 | 79,090 | 74,543 | 84,000 | OK |
| 12 | 21,550 | 19,780 | 4200 | 79,017 | 72,527 | 84,000 | OK |
| 11 | 21,410 | 19,090 | 4200 | 78,503 | 69,997 | 84,000 | OK |
| 10 | 21,120 | 18,270 | 4200 | 77,440 | 66,990 | 84,000 | OK |
| 9 | 20,690 | 17,310 | 4200 | 75,863 | 63,470 | 84,000 | OK |
| 8 | 20,070 | 16,210 | 4200 | 73,590 | 59,437 | 84,000 | OK |
| 7 | 19,250 | 14,960 | 4200 | 70,583 | 54,853 | 84,000 | OK |
| 6 | 18,170 | 13,540 | 4200 | 66,623 | 49,647 | 84,000 | OK |
| 5 | 16,780 | 11,960 | 4200 | 61,527 | 43,853 | 84,000 | OK |
| 4 | 14,790 | 10,130 | 4200 | 54,230 | 37,143 | 84,000 | OK |
| 3 | 12,200 | 8,020 | 4200 | 44,733 | 29,407 | 84,000 | OK |
| 2 | 8,620 | 5,520 | 4200 | 31,607 | 20,240 | 84,000 | OK |
| 1 | 3,540 | 2,300 | 4200 | 12,980 | 8,433 | 84,000 | OK |

Tabel 10. Kontrol Sistem Ganda

| Sistem Rangka | Arah x KN | Persentase % | Arah Y | Persentase | Ket |
|---------------|-----------|--------------|-----------|------------|-----|
| Shewarwall | 9577,8177 | 75 | 14459,34 | 75 | Ok |
| SRPM | 3192,606 | 25 | 4819,7816 | 25 | Ok |
| Total | 12770,42 | 100 | 19279,126 | 100 | |

3.4 Perencanaan Elemen Struktur Beton Bertulang

Perencanaan struktur gedung kampus *Jakarta Global University Tower A* berbasis RSAP 2024 dan mengacu pada SNI 2847:2020.

a. Desain Struktur Balok

Dari hasil analisis dan perhitungan diperoleh dimensi balok 75/50, 70/45 dan 50/30 (Tabel 11).

Tabel 11. Rekapitulasi Tulangan Balok

| Nama balok | Lokasi | Tulangan | db (mm) | n (buah) | Tulangan Lentur | Tulangan Geser |
|------------|----------|----------|---------|----------|-----------------|------------------------------------|
| 50/30 | Tumpuan | Atas | 29 | 4 | 4D29 | <2h 9ø19-100 |
| | | Tengah | 22 | 2 | 2D22 | |
| | | Bawah | 29 | 2 | 2D29 | |
| | Lapangan | Atas | 29 | 4 | 4D29 | Di luar sendi plastis 5ø19-125 |
| | | Tengah | 22 | 2 | 2D22 | |
| | | Bawah | 29 | 2 | 2D29 | |
| 75/50 | Tumpuan | Atas | 29 | 5 | 5D29 | <2h 2ø19-100 |
| | | Tengah | 22 | 4 | 4D22 | |
| | | Bawah | 29 | 5 | 5D29 | |
| | Lapangan | Atas | 29 | 3 | 3D29 | Di luar sendi plastis ø19-125 |
| | | Tengah | 22 | 4 | 4D22 | |
| | | Bawah | 29 | 3 | 3D29 | |
| 70/45 | Tumpuan | Atas | 29 | 4 | 4D29 | <2h 4ø19-100 |
| | | Tengah | 22 | 2 | 2D22 | |
| | | Bawah | 29 | 4 | 4D29 | |
| | Lapangan | Atas | 29 | 3 | 3D29 | Di luar sendi plastis 10ø19-125 |
| | | Tengah | 22 | 2 | 2D22 | |
| | | Bawah | 29 | 3 | 3D29 | |

b. Desain struktur pelat

Dari hasil analisis diperoleh pelat lantai dengan tebal 150mm dengan penulangan dipaparkan pada Tabel 12.

c. Desain Struktur Kolom

Dari hasil dan perhitungan diperoleh dimensi 1200/1200 dengan penulangan pada Tabel 13.

d. Desain Struktur Dinding Geser

Dari hasil analisis dan perhitungan diperoleh tebal dinding geser sebesar 350 mm dan 400 mm dengan penulangan pada Tabel 14.

Tabel 12. Rekapitulasi Tulangan Pelat

| Tebal | Arah X | Arah Y |
|--------|---------|---------|
| 150 mm | ø16-200 | ø16-200 |
| 125 mm | ø10-250 | ø10-500 |

Tabel 13. Rekapitulasi Penulangan Kolom

| Longitudinal | Transversal | |
|--------------|-------------|------------|
| | Tumpuan | Lapangan |
| 36D36 | 5ø19 – 100 | 2ø19 – 125 |

Tabel 14. Penulangan Dinding Geser

| Tebal | Arah X | Arah Y |
|--------|---------|---------|
| 350 mm | D19-200 | D19-300 |
| 400 mm | D16-200 | D16-200 |

3.5 Integrasi Autodesk RSAP 2024 dengan Autodesk Revit 2024

Berikut (Gambar 9) merupakan hasil dari pengintegrasian model struktur dari *Autodek RSAP 2024* pada *Autodesk Revit 2024*.



Gambar 9. Integrasi Autodek Revit

4. KESIMPULAN

Berdasarkan keseluruhan hasil analisis yang telah dilakukan dalam penyusunan perencanaan struktur atas Gedung Kampus *Jakarta Global University Tower A* menggunakan sistem ganda (Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus dan Dinding Geser Bertulang Khusus) dapat disimpulkan beberapa hasil perencanaan dengan perumusan masalah sebagai berikut:

1. Perhitungan *Preliminary Design* sudah sesuai dengan perhitungan yang mengacu pada SNI 2847:2019.
2. Analisis struktur gedung menggunakan perangkat lunak *Autodek RSAP 2024*. Perhitungan respon spektrum dengan bantuan <https://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021/> wilayah gempa Kota Depok dan perhitungan berdasarkan SNI 1726:2019. Perhitungan pembebanan struktur berdasarkan SNI 1727:2020 dan PPIUG 1983.
3. Analisis struktur telah memenuhi kontrol syarat struktur Sistem Ganda (Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus dan Dinding Geser Bertulang Khusus) berdasarkan SNI 1726:2019 sebagai berikut:
 - a. Kontrol partisipasi massa: partisipasi massa sudah melebihi 90% pada setiap arah, dengan rincian arah X sebesar 90,33% pada modal ke-21 dan arah y sebesar 90,08% pada modal ke-43.
 - b. Kontrol periode getar: berdasarkan *output* pada perangkat lunak *Autodesk RSAP 2024* didapatkan T struktur sebesar 4,92 detik untuk arah x dan 4,6 untuk arah y. Dapat disimpulkan bahwa periode getar alami struktur (T) adalah T_{max} sebesar 2,374 detik.
 - c. Kontrol gaya geser dasar: gaya geser dasar gempa arah X statis 13178,316 = gaya geser dasar gempa arah X dinamik 13178,316. Gaya geser dasar gempa arah Y statis 13178,316 = gaya geser dasar gempa arah Y dinamik 13178,316. Dapat disimpulkan analisis perbandingan geser statis dan dinamis telah memenuhi syarat nilai akhir respon spektrum gedung yaitu sebesar 100% nilai respon statik.
 - d. Simpangan antar lantai: simpangan antar lantai terbesar 78,1 mm < 84 mm simpangan izin. Dapat disimpulkan simpangan antar lantai sudah memenuhi syarat drift ijin sebesar 0,01 tinggi tiap lantai.
 - e. Kontrol sistem ganda: Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus pada sistem struktur mampu menahan 3192,606 KN gaya gempa dari 12770,42 KN gaya gempa total arah X, dan mampu 4819,782 KN gaya gempa dari 19279,126 KN gaya gempa total arah Y. Dapat disimpulkan bahwa Sistem Rangka Pemikul Momen sudah memenuhi persyaratan SRPMK yaitu harus bisa menahan minimal 25% dari beban geser nominal total.

DAFTAR PUSTAKA

- Hutama, H.R., Sekarsari, J., 2018. Analisa Faktor Penghambat Penerapan Building Information Modeling dalam Proyek Konstruksi. *Jurnal Infrastruktur* 4, 25–31.
<https://doi.org/10.35814/infrastruktur.v4i1.716>
- Mukhtarudin, M., Isya, M., Hasan, M., 2022. Faktor-Faktor Hambatan dalam Pelaksanaan Proyek Konstruksi Jalan di Provinsi Aceh. *J. Arsip Rekayasa Sipil Perencanaan* 5, 308–317.
<https://doi.org/10.24815/jarsp.v5i4.27034>
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 22/PRT/M/2018 tentang Pembangunan Bangunan Gedung Negara, 2018.
- Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG) 1983, 1983.
PP No. 16 Tahun 2021, 2021.
- Purnomo, C.C., Hutabarat, L.E., Gultom, R.P.W., 2023. Kajian Tingkat Implementasi dan Hambatan Penggunaan Building Information Modelling (BIM). *Jurnal Rekayasa Teknik Sipil dan Lingkungan - CENTECH* 3, 68–76. <https://doi.org/10.33541/cen.v3i2.4451>
- Saputra, N.A., 2020. Perencanaan Struktur Beton Bertulang Gedung Apartemen 11 Lantai di Semarang (other). UNNES.
- SNI-1726-2019, 2019. Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan nongedung.
- SNI-1727-2020, 2020. Beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain.
- Wibowo, W., Purwanto, E., Winarno, A.Y., 2020. Pengaplikasian Building Information Modeling (Bim) dalam Rancangan Pembangunan Gedung Induk Universitas Aisyiyah Kartasura 8.