



PILARS

JURNAL SIPIL
DAN ARSITEKTUR

OPEN ACCESS



E-ISSN 2988-5973

JURNAL SIPIL DAN ARSITEKTUR



PILARS	Volume 3	Nomor 4	Desember 2025	Hal 211-280	Semarang-Jawa Tengah
---------------	-----------------	----------------	--------------------------	--------------------	-----------------------------



Departemen Sipil dan Perencanaan
Sekolah Vokasi
Universitas Diponegoro
Semarang - Jawa Tengah
Jl. Gubernur Mochtar, Tembalang, Kecamatan Tembalang,
Kota Semarang, Jawa Tengah 50275

JURNAL SIPIIL DAN ARSITEKTUR



Volume 3 Nomor 4 Desember 2025

Ketua Editor	: Asri Nurdiana, S.T., M.T.	(UNDIP)
Dewan Editor	: Oky Kurnia Putra, S.T.	(UNDIP)
	: Fadhil Muhammad Nuryanto, S.T., M.T.	(UNHAN)
Dewan Redaksi	: Drs. Hartono, M.T.	(UNDIP)
	Riza Susanti, S.T., M.T.	(UNDIP)
	Shifa Fauziyah, S.T., M.T.	(UNDIP)
	Previari Umi Pramesti, S.T., M.T.	(UNDIP)
	Ratih Widiastuti, S.T., M.T.	(UNDIP)
Dewan Reviewer	: Bambang Setiabudi, S.T., M.T.	(UNDIP)
	Dr. Arnis Rochma Harani, S.T., M.T.	(UNDIP)
	Dr. Resza Riskiyanto, S.T., M.T.	(UNDIP)
	Ir. M. Mirza Abdillah Pratama, S.T., M.T.	(UNM)
	Helen Gianditha Wayangkau	(UNCEN)

Jurnal Teknik Sipil dan Arsitektur (PILARS) merupakan jurnal terbuka berfokus pada karya ilmiah di bidang teknik sipil dan arsitektur. Jurnal PILARS terbit sebanyak 4 kali dalam satu tahun (Maret, Juni, September, dan Desember). Redaksi menerima artikel ilmiah terkait dengan hasil penelitian dan survei yang erat kaitannya dengan bidang teknik sipil dan arsitektur. Submit artikel melalui laman *website* <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/pilars/index>.

Penerbit :

Departemen Sipil dan Perencanaan

Alamat :

Departemen Sipil dan Perencanaan Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro Jl. Gubernur Mochtar, Tembalang, Kecamatan Tembalang, Kota Semarang, Jawa Tengah 5027

JURNAL SIPIL DAN ARSITEKTUR

Volume 3 Nomor 4 Desember 2025

DAFTAR ISI

1. Optimalisasi Pencahayaan Alami Melalui Penerapan Void dan Skylight pada Gedung Terpadu UIN Sunan Kalijaga
(Nimas Violina, Mohammad Sahid Indraswara, Chely Novia Bramiana)211-218
2. Redesign Struktur Bangunan Gedung Utama Indonesia Manufacturing Center Berbasis Building Information Modeling 5D
(Dinda Rizki Pratiwi, Okta Dewi Saputri, Bambang Setiabudi, Asri Nurdiana)219-227
3. Studi Eksperimen Kuat Tekan Beton Eco- Friendly Menggunakan Abu Daun Pisang Sebagai Subtitusi Pada Semen dan Penambahan Limbah Beton Sebagai Subtitusi Agregat Kasar
(Hartono Hartono, Shifa Fauziyah, Azzahra Roya, Nanda Fauziah).....228-234
4. Penerapan Building Information Modeling (Bim) 5D dalam Perencanaan Ulang Struktur Gedung Rumah Sakit Kasih Ibu Surakarta
(Dhanisa Alifia Rachma, Amelia Vista Br Purba, Asri Nurdiana, Bambang Setiabudi)235-241
5. Integrasi BIM 5D pada Perencanaan Ulang Struktur Bangunan Gedung Parkir Dinas Teknis Jatibaru
(Nur Hafshah, Naura Rahma Pramudhita, Bambang Setiabudi, Anita Lestari Condro Winarsih)
.....242-251
6. Perencanaan Ulang Gedung Pusat Terpadu RSUD Sidoarjo dengan Integrasi BIM (Building Information Modelling) 5D
(Muhammad Raihan Abiyyu Darmawan)252-267
7. Redesain Gedung Proyek Pembangunan Klinik SUPERSKIN Semarang Berbasis Information Modelling (BIM) 4D
(Farhan Fajrul Falah).....268-280



Optimalisasi pencahayaan alami melalui penerapan *void* dan *skylight* pada Gedung Terpadu UIN Sunan Kalijaga

Nimas Violina^{a*}, Mohammad Sahid Indraswara^a, Chely Novia Bramiana^a

^{a*}*Teknik Infrastruktur Sipil dan Perancangan Arsitektur, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro, Indonesia*

ARTICLE INFO

Corresponding author:

Email:

nimasviolina@students.undip.ac.id

Article history:

Received : 14 December 2025

Revised : 20 December 2025

Accepted : 21 December 2025

Publish : 25 December 2025

Keywords:

DALUX evo, daylighting, passive redesign, SNI 6197:2020, technical design study, void

ABSTRAK

Energy consumption in the building sector, especially for lighting systems in tropical climates like Indonesia, is a crucial issue. The Integrated Building of UIN Sunan Kalijaga faces significant challenges regarding visual comfort and energy efficiency due to non-responsive facade design, resulting in low daylight penetration ("room within a room" problem) and potential glare in perimeter areas. This study aims to redesign the building using a passive design approach to improve Daylighting performance to meet SNI 6197:2020 standards. The method used is descriptive quantitative and quasi-experimental with DIALux evo simulation. Redesign strategies focus on passive interventions, including layout shifting, creation of vertical Voids and central Skylights for top-lighting, as well as optimization of Curtain Walls and shading systems. Post-redesign simulation results show that these interventions significantly increase the average Illuminance ($E_{average}$) to >350 Lux and achieve a more uniform light distribution according to the target. These findings are translated into Technical Design Studies (DED, RKS, and RAB) as a guide for implementing measurable passive architecture solutions.

Copyright © 2025 PILARS-UNDIP

1. Pendahuluan

Pembangunan berkelanjutan (*sustainable development*) telah menjadi paradigma utama dalam arsitektur modern, merespons krisis energi dan perubahan iklim global. Di Indonesia, sebagai negara beriklim tropis lembap, tantangan terbesar dalam operasional bangunan gedung adalah tingginya konsumsi energi untuk pengondisian udara dan pencahayaan buatan. Oleh karena itu, penerapan strategi desain pasif khususnya optimalisasi pencahayaan alami (*daylighting*) menjadi solusi krusial untuk mengurangi beban energi sekaligus meningkatkan kualitas lingkungan dalam ruang.

Berdasarkan observasi lapangan dan analisis awal, gedung ini memiliki massa bangunan yang tebal dengan konfigurasi ruang yang kompleks ("ruang dalam ruang"). Kondisi ini menyebabkan cahaya matahari dari bukaan fasad samping (*side-lighting*) tidak mampu menembus hingga ke area inti bangunan. Akibatnya, ruang-ruang fungsional seperti ruang kelas dan kantor mengalami defisit cahaya alami yang parah, memaksa penggunaan lampu listrik secara penuh sepanjang hari operasional. Di sisi lain, area yang berbatasan langsung dengan kulit luar bangunan sering kali mengalami silau (*glare*) dan panas berlebih.

Penelitian ini bertujuan untuk merumuskan solusi redesain arsitektural berbasis pasif yang komprehensif. Tujuan utamanya adalah meningkatkan intensitas pencahayaan rata-rata ($E_{average}$) agar memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI) 6197:2020, serta memperbaiki distribusi cahaya agar lebih seragam. Kebaruan (*novelty*) penelitian ini terletak pada integrasi simulasi komputasional DIALux evo dalam memvalidasi efektivitas intervensi struktural masif berupa penambahan *void* dan *skylight* pada bangunan eksisting.

2. Data dan Metode

2.1. Metode penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan metode campuran (*mixed-method*) dengan fokus utama kuantitatif. Metode deskriptif kuantitatif digunakan untuk menganalisis kondisi eksisting, sedangkan metode eksperimen semu (*quasi-experimental*) digunakan untuk menguji efektivitas intervensi redesain arsitektur pasif pada model digital.

2.2. Objek penelitian

Objek penelitian adalah Gedung Terpadu UIN Sunan Kalijaga, Yogyakarta. Fokus analisis diarahkan pada ruang-ruang interior ("ruang dalam ruang") di Lantai 1 hingga Lantai 4 yang mengalami defisit cahaya alami.

2.3. Pengumpulan dan analisis data

Pengumpulan data teknis meliputi data geometri bangunan (dimensi ruang, bukaan fasad) dan data lokasi geografis untuk simulasi lintasan matahari. Simulasi dilakukan menggunakan DIALux evo pada kondisi langit cerah (*Clear Sky*) pukul 12:00 WIB untuk mereplikasi kondisi pencahayaan maksimal. Hasil simulasi berupa nilai Intensitas Pencahayaan (Lux) dan distribusi cahaya (Peta Isolux) dibandingkan dengan standar SNI 6197:2020 (minimal 350 Lux untuk ruang kelas/kerja). Adapun lokasi penelitian ditunjukkan pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Gedung Kuliah Terpadu UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

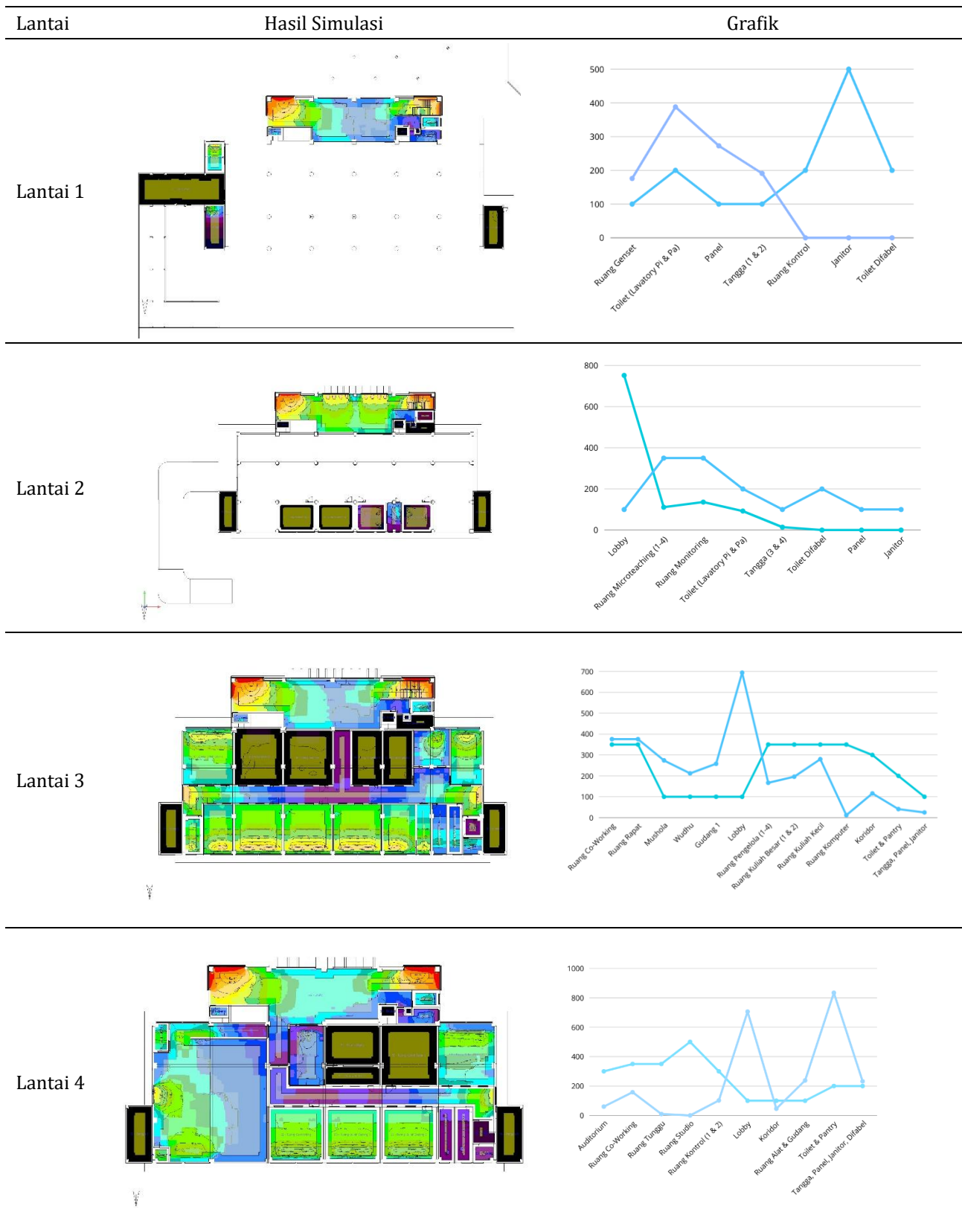
3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Analisis kinerja kondisi eksisting

Hasil simulasi DIALux evo pada model eksisting menunjukkan adanya kesenjangan kinerja yang ekstrem antara area perimeter dan area interior yang dijelaskan sebagai berikut.

- 1) Lantai 1: Area Lobby memiliki intensitas cahaya sangat tinggi (~520 Lux), terindikasi mengalami silau. Sebaliknya, ruang-ruang fungsional di bagian dalam memiliki intensitas rata-rata di bawah 50 Lux.
- 2) Lantai 3 & 4: Pola yang sama terjadi di lantai atas. Ruang kelas di dalam berada dalam kondisi "gelap" dengan intensitas mendekati 0-20 Lux. Peta isolux memperlihatkan dominasi warna biru tua di tengah bangunan, mengonfirmasi kegagalan sistem *side-lighting* dalam menjangkau kedalaman ruang.

Adapun rekapitulasi evaluasi pada masing-masing lantai ditunjukkan pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Hasil simulasi dialux pada kondisi eksisting bangunan

Hasil evaluasi secara konsisten menunjukkan sebuah pola yang problematik pada desain pencahayaan alami Gedung Terpadu. Terdapat perbedaan ekstrem antara area komunal yang berdekatan dengan fasad dan ruang-ruang fungsional yang berada lebih dalam atau memiliki bukaan terbatas. Area *Over-lit vs. Un der-lit* Lobi di setiap lantai secara signifikan melebihi standar (*over-lit*), dengan tingkat iluminasi 5 hingga 7 kali lipat dari yang dibutuhkan. Meskipun terang, tingkat cahaya yang berlebihan dan tidak merata dapat menyebabkan silau dan ketidaknyamanan termal. Sebaliknya,

mayoritas ruang yang menjadi fungsi utama bangunan seperti ruang kuliah, ruang *microteaching*, dan ruang kerja justru kekurangan cahaya parah (*under-lit*). Nilai iluminasi yang hanya mencapai 0.086 - 1.11 lux pada Ruang *Microteaching* Lantai 2 menunjukkan bahwa ruangan tersebut hampir sepenuhnya bergantung pada pencahayaan buatan di sepanjang hari.

Kegagalan pencahayaan alami pada ruang-ruang seperti Ruang Kuliah , Ruang *Microteaching* , Ruang Komputer , dan Auditorium adalah temuan paling kritis. Ruang-ruang ini membutuhkan kualitas visual yang tinggi untuk mendukung aktivitas belajar, membaca, dan presentasi. Tingkat cahaya yang tidak memadai dapat menyebabkan kelelahan mata, penurunan konsentrasi, dan pada akhirnya menurunkan efektivitas kegiatan akademik.

Keterbatasan Standar Target Perlu dicatat bahwa terdapat potensi ketidaksesuaian pada beberapa target standar yang digunakan dalam simulasi. Sebagai contoh, target untuk Koridor di Lantai 3 ditetapkan sebesar 300 lux , padahal standar SNI umumnya merekomendasikan 100 lux untuk koridor. Begitu pula dengan target Janitor sebesar 500 lux yang jauh lebih tinggi dari standar umum untuk gudang (50-100 lux). Meskipun penyesuaian target ini dapat mengubah status "Tidak Memenuhi" pada beberapa ruang servis, hal ini tidak mengubah kesimpulan utama bahwa ruang-ruang fungsional yang paling penting mengalami defisit pencahayaan yang sangat besar.

3.2. Rekomendasi desain

Berdasarkan hasil evaluasi yang menunjukkan kinerja pencahayaan alami yang belum optimal, terutama pada ruang-ruang fungsional vital, diperlukan serangkaian rekomendasi redesain. Tujuan utama dari rekomendasi ini adalah untuk memaksimalkan masuknya cahaya alami, mendistribusikannya secara merata ke seluruh ruangan, serta mengontrol panas dan silau untuk mencapai kenyamanan visual sesuai standar SNI 6197:2020. Rekomendasi dibagi menjadi tiga area intervensi utama: fasad dan bukaan.

3.2.1. Redesain fasad dan bukaan

Intervensi pada fasad dan bukaan merupakan langkah paling kritis mengingat banyak ruang fungsional seperti ruang kuliah dan ruang kerja yang sangat gelap.

a) Transformasi tata ruang dan struktur (*layouting*)

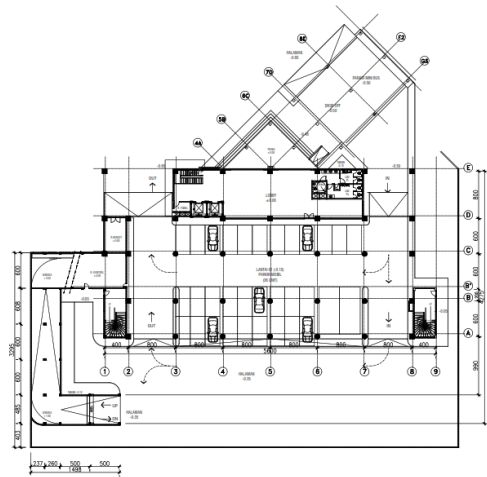
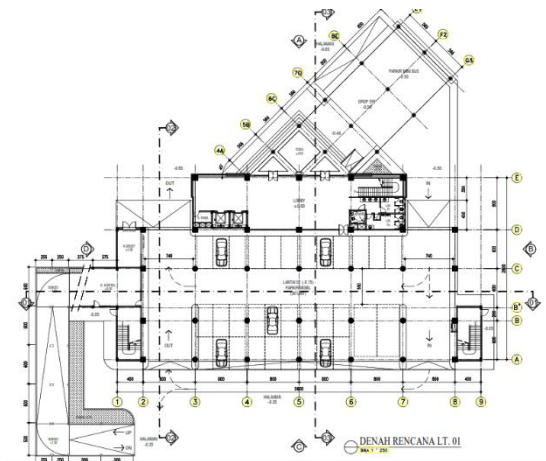
Konfigurasi denah diubah total dari *double-loaded* menjadi *single-loaded* sebagai berikut.

- 1) Zona Tengah: Area tengah yang sebelumnya padat oleh fungsi ruang dikosongkan sepenuhnya menjadi Void (Atrium) yang menerus dari atap hingga Lantai 2.
- 2) Perluasan Massa: Dilakukan penambahan struktur kolom baru di fasad depan untuk memperluas pelat lantai ke arah luar. Ruang-ruang kelas dipindahkan ke area perluasan ini (perimeter) untuk mendapatkan akses cahaya langsung dari samping (*side-lighting*).

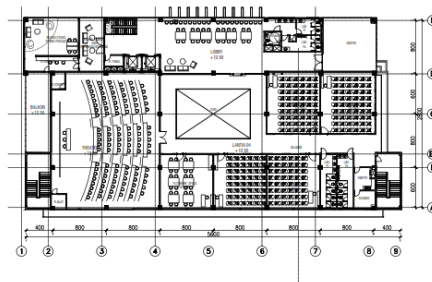
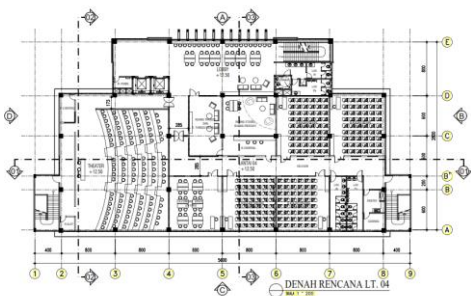
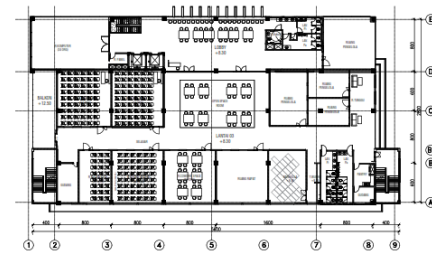
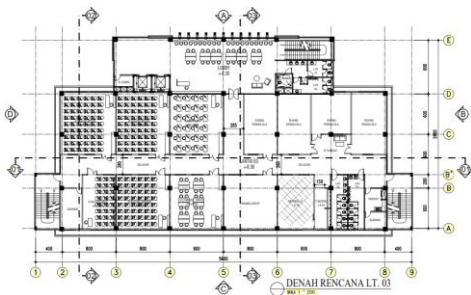
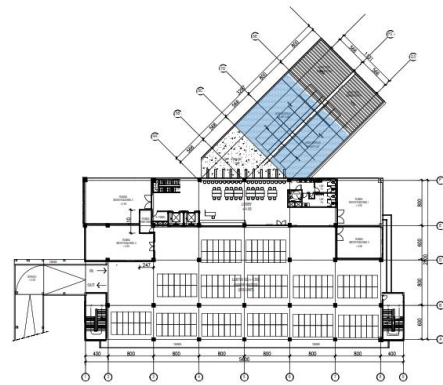
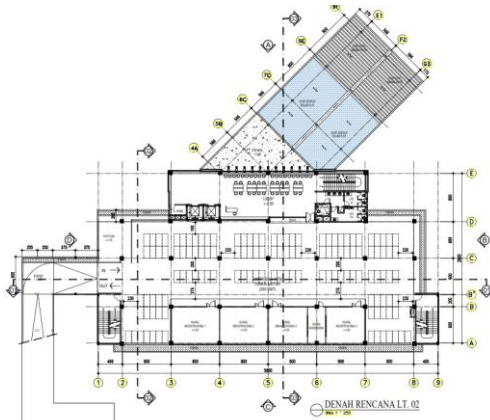
Adapun rekapitulasi transformasi tata ruang dan struktur ditunjukkan pada **Gambar 3**.

Denah Eksisting

Denah Redesain



DENAH RENCANA LANTAI 1
SKALA 1:100



Gambar 3. Transformasi tata ruang dan struktur

b) Integrasi sistem *top-lighting* (*skylight*)

Pada atap Lantai 4, tepat di atas posisi Void baru, dipasang sistem *Skylight* memanjang.

- 1) Fungsi: Menangkap cahaya matahari vertikal (*zenith*) dan menyalurkannya ke "sumur cahaya" (*void*) di bawahnya.
- 2) Spesifikasi Material: Menggunakan kaca *Laminated Low-E* atau *Polycarbonate* dengan pelindung UV. Material ini dipilih untuk memfilter radiasi panas (inframerah) namun tetap meneruskan cahaya tampak (*Visible Light Transmittance* tinggi) guna mencegah peningkatan beban pendinginan.

c) Optimalisasi fasad (*Curtain wall*)

Fasad bangunan diganti dengan sistem *Curtain Wall* untuk memaksimalkan bukaan. Spesifikasi Kaca: Menggunakan kaca *Tinted Glass* tipe *Dark Blue Tempered* tebal 8mm. Kaca ini memiliki *Shading Coefficient* (SC) rendah yang efektif mengurangi silau pada area tepi, sekaligus memberikan estetika modern seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 4**.



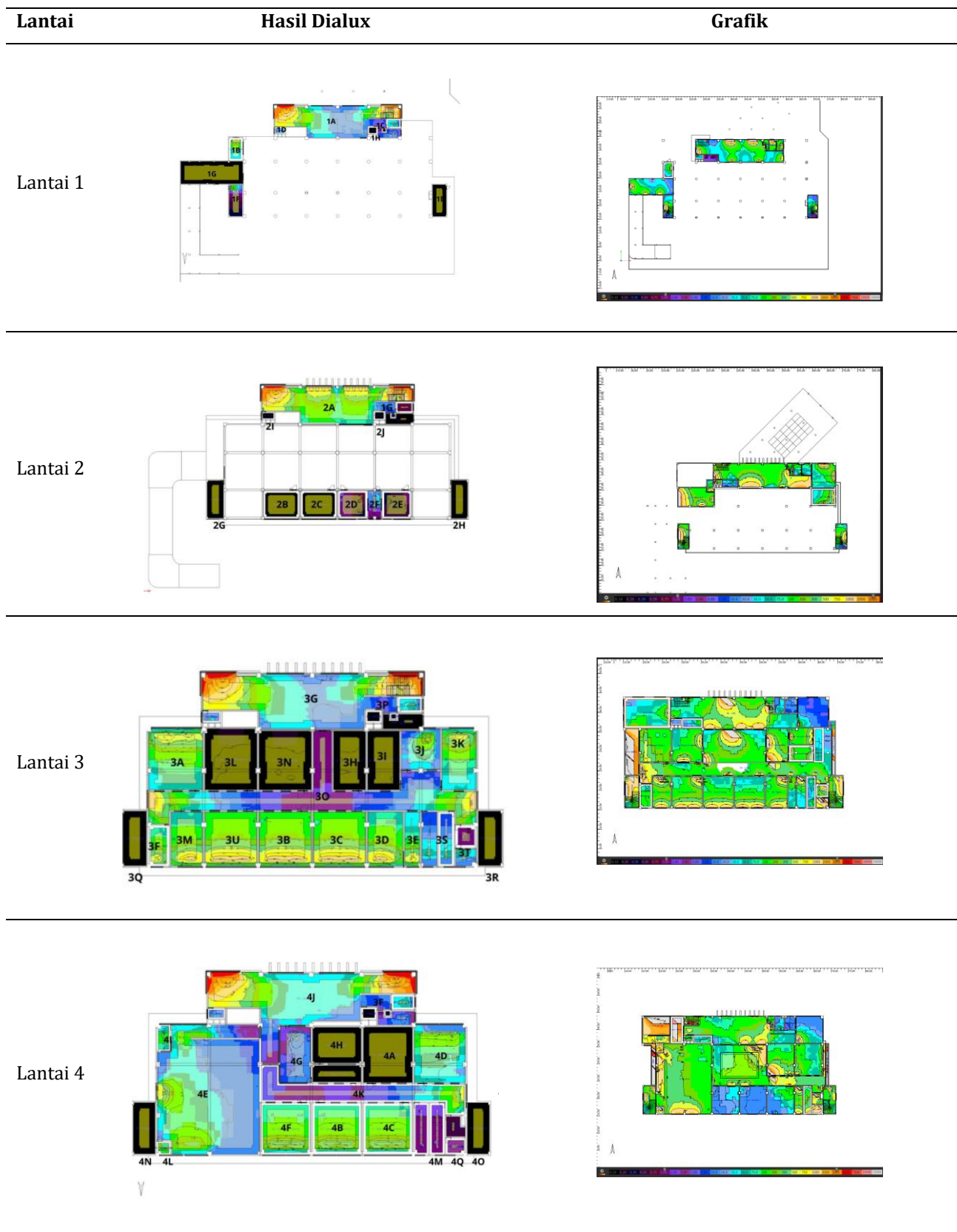
Gambar 4. Redesain Gedung Terpadu

3.3. Evaluasi kinerja pasca redesain

Simulasi ulang pada model pasca-redesain menunjukkan peningkatan kinerja yang signifikan.

- 1) Peningkatan Intensitas Cahaya: Ruang-ruang kelas yang sebelumnya gelap kini mendapatkan suplai cahaya dari dua arah: *side-lighting* dari *curtain wall* dan *top-lighting* bias dari *void*. Rata-rata intensitas pencahayaan meningkat drastis hingga memenuhi target >350 Lux.
- 2) Distribusi Merata (Uniformitas): Peta isolux menunjukkan gradasi warna yang lebih halus (dominasi warna hijau-kuning), mengindikasikan distribusi cahaya yang merata hingga ke sudut ruangan. Area gelap (*under-lit*) di tengah bangunan berhasil dihilangkan berkat adanya *void*.
- 3) Pengendalian Silau: Penggunaan kaca *Dark Blue* pada fasad berhasil meredam intensitas cahaya berlebih di area perimeter, sehingga risiko *glare* dapat diminimalisasi.

Adapun hasil evaluasi kinerja pasca redesain ditunjukkan pada **Gambar 5**.



Gambar 5. Evaluasi kinerja pasca redesain

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan simulasi komputasional, dapat disimpulkan bahwa desain eksisting Gedung Terpadu UIN Sunan Kalijaga mengalami kegagalan kinerja pencahayaan alami yang kritis, terutama pada zona inti bangunan. Pendekatan redesain pasif yang diusulkan terbukti efektif sebagai

solusi. Intervensi kunci meliputi: (1) **Transformasi tata ruang** dengan memindahkan fungsi utama ke perimeter, (2) **Penciptaan Void vertikal** sebagai jalur distribusi cahaya, dan (3) **Penerapan Skylight sentral** dengan material kaca performa tinggi. Hasil simulasi DIALux evo mengonfirmasi bahwa strategi ini mampu meningkatkan intensitas pencahayaan rata-rata hingga memenuhi standar **SNI 6197:2020 (>350 Lux)** dan menciptakan distribusi cahaya yang seragam. Penelitian ini merekomendasikan implementasi desain tersebut melalui dokumen teknis (DED, RKS) sebagai acuan renovasi fisik guna mewujudkan bangunan pendidikan yang hemat energi dan nyaman secara visual. Material interior untuk meningkatkan distribusi cahaya alami secara lebih efektif dan merata di seluruh bangunan.

Referensi

- Yuniar, E., Dwicahyo, S., Harmanda, S. J., Putra, D. K., & Wijaya, F. R. (2014). Kajian Pencahayaan Alami pada Bangunan Villa Isola Bandung. *Jurnal Reka Karsa ©Teknik Arsitektur Itenas*, 2(1), 1.
- Vidiyanti, C., Siswanto, R., & Ramadhan, F. (2020). Pengaruh Bukaannya Terhadap Pencahayaan Alami Dan Penghawaan Alami Pada Masjid Al Ahdhar Bekasi. *Jurnal Arsitektur ZONASI*, 3(1), 20–33. <https://doi.org/10.17509/jaz.v3i1.18621>
- Vidiyanti, C., Tambunan, S. F. D. B., & Alfian, Y. (2018). Kualitas Pencahayaan Alami dan Penghawaan Alami Pada Bangunan Dengan Fasade Roster, Studi Kasus: Ruang Sholat Masjid Bani Umar Bintaro. *Vitruvian Jurnal Arsitektur, Bangunan, & Lingkungan*, 7(2), 99–106.
- Thojib, J., & Adhitama, M. S. (2013). Kenyamanan visual melalui pencahayaan alami pada kantor. *Jurnal RUAS*, 11(ISSN 1693-3702), 10–15.
- Rezka, A., Prodi, A., Seni, I., Islam, A., Ushuluddin, F., & Humaniora, D. (n.d.). *OPTIMALISASI PENCAHAYAAN ALAMI PADA RUANG PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO SEMARANG* Title: *Optimization of Daylighting*.
- Ornam, K. (2010). Kajian Koordinasi Sistem Pencahayaan Alami. *Unity Jurnal Arsitektur*, 1(1), 1–10.
- Nurhaiza, N., & Lisa, N. P. (2019). Optimalisasi Pencahayaan Alami pada Ruang. *Arsitekno*, 7(7), 32. <https://doi.org/10.29103/arj.v7i7.1234>
- Milaningrum, T. H. (2015). Optimalisasi Pencahayaan Alami dalam Efisiensi Energi di Perpustakaan UGM. *Prosiding Seminar Topik Khusus*, 1–10.
- Collins, S. P., Storrow, A., Liu, D., Jenkins, C. A., Miller, K. F., Kampe, C., & Butler, J. (2021). No Title 濟無No Title No Title No Title, 167–186.
- Gedung, T. cara perancangan sistem pencahayaan buatan pada bangunan. (1991). *Tata cara perancangan sistem pencahayaan buatan pada bangunan gedung. Sni 03-2396-1991*.
- Dewantoro, F., Budi, W. S., & Prianto, E. (2019). Kajian Pencahayaan Alami Ruang Baca Perpustakaan Universitas Indonesia. *Jurnal Arsitektur ARCADE*, 3(1), 94. <https://doi.org/10.31848/arcade.v3i1.162>
- Dewantoro, F. (2021). Kajian Pencahayaan dan Penghawaan Alami Desain Hotel Resort Kota Batu Pada Iklim Tropis. *JICE (Journal of Infrastructural in Civil Engineering)*, 2(01), 1. <https://doi.org/10.33365/jice.v2i01.1019>
- Athailah, A., Iqbal, M., & Situmeang, I. S. (2017). Simulasi Pencahayaan Alami Pada Gedung Program Studi Arsitektur Universitas Malikussaleh. *NALARS*, 16(2), 113. <https://doi.org/10.24853/nalars.16.2.113-124>



Redesain struktur bangunan Gedung Utama Indonesia *Manufacturing Center* berbasis Building Information Modeling 5D

Dinda Rizki Pratiwi^{a*}, Okta Dewi Saputri^a, Bambang Setiabudi^a, Asri Nurdiana^a

^{a*}*Teknik Infrastruktur Sipil dan Perancangan Arsitektur, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro, Indonesia*

ARTICLE INFO

Corresponding author:

Email:

Dindarizki487@gmail.com

Article history:

Received : 04 July 2025

Revised : 20 December 2025

Accepted : 21 December 2025

Publish : 25 December 2025

Keywords:

Building information modeling, construction cost estimation, structural redesign, structural analysis

ABSTRAK

The development of increasingly sophisticated technology forces evaluation of construction methods with the speedy development in Indonesia. Strengthened by PUPR Ministerial Regulation No. 22 of 2018 which requires the application of BIM in building construction. Therefore, this planning will center on redesign the Indonesia Manufacturing Center Main Building Project based on Building Information Modeling (BIM) which aims to understand and analyze structural work planning, cost estimation and scheduling. The methods used in this planning are planning data from the Indonesia Manufacturing Center Main Building Project, case studies and literature studies from various verified sources. The stages in preparing this Final Project start from load analysis and dimensional planning, followed by structural analysis with SAP 2000 and 3D modeling with Autodesk Revit. Then the volume results from Autodesk Revit are used for planning cost estimates and scheduling using Microsoft Excel and Microsoft Project which are integrated with Autodesk Naviswork. The results of this planning are a Cost Budget Plan including 11% VAT with a total price of IDR 36,656,464.219,89 and schedule with an implementation duration of 23 weeks.

Copyright © 2025 PILARS-UNDIP

1. Pendahuluan

Evaluasi metode pelaksanaan konstruksi perlu dilakukan seiring dengan meningkatnya laju pembangunan di Indonesia. Hal ini juga merupakan imbas dari perkembangan teknologi yang semakin canggih di bidang konstruksi. Seperti yang tercantum dalam lampiran Permen PUPR No 22 tahun 2018, penggunaan *Building Information Modeling* (BIM) wajib diterapkan pada konstruksi bangunan dengan luas di atas 2000 m² dan di atas dua lantai, sehingga mendesak para penyedia jasa konstruksi untuk mengusung konsep BIM dalam pelaksanaan proyek. *Building Information Modeling* (BIM) merupakan pemodelan desain bangunan yang mampu mengelola data proses konstruksi dimulai dari *modeling* hingga *scheduling* (Putri, I. Z., 2021).

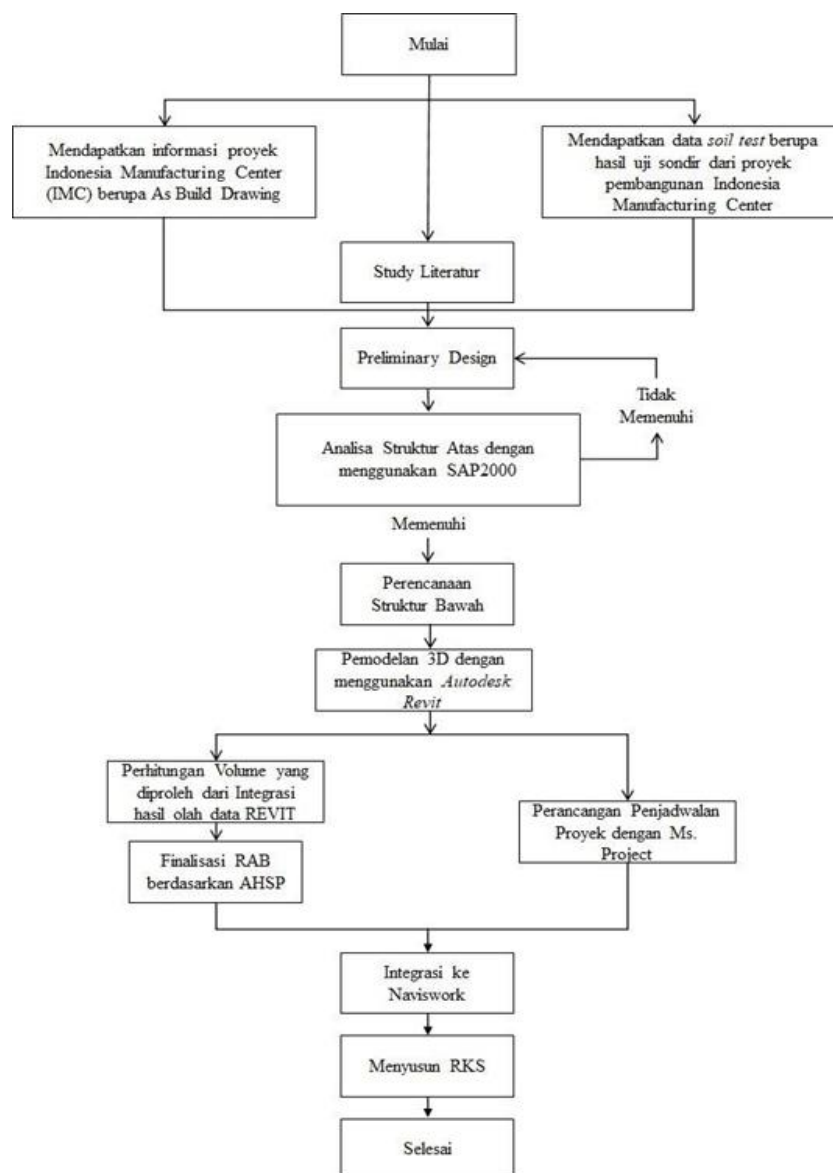
Perencanaan bangunan menggunakan metode konvensional masih marak digunakan, namun apabila terjadi perubahan maka perlu dilakukan perubahan data satu per satu karena tidak terintegrasi menjadi satu kesatuan (Wibowo, A., 2021). Untuk itu, penerapan BIM dianggap memiliki keuntungan dibandingkan dengan metode konvensional dan hasil yang didapatkan menjadi lebih efisien dan efektif. Selain itu, penggunaan BIM dapat meminimalisasi terjadinya kelalaian akibat *human error* (Nelson dan Sekarsari, J., 2019). Maka, fokus dari penelitian ini adalah proses perencanaan ulang struktur Gedung Utama Indonesia Manufacturing Center berbasis BIM yang dalam perencanaannya menggunakan *software* SAP 2000, *Autodesk Revit*, dan *Autodesk Naviswork*. Acuan dari perencanaan ulang ini, yaitu SNI 2847-2019 mengenai syarat perencanaan beton struktural, SNI 1727-2020 mengenai tinjauan beban minimum, dan SNI 1726-2019 untuk standar ketahanan gempa struktur. Pengaplikasian *Autodesk Revit* dalam penelitian ini guna memodelkan 3D Design dan perhitungan volume sebagai dasar perhitungan RAB. Analisa struktur guna memastikan kekuatan struktur bangunan gedung

menggunakan SAP 2000. Peran *Autodesk Naviswork* dalam perencanaan ini, yaitu dalam proses penjadwalan dan pengendalian proyek yang terintegrasi dengan *Autodesk Revit*.

2. Data dan Metode

Gedung Utama Indonesia *Manufacturing Center* bertempat di Purwakarta, Jawa Barat yang memiliki enam lantai. Dalam perencanaan ini, gedung tersebut akan direncanakan menjadi tujuh lantai dengan menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus. Gedung Utama IMC berada pada kategori risiko II yang merupakan gedung perkantoran dan klasifikasi tanah sedang (SD) serta kategori desain seismik level D.

Perencanaan ulang struktur bangunan Gedung Utama Indonesia *Manufacturing Center* ini disesuaikan berdasarkan diagram alir rencana yang terdapat sembilan fase utama, yaitu *preliminary design*, analisis struktur, perencanaan struktur bawah, pemodelan bangunan 3D menggunakan *Autodesk Revit*, perhitungan ulang RAB, perencanaan ulang penjadwalan proyek, dan penyusunan RKS. Diagram alir rencana terdapat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Diagram alir rencana

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Preliminary design

A) Preliminary design plat

Dalam SNI 2847-2019 tercantum syarat penentuan tipe dan ketebalan minimum plat. Jika L_y (bentang terpanjang) / L_x (bentang terpendek) ≥ 2 , maka dikategorikan sebagai plat satu arah. Sedangkan jika $L_y/L_x \leq 2$, maka termasuk dalam kategori plat dua arah. Untuk ketebalan minimum plat dapat disesuaikan dengan kondisi tumpuan yang persyaratannya sudah tertera pada SNI 2847-2019 pasal 7.3.1 dan 8.3.1. Adapun hasil perencanaan tebal plat disajikan pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Hasil rencana tebal plat

Dimensi		Tipe plat		Tebal minimum	Tebal pakai (cm)
L_y (m)	L_x (m)	L_y/L_x	Tipe		
11,12	3	3,707	1 arah	10,714	12,00

B) Preliminary design balok

Penentuan dimensi balok menggunakan SNI 2847-2019 pasal 9.3 sebagai acuan. Selain itu, pada SNI 2847-2019 pasal 18.6.2.1 disebutkan bahwa lebar balok (b) minimal 0,3 dari tinggi balok rencana (h). Dalam perencanaan ini, tinggi balok induk $1/12$ dari panjang bentangnya (L). Sedangkan balok anak $1/16 L$ dan lebar balok direncanakan $1/2$ dari tinggi balok rencana (h). Adapun rekapitulasi dimensi balok disajikan pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Rekapitulasi dimensi balok

No	Tipe balok	Dimensi		Bentang (L)	h_{min}	b_{min}	d	L_n	Syarat tinggi efektif	Syarat lebar efektif
		h	b							
1	B1	950	500	11120	926,67	475	910	10395	OK	OK
2	B2	750	400	8779	731,58	375	710	8204	OK	OK
3	B4	550	300	6438	536,5	275	510	6013	OK	OK
4	B4L1	550	300	6000	500	275	510	5575	OK	OK
5	B4L2	550	300	6000	500	275	510	5575	OK	OK
6	B3L1	650	350	6000	500	325	610	5625	OK	OK
7	B3L2	650	350	6000	500	325	610	5625	OK	OK
8	B2L	750	400	6000	500	375	710	5425	OK	OK
9	B3D	650	350	6438	536,5	325	610	5938	OK	OK
10	B3	650	350	9950	621,88	325	610	9610	OK	OK
11	B5	500	250	7609	475,56	250	460	7234	OK	OK
12	B6	400	200	4264	266,5	100	360	3964	OK	OK
13	B7	300	150	2950	184,38	75	260	2725	OK	OK
14	B8	250	150	3300	206,25	75	210	3100	OK	OK
15	TB1	950	500	11120	926,67	475	900	10395	OK	OK
16	TB2	750	400	8779	731,58	375	700	8204	OK	OK
17	TB3	550	300	6438	536,5	275	500	6013	OK	OK
18	TB3L	550	300	6100	508,33	150	500	5675	OK	OK
19	TB4L1	500	250	6000	500	125	450	5625	OK	OK
20	TB4L2	500	250	6000	500	125	450	5625	OK	OK
21	TB1L	950	500	10400	866,67	250	900	9675	OK	OK
22	TB4	500	250	2380	198,33	125	450	2005	OK	OK
23	TB8	250	150	3440	215	75	200	3240	OK	OK

C) Preliminary design kolom

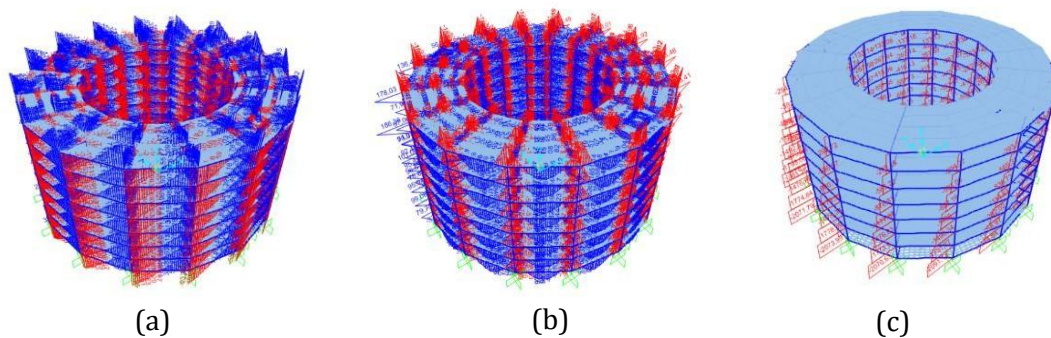
Dalam perencanaan ini, direncanakan dimensi kolom $> b$ balok. Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan, dihasilkan *preliminary design* kolom yang tercantum dalam **Tabel 3**.

Tabel 3. Rekapitulasi dimensi kolom

Type	Dimensi
K1	600 x 550
K2	700 x 650
K3	800 x 750

3.2. Analisis struktur atas dengan SAP2000

Analisis struktur atas dilakukan dengan program pemodelan struktur, yaitu SAP2000. Diawali dengan pemodelan struktur pekerjaan sesuai rencana dan kemudian dilakukan penginputan pembebanan yang meliputi beban mati, beban hidup, dan beban gempa sesuai dengan SNI dan PPIUG. Setelah menginput pembebanan, dilakukan analisis struktur guna memastikan kelayakan dimensi struktur yang telah direncanakan. *Output* yang dihasilkan dari analisa struktur menggunakan SAP2000 ini di antaranya berupa gaya lintang, momen, dan gaya aksial. Selain itu, dihasilkan nilai A_s perlu dan momen untuk menentukan jumlah kebutuhan tulangan utama serta nilai A_v/S perlu dan nilai gaya geser guna menentukan jumlah kebutuhan tulangan sengkang pada komponen struktur seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 2**.



Gambar 2. (a) gaya lintang; (b) momen; (c) gaya aksial

3.3. Penulangan struktur atas

A) Penulangan plat

Perhitungan tulangan plat menggunakan nilai M_u (Momen Ultimate) yang didapatkan dari SAP2000. Nilai M_u ini digunakan untuk mengetahui nilai A_s perlu dan A_s pasang dalam menentukan diameter dan jarak penulangan plat.

B) Penulangan balok

Perhitungan tulangan balok dibedakan menjadi dua, yaitu tulangan utama dan tulangan sengkang. Perhitungan tulangan utama balok menggunakan nilai A_s perlu dan nilai momen lentur yang dihasilkan dari SAP2000. Untuk mengetahui kebutuhan tulangan utama balok tarik tumpuan, digunakan nilai A_s perlu terbesar antara A_s perlu SAP 2000 dan A_s perlu dari perhitungan nilai momen lentur kemudian nilai A_s perlu tersebut dibandingkan dengan A_s pakai. Hal ini harus memenuhi syarat, yaitu A_s pakai $\geq A_s$ perlu. Pada area lapangan, nilai A_s perlu dengan perhitungan momen lentur, yaitu 40% dari A_s pakai tulangan tarik tumpuan. Perhitungan tulangan sengkang balok menggunakan nilai A_v/S perlu dan nilai gaya geser yang dihasilkan dari SAP 2000. Nilai A_v/S perlu digunakan dalam menentukan S perlu yang nantinya akan dibandingkan dengan nilai S maks guna mengetahui jarak tulangan sengkang yang direncanakan. S maks diperoleh dari perhitungan $d/4$, 6 diameter tulangan utama terkecil, dan minimal 150 mm. Nilai S pakai $\leq S$ perlu dan S maks. Kemudian, hitung $\phi V_n/V_u$ untuk cek kontrol dengan hasil ≥ 1 .

C) Penulangan kolom

Kebutuhan tulangan utama kolom dapat diketahui dari hasil nilai As perlu dan nilai Pu SAP 2000. Selanjutnya, dihitung nilai As pasang sesuai dengan diameter dan jumlah tulangan yang direncanakan kemudian dibandingkan dengan nilai As perlu. Syarat memenuhi dalam penentuan kebutuhan tulangan utama kolom, yaitu $As\ pasang > As\ perlu$. Selain itu, perlu juga dihitung rasio tulangan sesuai syarat dalam SNI 2847-2019 pasal 18.7.4.1, yaitu $1\% \leq x \leq 6\%$. Adapun rekapitulasi tulangan utama kolom disajikan pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Rekapitulasi tulangan utama kolom

Tipe	Dimensi (b x h)	As perlu	\emptyset	Luas	n	As terpasang	As pasang \geq As perlu	Cek rasio (%)	Dipasang
K1	550 x 600	3300	22	380,1	16	6082,123	OK	1,84	16 D22
K2	650 x 700	4550	25	490,9	16	7854	OK	2,38	16 D25
K3	750 x 800	6000	29	660,5	16	10568	OK	3,2	16 D29

Perhitungan tulangan sengkang kolom menggunakan nilai Av/S perlu dari SAP 2000. Kemudian, dilanjutkan dengan perhitungan Av pakai sesuai diameter dan jumlah kaki tulangan yang telah direncanakan. Selanjutnya, menghitung S perlu dan S maks untuk menentukan jarak antar sengkang. Nilai S maks $6 \times$ Nilai S pakai $\leq S$ perlu dan S maks seperti yang disajikan pada **Tabel 5**.

Tabel 5. Rekapitulasi tulangan utama kolom (2)

Tipe	Dimensi (b x h)	Av/S perlu	\emptyset	Luas	n	S perlu	S max 1	S max 2	S pakai	Dipasang
K1	550 x 600	1,028	10	157,08	2	152,801	132	150	100	2 D10-100
K2	650 x 700	1,036	10	157,08	2	151,621	150	150	100	2 D10-100
K3	750 x 800	1,399	10	157,08	2	112,28	174	150	100	2 D10-100

3.4. Perencanaan struktur bawah

A) Perhitungan properties tiang pancang

Perencanaan penggunaan pondasi pada pembangunan Gedung Utama Indonesia Manufacturing Center adalah menggunakan pondasi tiang pancang. Berdasarkan hasil uji *Cone Penetration Test* (CPT) didapatkan nilai q_c 250 kg/cm² dengan tanah keras di kedalaman -7 meter. Untuk mengetahui kebutuhan tiang pancang, diawali dengan perhitungan properties tiang seperti luas spunpile, luas netto spunpile, volume spunpile, dan keliling spunpile. Hasil dari properties tiang tersebut digunakan dalam menghitung daya dukung ultimate dan daya dukung netto per spunpile. Kebutuhan pondasi dihitung dengan rumus P/Q netto yang kemudian ditentukan jarak antar tiang $2,5d \sim 4d$. Selanjutnya, dihitung daya dukung izin yang hasilnya akan dibandingkan dengan P beban struktur sesuai persyaratan, yaitu $P < Q$ izin. Adapun rekapitulasi kebutuhan fondasi disajikan pada **Tabel 6**.

Tabel 6. Rekapitulasi kebutuhan fondasi

Pu (ton)	Qu (ton)	Q nett (ton)	\emptyset (cm)	n	eff	Q izin (ton)	Cek control $P < Q$ izin	Tipe pile cap
41,329				1	1,000	118,632	OK	PC 1
247,546				4	0,873	414,417	OK	PC 4
522,404	120,837	118,632	40	6	0,871	620,308	OK	PC 6
406,882				4	0,873	414,417	OK	PC 4A

B) Perencanaan pile cap

Perhitungan dimensi pile cap dapat diketahui hasilnya dengan menghitung kuat geser satu arah dan kuat geser dua arah yang masing-masing dicek kontrolnya dengan syarat $\emptyset V_c > V_u$. Adapun rekapitulasi dimensi pile cap disajikan pada **Tabel 7**.

Tabel 7. Rekapitulasi dimensi pile cap

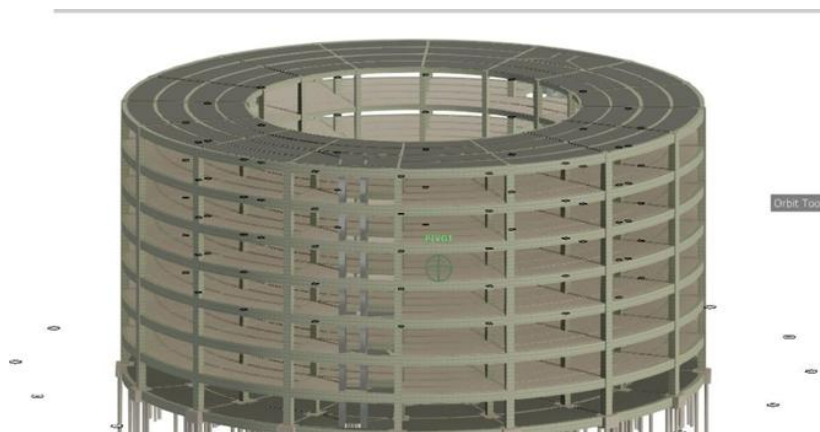
Tipe	Dimensi (p x l x t)	σ	Kuat geser satu arah		Kuat geser dua arah	
			V_u	ϕV_c	V_u	ϕV_c
PC1	800 x 800 x 1000	15485,400	-9427511627	498975,250	-20919552291,14	3816848,802
PC4	1600 x 1600 x 1200	10341,504	-9646554574	1213753,187	-1954171889,461	5466440,918
PC6	1600 x 2600 x 1200	7963,192	-8065120906	1213753,187	-4224983025,734	5769879,215
PC4A	1800 x 1800 x 1200	7963,006	-835637819	1365472,336	-1689463144,85	6073317,512

3.5. Pemodelan 3D dengan Autodesk Revit

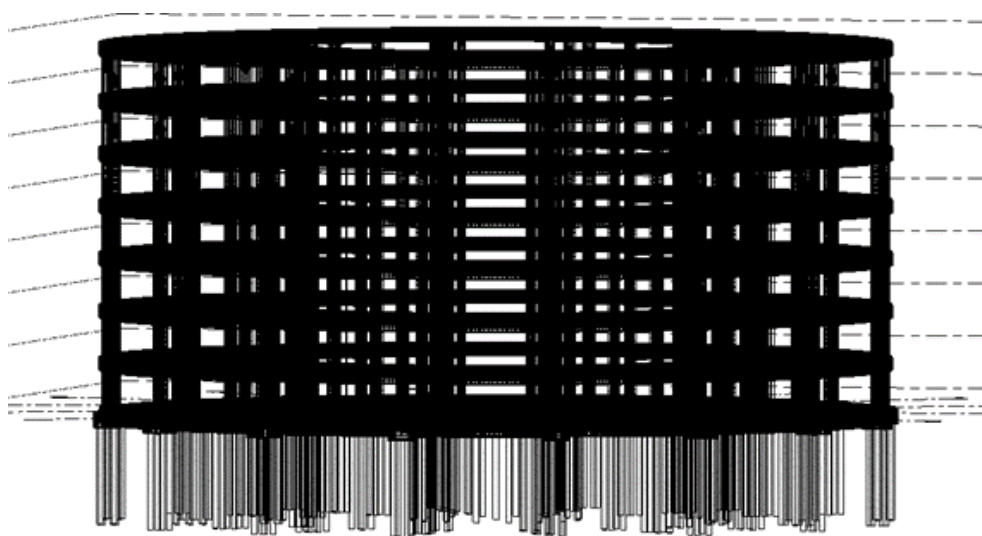
Pemodelan 3D menggunakan Autodesk Revit yang didasarkan pada perhitungan yang telah dilakukan sebelumnya. Pemodelan struktur bawah Gedung Indonesia *Manufacturing Center* terdiri dari pondasi spunpile, pile cap, dan *tie beam*. **Gambar 3** hasil pemodelan 3D struktur bawah.

**Gambar 3.** 3D Modeling struktur bawah

Setelah dilakukan perhitungan dan analisis struktur, hasil pemodelan 3D struktur atas Gedung Indonesia *Manufacturing Design* seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 4**.

**Gambar 4.** 3D Modeling struktur atas

Gambar 5 merupakan hasil pemodelan 3D penulangan struktur atas yang terdiri dari kolom, blok, dan plat serta struktur bawah yang terdiri dari pondasi spunpile, *pile cap* dan *tie beam*.



Gambar 5. Penulangan struktur

3.6. Perhitungan rencana anggaran biaya

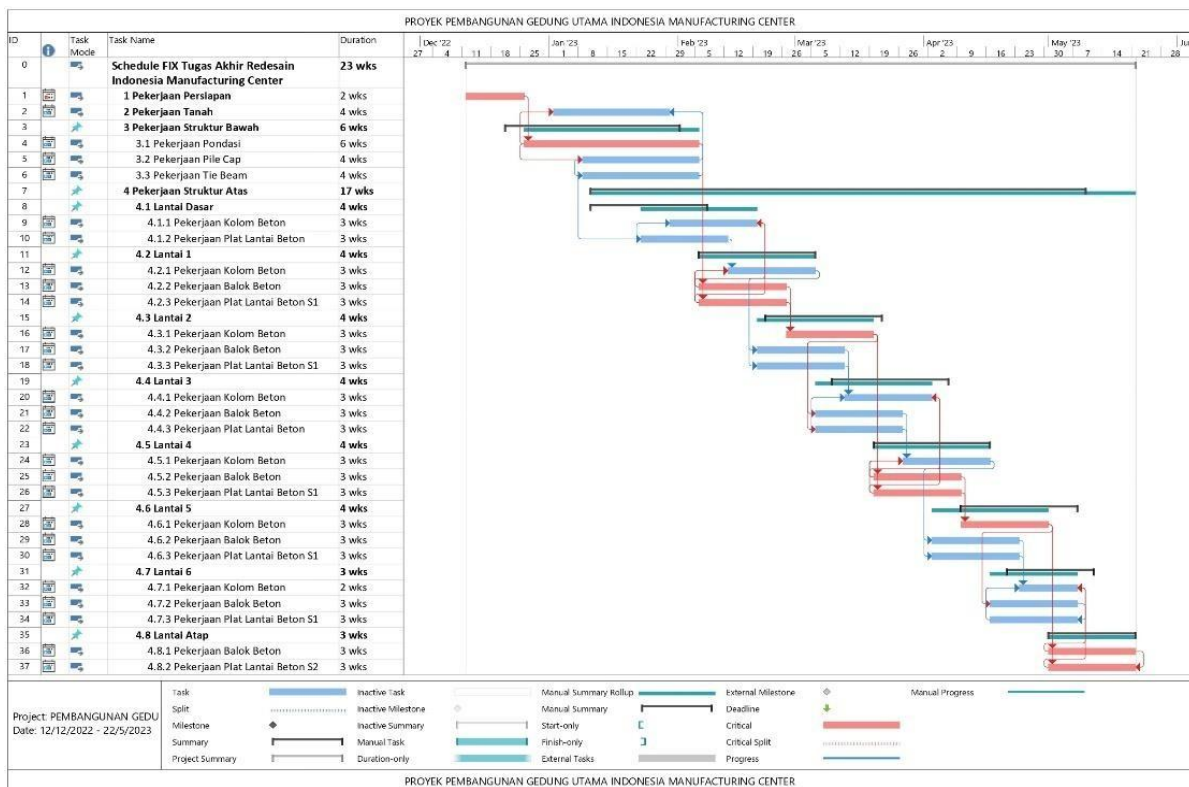
Setelah dilakukan pemodelan 3D dengan Autodesk Revit, nantinya akan menghasilkan volume *Quantity Take Off* secara otomatis. Volume tersebut akan dijadikan acuan dalam perhitungan RAB bersama dengan Harga Satuan Pekerjaan berdasarkan Analisa Harga Satuan Pekerjaan sesuai wilayah pembangunan proyek. Perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB) terdiri dari pekerjaan persiapan, pekerjaan tanah, dan pekerjaan struktur seperti yang disajikan pada **Tabel 8**.

Tabel 8. Rekapitulasi rencana anggaran biaya

No	Uraian Pekerjaan	Jumlah Biaya (Rp)
1	Pekerjaan Persiapan	309.441.208,57
2	Pekerjaan Tanah	92.862.467,06
3	Pekerjaan Struktur	32.621.537.963,91
	Jumlah	33.023.841.639,54
	PPN 11%	3.632.622.580,35
	Total Biaya	36.656.464.219,89
	Dibulatkan	36.656.464.000,00

3.7. Penjadwalan

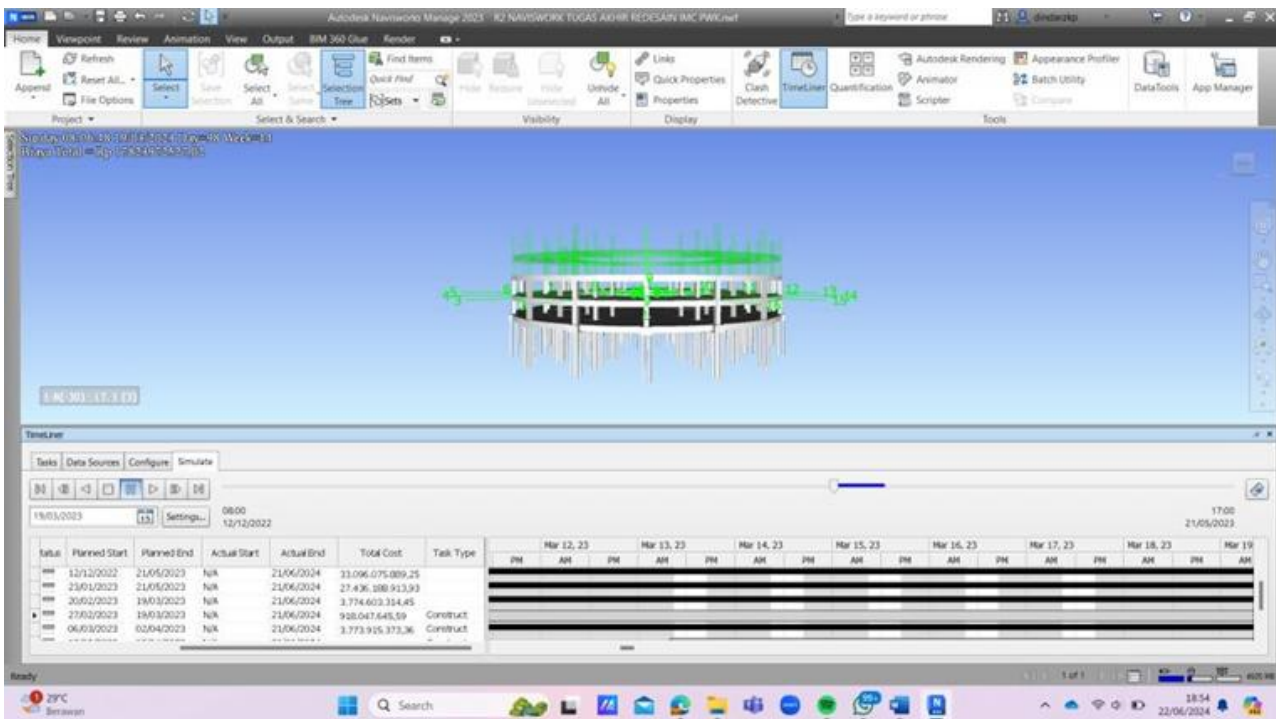
Penjadwalan yang dilakukan dalam perencanaan ulang Gedung Indonesia *Manufacturing Center* dengan *Microsoft Project* menggunakan hasil perhitungan volume dari *Autodesk Revit* dengan durasi pekerjaan selama 23 minggu. Pekerjaan persiapan diperkirakan selesai dalam waktu 2 minggu, pekerjaan tanah selesai dalam waktu 4 minggu, dan pekerjaan struktur selesai dalam waktu 19 minggu. Berikut adalah hasil penjadwalan dengan *Microsoft Project* seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 6**.



Gambar 6. Penjadwalan dengan *microsoft project*

3.8. Integrasi BIM dengan Autodesk Naviswork

Setelah dilakukan penjadwalan dengan Microsoft Project, dilakukan pengintegrasian dalam pemodelan 4D dan 5D menggunakan Autodesk Naviswork. Kemudian, import file Revit berformat NWC dan file *Microsoft Project* berformat MPP yang akan divisualisasikan Autodesk Naviswork sesuai penjadwalan yang direncanakan seperti yang ditunjukkan pada



Gambar 7. Pemodelan 4D dan 5D pada Autodesk Naviswork

4. Kesimpulan

Dalam perencanaan ulang struktur Gedung Indonesia *Manufacturing Center* didapatkan beberapa Kesimpulan sebagai berikut.

- 1) Hasil analisis struktur dengan SAP2000 dari *preliminary design* yang telah dilakukan dinyatakan sudah memenuhi standar aman perencanaan bangunan gedung.
- 2) Besaran Rencana Anggaran Biaya dalam perencanaan ulang struktur Gedung Indonesia *Manufacturing Center* termasuk PPN 11% diperoleh sebesar Rp 36.716.896.782,09.
- 3) Penyusunan jadwal dalam perencanaan ulang struktur Gedung Indonesia *Manufacturing Center* direncanakan selesai dengan durasi pekerjaan selama 23 minggu.

Referensi

- Badan Standardisasi Nasional. (2019). SNI-1727-2019 Beban Desain Minimum dan Kriteria terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). SNI-2847-2019 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2020). Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non gedung. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Christiandava, A. R., & Azzahra, A. (2020). REDESIGN STRUKTUR GEDUNG HEAD OFFICE AWANN GROUP BERDASARKAN INTEGRASI BIM AUTODESK MELALUI REVIT, NAVISWORK, DAN SAP 2000. Semarang.
- Ferry, & Indrastuti. (2020). Penerapan Building Information Modelling (BIM) pada Proyek Pembangunan Workshop (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Workshop Kapal di Sekupang). *Journal of Civil Engineering and Planning*, 1(1).
- Firdaus, M. A., & Asalina, R. U. (2023). PERENCANAAN ULANG GEDUNG DEKANAT DAN PERKULIAHAN FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT UNIVERSITAS DIPONEGORO DENGAN KONSEP BIM 3D. Semarang.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2018). PELATIHAN PERENCANAAN KONSTRUKSI DENGAN SISTEM TEKNOLOGI BUILDING INFORMATION MODELING (BIM). Bandung: Pusat Pendidikan dan Pelatihan SDA dan Konstruksi.
- Nelson, & Sekarsari, J. (2019). FAKTOR YANG MEMENGARUHI PENERAPAN BUILDING INFORMATION MODELING (BIM) DALAM TAHAPAN PRA KONSTRUKSI GEDUNG BERTINGKAT. *Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 2.
- Putri, A. H., Anisah, & Handoyo, S. S. (2023). TINJAUAN MENDALAM TENTANG TEKNOLOGI BIM: KEUNGGULAN, TANTANGAN, DAN PELUANG DIMASA DEPAN. *Prosiding Seminar Pendidikan Kejuruan dan Teknik Sipil (E-Journal)*, 1.
- Putri, I. Z., Wahiddin, & Sugiharti. (2021). MODIFIKASI PERENCANAAN GEDUNG TYPE B1 RUSUN GUNUNG ANYAR SURABAYA MENGGUNAKAN SOFTWARE PENDUKUNG BIM. *Jurnal Online Skripsi Manajemen Rekayasa Konstruksi Polinema*, 2.
- Ramdani, I., Paikun, Rozandi, A., Budiman, D., & Vladimirovna, K. E. (2022). Implementasi Building Information Modeling (BIM) Pada Proyek Perumahan. *Jurnal Teslink: Teknik Sipil dan Lingkungan*, 4.
- Reviana. (2023). Penerapan Building Information Modeling (BIM) Menggunakan Software Autodesk Revit 2019 pada Pekerjaan Non Struktur (Studi Kasus : Gedung B Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Lampung). Bandar Lampung.
- Simatupang, P. H., Sir, T. M., Kompas, J. F., & Wadu, V. A. (2019). BUILDING INFORMATION MODELING (BIM) SOFTWARE PADA PERANCANGAN GEDUNG BETON BERTULANG UNTUK Mendukung Industri 4.0 DALAM BIDANG JASA KONSTRUKSI. SEMINAR NASIONAL SAINS DAN TEKNIK FST UNDANA (SAINSTEK).
- Wibowo, A. (2021). Evaluasi Penerapan Building Information Modeling (BIM) pada Proyek Konstruksi di Indonesia. Semarang.
- Yudi, A., Ulum, M. S., & Nugroho, M. T. (2020). PERANCANGAN DETAIL ENGINEERING DESIGN GEDUNG BERTINGKAT BERBASIS BUILDING INFORMATION MODELING (Studi Kasus: Asrama Institut Teknologi Sumatera). *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 00.



Studi eksperimen kuat tekan beton *eco-friendly* menggunakan abu daun pisang sebagai substitusi pada semen dan penambahan limbah beton sebagai substitusi agregat kasar

Azzahra Naja Mutiara Roya^{a*}, Nanda Niken Fauziyah^a, Hartono^a, Shifa Fauziyah^a

^{a*}^aTeknik Infrastruktur Sipil dan Perancangan Arsitektur, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro, Indonesia

ARTICLE INFO

Corresponding author:

Email:

azzahranajamr@gmail.com

Article history:

Received : 24 June 2025

Revised : 20 December 2025

Accepted : 21 December 2025

Publish : 25 December 2025

Keywords:

Banana leaf ash, compressive strength, concrete waste, geopolymer concrete, lean concrete

ABSTRAK

The use of concrete as a construction material in Indonesia is increasing day by day for the ready mix concrete industry. One of the problems that arise in the concrete industry is disposing of concrete waste left over from testing. Things like the following have a big impact on environmental balance. Given the following, the purpose of this research is to understand the physical and mechanical properties of concrete containing concrete waste from testing which is also added with banana leaf ash. The research uses quantitative experimental methods. The variables used in this research are the independent variables consisting of variations in replacing some of the cement using banana leaf ash and replacing some of the coarse aggregate using concrete waste left over from testing. Concrete research and testing was carried out in the SV Undip laboratory. This test was carried out for 14 days with the aim of the concrete reaching a compressive strength of 90%. The variations used in this research are 5 variations with the composition of Concrete A without using additives, Concrete B using 2.5% banana leaf ash and 5% concrete waste, Concrete C using 5% banana leaf ash and 7.5% concrete waste, Concrete D uses 7.5% banana leaf ash and 10% concrete waste and finally Concrete E uses 10% banana leaf ash and 12.5% concrete waste. It is hoped that banana leaf ash and concrete waste can be used as a mixture of materials that are environmentally friendly and have a more economical price than normal concrete. This research is used as lean concrete (work floor) in non- structural construction.

Copyright © 2025 PILARS-UNDIP

1. Pendahuluan

Beton adalah bahan bangunan yang biasa dipakai dengan komposisi terdiri dari semen, agregat kasar dan halus, serta air dimana hal tersebut begitu penting bagi pembangunan infrastruktur di Indonesia misal: gedung dan jembatan karena bahan untuk membuat beton mudah didapatkan, teknologi yang digunakan tergolong sederhana, dan harganya pun murah (Wallah, S, 2014). Banyak proyek bermunculan untuk memenuhi kebutuhan infrastruktur mendorong adanya gagasan tentang cara pemanfaatan bahan atau komponen lain yang sebelumnya limbah supaya dimanfaatkan kembali dalam penunjang konstruksi (Soelarso dkk, 2016). Penggunaan limbah di Indonesia belum dimanfaatkan secara maksimal. Limbah memiliki jumlah banyak akan terus bertambah dan mayoritas hanya dibuang di lahan terbuka (Soelarso dkk, 2016). Banyak limbah yang mencemari lingkungan memberikan ide tentang cara memanfaatkannya. Limbah daun pisang dan limbah pengujian seperti sampah beton bisa dimanfaatkan supaya tidak mencemari lingkungan serta bisa menekan pemakaian material pembuatan beton (Ramaditya dkk, 2022).

Berkat infrastruktur yang kian meningkat menyebabkan pemakaian semen bertambah juga. Akhir-akhir ini per tahun pemakaian semen dunia masuk angka 2,3 juta ton, dimana hal tersebut menandakan

bahwa 2,3 juta ton gas CO₂ dibuang tiap tahun. Oleh sebab itu, tentu membawa dampak negatif untuk kelangsungan hidup apabila dalam pemakaiannya terus meningkat, yakni terdapat pencemaran lingkungan. Oleh karena itu, perlu cara dalam menekan produksi semen. Agregat kasar merupakan salah satu material kena imbasnya dari eksploitasi berlebih yang diperkirakan persediaan di alam makin ke sini makin berkurang. Kelemahan beton yang digunakan dalam pengujian yaitu memiliki berat yang besardimana agregat kasar ini penyumbang berat terbesar beton. Supaya bisa mendapat berat jenis ringan bisa dilakukan dengan cara mengganti sebagian agregat kasar dengan material yang lainnya (Karimah, Rusdianto, 2021).

Menurut (Badan Pusat Statistik Jawa Tengah 2019-2020), Kabupaten Banyumas merupakan salah satu daerah penghasil pisang terbanyak di Jawa Tengah dengan jumlah 307.814 kuintal di tahun 2019 dan 313.756 kuintal di tahun 2020, hal itu karena semakin banyak kebun pisang di Kabupaten Banyumas. Dilihat dari hal tersebut membuat limbah dari daun pisang melimpah. Oleh sebab itu, dibutuhkan langkah-langkah dalam mengelola daun pisang supaya bernilai ekonomis, tepat guna, serta dapat menekan limbah daun pisang raja. Pohon pisang merupakan tumbuhan kebun yang bernilai ekonomis dan mendatangkan hasil daun pisang yang berlebih. Daun pisang berada pada tiap pelepah pohonnya. Ukuran daun pisang standar dan memiliki tekstur yang kaku dan mudah sobek. Warna daun kering yaitu kecoklatan. Kegunaan pohon pisang sangat banyak dalam dunia industri, salah satunya diambil buah untuk membuat makanan sale pisang sehingga menyebabkan produksi buah pisang meningkat. Besarnya produksi buah pisang di Kabupaten Banyumas membuat pemanfaatan limbah daun pisang sangat diperlukan dalam rangka menekan laju pertumbuhan limbah. Hal tersebut perlu dilakukan kajian dalam mengolah limbah daun pisang raja agar mengurangi dampak negatif pada lingkungan serta mampu menambah nilai ekonomi.

Usaha dalam memanfaatkan limbah daun pisang ditemukan adanya upaya terhadap pengembangan beton dengan cara mengaplikasikannya untuk bahan campuran semen, sedangkan untuk limbah beton cara pengaplikasian sebagai pengganti agregat kasar. Penggunaan limbah baik organik maupun anorganik juga menjadi salah satu inovasi pada dunia konstruksi, seperti penelitian ini menggunakan penambahan abu daun pisang dan sisa material beton sisa pengujian yang dimanfaatkan sebagai bahan substansi dari beton. Pemanfaatan limbah tentu bisa menghemat dalam hal material beton konvensional yang akan menjadi pertimbangan pada penelitian dan seharusnya dapat bermanfaat untuk lingkungan agar penambahan material beton berkurang dan pastinya mengurangi limbah (Ramaditya dkk, 2022). Pemanfaatan hasil dari penelitian ini untuk penggunaan *lean concrete* (lantai kerja) pada beton non struktural.

2. Data dan Metode

2.1. Metode penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan metode kuantitatif eksperimental dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan abu daun pisang dan limbah beton sebagai substitusi semen dan agregat kasar terhadap kuat tekan beton yang bermutu K-125 dengan pemanfaatan beton sebagai lantai kerja (*lean concrete*).

2.2. Pengujian material

Penelitian ini melakukan pengujian material terhadap agregat halus yaitu pasir. Pengujian agregat halus yang dilakukan yaitu analisis gradasi butiran, berat jenis, uji kadar lumpur dan pengujian kadar organik agregat. Pengujian analisis gradasi ditunjukkan pada. Pengujian agregat kasar dilakukan untuk mengetahui angka keausan dengan menggunakan mesin abrasi *Los Angeles* dan analisis gradasi butiran seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 1**.



(a) (b)

Gambar 1. (a) Pengujian gradasi; (b) Pengujian abrasi

2.3. Pengolahan limbah

Penambahan material untuk inovasi beton ini yaitu abu daun pisang dan limbah beton. Abu daun pisang ditambahkan menjadi bahan substitusi semen sedangkan limbah beton digunakan sebagai substitusi agregat kasar. Abu daun pisang terhadap semen harus lolos saringan No. 200 (0.075 mm) sesuai SNI 03-4142-1996 dan untuk limbah beton sendiri harus tertahan saringan No. 4 (4.75 mm) sesuai ASTM C 136-01 seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Abu daun pisang

2.4. Job mix design

Untuk menentukan campuran beton (*mix design*) sebagai bahan penyusun beton pada penelitian ini digunakan acuan campuran beton yaitu (SNI 7394:2008). Dengan proporsi 276 kg semen, 828 kg pasir, 1012 kg batu, 215 liter air untuk setiap m³ beton normal mutu f'c 9,8 Mpa (K-125). Pada campuran beton di penelitian ini dilakukan pencampuran untuk lima variasi. Adapun campuran itu adalah satu campuran beton normal dengan acuan *mix design* sesuai dengan SNI 7394:2008 dan empat campuran substitusi limbah beton sebagai agregat kasar dan abu daun pisang sebagai bahan tambah. Adapun rekapitulasi *job mix design* disajikan pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Job mix design

Sampel	Semen (kg)	Pasir (Kg)	Split (Kg)	Air (Lt)	Abu Pelepah Pisang (kg)	Limbah Beton (Kg)
A	1,463	4,389	5,364	1,139	-	-
B	1,333	4,389	5,099	1,139	0,13	0,265
C	1,198	4,389	4,834	1,139	0,265	0,53
D	1,066	4,389	4,569	1,139	0,397	0,795
E	0,933	4,389	4,304	1,139	0,53	1,06

2.5. Metode pembuatan benda uji

Pembuatan benda uji dibuat pada masing-masing jenis campuran dengan proses *mixing* seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 3**. Pembuatan benda uji dilakukan 5 kali sesuai jumlah jenis campuran, yaitu pembuatan benda uji tipe A, B, C, D, dan E. Dibuat 2 benda uji untuk setiap jenis campuran dan akan diuji pada umur beton 14 hari. Pembuatan benda uji dilakukan di Laboratorium Bahan Bangunan, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro.



Gambar 3. Proses *mixing* beton

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Pengujian material

A) Pengujian agregat halus

Dilakukan 4 pengujian pada agregat halus, yaitu uji gradasi, berat jenis, kadar lumpur, dan organis. Berdasarkan pengujian agregat halus, pasir yang digunakan untuk penelitian memenuhi SNI acuan dan dapat digunakan sebagai bahan penyusun untuk membuat *paving block*. Adapun rekapitulasi hasil pengujian agregat halus disajikan pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Rekapitulasi hasil pengujian agregat halus

Jenis Pengujian	Hasil	SNI Acuan	Keterangan	
Uji Modulus Kehalusan	2,36	1,5 - 3,5	SNI ASTM C136:2012	Memenuhi
Uji berat Jenis	2,6	1,6 - 3,3	SNI 1970:2008	Memenuhi
Uji Kadar Lumpur	3,45%	$3,45\% \leq 5\%$	SNI S-04-1989-F	Memenuhi
Uji Organik	Bening - Kuning Muda	Bening/tidak berwarna kuning muda - merah kekuningan	SNI S-04-1989-F	Memenuhi

B) Pengujian agregat kasar

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui tingkat keausan agregat kasar yang dibuktikan dengan perbandingan berat bahan aus lolos saringan No. 12 (1,7 mm) terhadap berat semula, dalam persen (%). Adapun setelah dilakukan pengujian didapatkan bahwa keausan agregat kasar dan limbah beton masing-masing adalah 24% dan 33,90%.

3.2. Berat masa volume beton uji

Adapun perbandingan masa volume pada beton uji coba tipe A, B, C, D, dan E disajikan pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Berat masa beton pada benda uji

Sampel	Berat (Kg)	Rata-rata berat (Kg)	Volume (m ³)	Volume (m ³)	Berat masa volume beton (kg/m ³)	Rata-rata berat masa volume (kg/m ³)
A ₁	12,320	12,327	5298	0,005298	2325,405	2326,821
A ₂	12,335				2328,237	
B ₁	12,445	12,378			2348,999	2336,353
B ₂	12,311				2323,707	
C ₁	12,520	12,493			2363,155	2358,059
C ₂	12,466				2352,963	
D ₁	12,440	12,407			2348,055	2341,921
D ₂	12,374				2335,787	
E ₁	12,143	12,147			2291,996	2292,845
E ₂	12,152				2293,695	

Berdasarkan tabel grafik di atas rata – rata berat massa untuk beton tipe A adalah 2326,821 kg/m³, tipe B 2336,353 kg/m³, tipe C 2358,059 kg/m³, tipe D 2341,921 kg/m³ dan tipe E 2292,845 kg/m³. Menurut SNI 03-2847-2002 berat massa volume untuk benda uji yang termasuk kategori beton normal adalah tipe A, B, C, dan D sedangkan benda uji tipe E tidak masuk karena berat massanya masih di bawah beton normal menurut SNI 03-2847-20.

3.3. Hasil kutat tekan dan kuat tekan karakteristik

Pengujian kuat tekan beton menggunakan *compression machine* menunjukkan bahwa beban maksimal yang dapat ditahan benda uji sampai terjadi retakan. Adapun hasil kuat tekan beton pada umur 14 hari dan 28 hari disajikan pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Hasil kuat tekan beton umur 14 hari dan 28 hari

Sampel	P (N)	A (mm ²)	Kuat tekan beton (N/mm ²)		
			14 hari	28 hari	
A	A ₁	189	17662,5	10,70	12,15
	A ₂	174	17662,5	9,85	11,19
B	B ₁	203	17662,5	11,49	13,06
	B ₂	162	17662,5	10,30	11,70
C	C ₁	286	17662,5	16,19	18,40
	C ₂	253	17662,5	14,32	16,27
D	D ₁	194	17662,5	10,98	12,48
	D ₂	177	17662,5	10,02	11,38
E	E ₁	152	17662,5	8,60	9,77
	E ₂	141	17662,5	7,98	9,07

Tabel 5. Hasil kuat tekan karakteristik beton

Sampel	P (N)	A (mm ²)	Standar deviasi	Kuat tekan karakteristik (N/mm ²)
A	A ₁	189	0,6823	10,557
	A ₂	174		
B	B ₁	203	0,9540	10,820
	B ₂	162		
C	C ₁	286	1,500	14,879
	C ₂	253		
D	D ₁	194	0,772	10,668
	D ₂	177		
E	E ₁	152	0,124	9,220
	E ₂	141		

Tabel 5 dapat disimpulkan beton dengan jenis B (substitusi limbah beton 5% + abu daun pisang 2,5%) memiliki kuat tekan karakteristik sebesar 10,820 N/mm² memenuhi kuat tekan minimum berdasarkan

acuan beton A (Normal) yaitu sebesar 10,557 N/mm². Untuk beton tipe C (substitusi limbah beton 10% + abu daun pisang 5%) dengan kuat tekan karakteristik 14,879 N/mm², kemudian beton tipe D (substitusi limbah beton 15% + abu daun pisang 7,5%) dengan kuat tekan karakteristik 10,668 N/mm², sedangkan beton tipe E (substitusi limbah beton 20% + abu daun pisang 10%) dengan kuat tekan karakteristik sebesar 9,220 N/mm² tidak memenuhi kuat tekan minimum yang dibandingkan dengan beton tipe A (Normal).

3.4. Biaya material

Analisis perhitungan biaya dibuat berdasarkan kebutuhan job mix dan disesuaikan dengan analisa harga satuan (AHSP) Kota Semarang tahun 2024. Perhitungan biaya modifikasi *paving block* disajikan pada **Tabel 6**.

Tabel 6. Biaya produksi beton A

No	Material	Harga Satuan/kg	Kebutuhan Material (kg/m ³)	Harga
1	Semen	Rp1.160,00	276	Rp320.160,00
2	Pasir Batu	Rp273,00	828	Rp226.044,00
3	Kerikil	Rp254,00	1012	Rp257.048,00
Total Harga				Rp803.252,00

Tabel 7. Biaya produksi beton B (2,5% abu daun pisang + 5% limbah beton)

No	Material	Harga Satuan/kg	Kebutuhan Material (kg/m ³)	Harga
1	Semen	Rp1.160,00	276	Rp320.160,00
2	Pasir batu	Rp273,00	828	Rp226.044,00
3	Kerikil	Rp254,00	961,4	Rp244.195,60
4	Limbah beton	-	50,6	-
5	Abu daun pisang	-	6,9	-
Total Harga				Rp790.399,60

Tabel 8. Biaya produksi beton C (5% abu daun pisang + 15% limbah beton)

No	Material	Harga Satuan/kg	Kebutuhan Material (kg/m ³)	Harga
1	Semen	Rp1.160,00	276	Rp320.160,00
2	Pasir batu	Rp273,00	828	Rp226.044,00
3	Kerikil	Rp254,00	961,4	Rp231.343,20
4	Limbah beton	-	101,2	-
5	Abu daun pisang	-	13,8	-
Total Harga				Rp777.547,20

Tabel 9. Biaya produksi beton D (7,5% abu daun pisang + 15% limbah beton)

No	Material	Harga Satuan/kg	Kebutuhan Material (kg/m ³)	Harga
1	Semen	Rp1.160,00	276	Rp320.160,00
2	Pasir batu	Rp273,00	828	Rp226.044,00
3	Kerikil	Rp254,00	860,2	Rp218.490,80
4	Limbah beton	-	151,8	-
5	Abu daun pisang	-	20,7	-
Total Harga				Rp764.694,80

Tabel 10. Biaya produksi beton E (10% abu daun pisang + 20% limbah beton)

No	Material	Harga Satuan/kg	Kebutuhan Material (kg/m ³)	Harga
----	----------	-----------------	--	-------

1	Semen	Rp1.160,00	276	Rp320.160,00
2	Pasir batu	Rp273,00	828	Rp226.044,00
3	Kerikil	Rp254,00	809,6	Rp205.638,50
4	Limbah beton	-	202,4	-
5	Abu daun pisang	-	27,6	-
			Total Harga	Rp751.842,50

Berdasarkan analisis diatas dapat dilihat perbedaan biaya produksi pada kelima jenis beton. Beton A (Normal) menjadi acuan perbandingan dari analisis ini. pada beton B, C, D, dan E secara berturut-turut terdapat selisih biaya produksi sebesar Rp.12.852,40; Rp. 25.704,80; Rp. 38.557,20, dan Rp. 51.409,50 terhadap beton A (Normal) yang merupakan beton A adalah beton dengan biaya tertinggi.

4. Kesimpulan

Nilai kuat tekan beton dipengaruhi oleh penggunaan limbah beton sebagai pengganti Sebagian agregat kasar dan penambahan abu daun pisang sebagai pengganti semen secara parsial. Dalam penelitian ini, beton B menunjukkan kuat tekan karakteristik yang lebih tinggi (10,820 N/mm²), dan beton C menunjukkan peningkatan yang signifikan (14,8879 N/mm²). Namun, beton D dan E menunjukkan kuat tekan karakteristik yang lebih rendah (10,668 N/mm² dan 9,220 N/mm², masing-masing, sehingga beton E tidak memenuhi kuat tekan minimum yang diperlukan untuk dibandingkan dengan beton A. Hasilnya menunjukkan bahwa beton campuran pada beton B, C, dan D dapat digunakan sebagai beton lantai kerja. Namun, dibandingkan dengan biaya produksi variasi yang lain beton C yang mana kuat tekannya lebih tinggi memiliki biaya produksi lebih murah dibandingkan beton normal. Yakni selisih biaya produksi pada kelima jenis beton. Beton A (Normal) menjadi acuan perbandingan dari analisa ini. pada beton B, C, D, dan E secara berturut-turut terdapat selisih biaya produksi sebesar Rp.12.852,40; Rp. 25.704,80; Rp. 38.557,20, dan Rp. 51.409,50 terhadap beton A (Normal) yang merupakan beton A adalah beton dengan biaya tertinggi.

Referensi

- Badan Standar Nasional. (1971). *SNI 03-1971-1990 Metode Pengujian Kadar Air Agregat*.
- Badan Standar Nasional. (1972). *SNI 03-1972-1990 Metode Pengujian Slump Beton*.
- Badan Standar Nasional. (1974). *SNI 03-1974-1990 Metode Pengujian Kuat Tekan Beton*.
- Badan Standar Nasional. (1990). *SNI T-15-1990-03 Pembuatan Benda Uji*.
- Badan Standar Nasional. (1991). *SNI 03-2417-1991 Metode Pengujian Keausan Agregat Dengan Mesin Abrasi Los Angeles*.
- Badan Standar Nasional. (2002). *SNI 03-2847-2002 Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*.
- Badan Standar Nasional. (2008). *SNI 7394:2008 Tata Cara Perhitungan Harga Satuan Pekerjaan Beton untuk Konstruksi Bangunan Gedung dan Perumahan*.
- Department of Defense. (2003a). *ASTM C 29M-97 Standard Test Method for Bulk Density ("Unit Weight") and Voids in Aggregate*.
- Department of Defense. (2003b). *ASTM C 127-01 Standard Test Method for Specific Gravity and Absorption of Coarse Aggregate*.
- Department of Defense. (2003c). *ASTM C 128-01 Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Fine Aggregate*.
- Department of Defense. (2003d). *ASTM C 136-01 Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates*.
- Department of Defense. (2003e). *ASTM C 138M-01a Standard Test Method for Density (Unit Weight), Yield, and Air Content (Gravimetric) of Concrete*



Penerapan *Building Information Modeling* (BIM) 5D dalam perencanaan struktur Gedung Rumah Sakit Kasih Ibu Surakarta

Dhanisa Alifia Rachma^{a*}, Amelia Vista Br Purba^a, Asri Nurdiana^a, Bambang Setiabudi^a

^{a*}^aTeknik Infrastruktur Sipil dan Perancangan Arsitektur, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro, Indonesia

ARTICLE INFO

Corresponding author:

Email:

dhanisarachma@gmail.com

Article history:

Received : 28 July 2025

Revised : 20 December 2025

Accepted : 21 December 2025

Publish : 25 December 2025

Keywords:

BIM 5D, dual system, etabs, redesign

ABSTRAK

The rapid growth of the construction industry necessitates the adoption of Building Information Modeling (BIM) 5D to enhance efficiency, cost accuracy, and scheduling precision. This study focuses on the redesign of the structural system for Kasih Ibu Hospital in Surakarta, located in a seismic-prone zone, using a dual system that combines Special Moment Resisting Frames (SMRF) with shear walls, based on Seismic Risk Category IV and Site Class SD. The planning process utilized Revit 2024 for 3D modeling, ETABS and SP Column for structural analysis, and Microsoft Project for scheduling. The cost estimation was derived from a Quantity Take Off (QTO) integrated with Surakarta's AHSP unit price database, resulting in a total project value of IDR 83.6 billion including VAT. The structural analysis confirmed compliance with national building codes (SNI 2847:2019, SNI 1726:2019, and SNI 1727:2020), ensuring seismic safety and design efficiency. The BIM 5D integration through Autodesk Navisworks successfully visualized the project's 3D model, construction timeline, and overall costs over a 43-week implementation period. This study demonstrates that BIM 5D is an effective tool for digitalizing large-scale construction projects in earthquake-prone areas.

Copyright © 2025 PILARS-UNDIP

1. Pendahuluan

Semakin pesatnya perkembangan industri konstruksi modern, dibutuhkan tingkat efisiensi dan akurasi dalam perencanaan proyek, terutama pada proyek berskala besar seperti proyek gedung rumah sakit. Penerapan BIM menjadi solusi inovatif untuk mengatasi tantangan tersebut. BIM yang dikenal luas sebagai *Building Information Modeling*, mencakup teknologi komprehensif yang menggabungkan detail-detail dalam bidang *Design*, *Construction*, dan *Maintenance*. Integrasi ini didapatkan melalui pemanfaatan representasi 3D (Nugraha, A.K., 2020). BIM 5D yang meliputi integrasi antara model desain 3D, estimasi biaya dan penjadwalan proyek secara *realtime* (Fadhilah et al., 2022).

Pembangunan Rumah Sakit Kasih Ibu Surakarta, direncanakan sebagai gedung bertingkat tinggi yang terdiri dari 14 lantai dengan pembagian 6 lantai parkir dan 8 lantai rumah sakit. Daerah Surakarta termasuk dalam wilayah rawan gempa, sehingga diperlukan penerapan sistem struktur yang dapat menjamin keamanan dan kenyamanan. Dual system (sistem ganda) menjadi solusi untuk perencanaan struktur gedung bertingkat, dikarenakan mampu meningkatkan ketahanan bangunan terhadap beban lateral akibat gempa. Sistem ganda merupakan kombinasi antara dinding geser (*shear wall*) dan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).

Pada perencanaan ulang ini, kami mengintegrasikan BIM 5D pada struktur gedung Rumah Sakit Kasih Ibu Surakarta menggunakan rangka beton bertulang dengan bantuan software Autodesk Revit, Naviswork, *Microsoft Project* dan *software* perencanaan struktur menggunakan ETABS. Tugas akhir ini bertujuan untuk memberikan output analisa gaya dalam struktur, hasil kebutuhan tulangan, desain 3D, Rencana Anggaran Biaya (RAB) proyek, penjadwalan proyek, dan integrasi BIM 5D. Sehingga diharapkan proyek konstruksi dapat berjalan lebih efisien, hemat biaya, akurat dan terkontrol karena

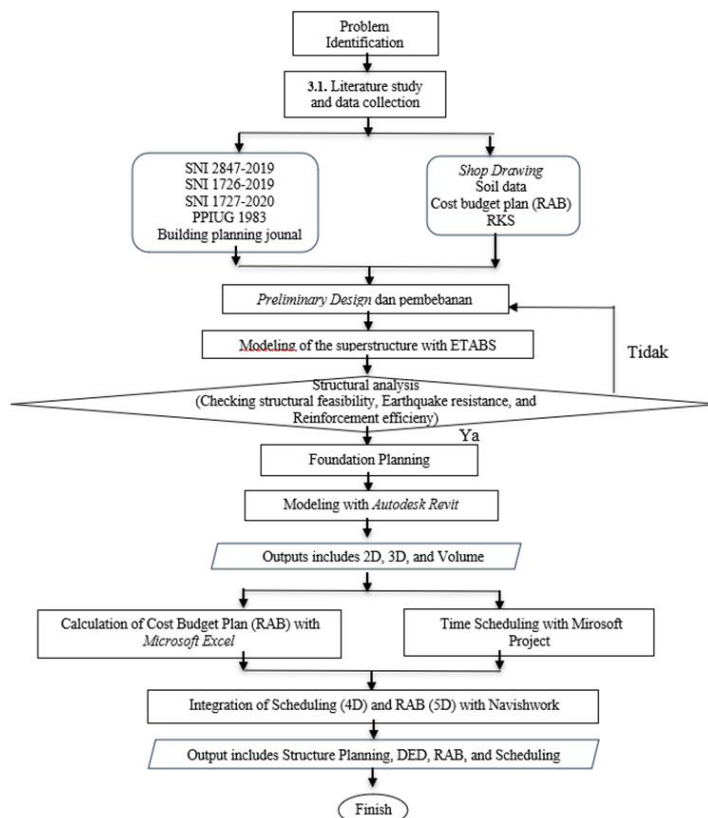
semua aspek saling terhubung satu dengan lainnya sehingga pelaksanaan proyek tepat mutu, waktu dan biaya dapat tercapai. selain itu agar pembaca dapat mengetahui manfaat serta kelebihan penggunaan BIM pada proyek yang sebelumnya belum menerapkan BIM.

2. Data dan Metode

Perencanaan ulang Gedung Rumah Sakit Kasih Ibu Surakarta yang memiliki 14 lantai menggunakan Dual System yang merujuk pada ketentuan Tata Cara Perencanaan Struktural Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI1726:2019). Menurut ketentuan tersebut gedung ini masuk dalam kategori risiko IV. Berdasarkan informasi hasil penelitian, tanah gedung ini tergolong dalam klasifikasi situs SD (Tanah sedang) dan kategori desain seismic (KDS) D, yang menunjukkan tingkat risiko tinggi terhadap gempa. Sehingga, sistem struktur harus dirancang dengan penahan beban lateral untuk memberikan kekakuan, daktilitas, dan redundansi pada struktur, sehingga memungkinkan distribusi beban yang lebih efisien.

Perencanaan Gedung dengan menggunakan material beton bertulang berpedoman pada Persyaratan Beton struktural untuk Bangunan Gedung (SNI2847:2019) yang juga berfungsi menentukan tulangan struktur. Pembebanan pada Gedung ini direncanakan dengan beban mati, beban mati tambahan, beban hidup, beban air hujan, beban angin dan beban gempa sesuai dengan Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur lain (SNI1727:2020) serta Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung, 1983.

Perencanaan ulang Gedung Rumah Sakit Kasih Ibu Surakarta diawali Analisis struktur menggunakan *software* ETABS, visualisasi 3D dan *quantity take off* (QTO) dengan *software* Autodesk Revit, Perencanaan biaya dengan *Microsoft excel*, *time schedule* dengan *Microsoft Project* serta Naviswork untuk simulasi 5D. **Gambar 1** menunjukkan diagram alir.



Gambar 1. Diagram alir perencanaan ulang

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Preliminary design struktur atas

A) Preliminary design balok

Preliminary desain balok untuk perencanaan ulang ini disesuaikan dengan tabel 9.3.1.1. SNI2847:2019 yang mengatur persyaratan dimensi struktur balok sehingga mampu menahan beban tertinggi dan memenuhi syarat kekuatan dan kekakuan. Adapun perencanaan dimensi balok disajikan pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Perencanaan dimensi balok

Kondisi perletakan	h Min
Perletakan sederhana	L/16
Menerus satu sisi	L/18,5
Menerus dua sisi	L/21
Kantilever	L/8

Perhitungan dimensi tinggi balok (h) untuk balok induk h/12, balok anak h/16 dengan lebar balok (b) sesuai SNI2847:2019 pada pasal 18.6.2.1 bahwa lebar minimal penampang balok minimal 0,3h namun pada perhitungan rencana penulis menggunakan menggunakan 0,5h. Dan berdasarkan SNI 2847:2019 pasal 18.6.2.1 perlu dilakukan pengecekan terhadap dimensi balok yang sudah diperhitungkan untuk memperoleh kekuatan struktur dengan beberapa ketentuan bentang bersih (l_n) $\geq 4d$ efektif. Untuk lebar balok (bw) harus \geq minimum 0,3h balok dan 250 mm dan harus < nilai minimum b kolom dan 0,75h kolom. Adapun pada **Tabel 2** dan **Tabel 3** menunjukkan hasil daftar cek syarat dimensi balok.

Tabel 2. Rekapitulasi *preliminary design* balok induk

Tipe	Bentang (mm)	Ln (mm)	b Min (mm)	h Min (mm)	Dimensi (mm)	Bk kolom (mm)	Syarat 1 ($Ln \geq 4d$)	Syarat 2 ($bw \geq 0,3h$)	Syarat 3 ($bw < bk$)
B ₁	10000	9000	372	750	500 x 900	1000	True	True	True
B ₂	8000	7000	291.7	583.33	450 x 750	1000	True	True	True
B ₃	4000	3000	125	250	400 x 700	1000	True	True	True
TB ₁	10000	8800	366.7	733.33	500 x 1000	1200	True	True	True
TB ₂	8000	6800	238.3	566.67	450 x 900	1200	True	True	True
RB	10000	9200	383.3	766.67	400 x 800	800	True	True	True

Tabel 3. Rekapitulasi *preliminary design* balok anak

Tipe	Bentang (mm)	Ln (mm)	b Min (mm)	h Min (mm)	Dimensi (mm)	Bw induk (mm)	Syarat 1 ($Ln \geq 4d$)	Syarat 2 ($bw \geq 0,3h$)	Syarat 3 ($bw < bw i$)
BA ₁	5000	4500	84.38	281.3	400 x 650	500	True	True	True
BA ₂	4000	3550	66.56	221.9	350 x 600	450	True	True	True
BA ₃	200	1600	30	100	300 x 450	400	True	True	True
TBA ₁	5000	4500	84.38	281.3	450 x 800	500	True	True	True
TBA ₂	4000	3550	66.56	221.9	400 x 700	450	True	True	True
RBA	5000	4600	86.56	287.5	300 x 600	400	True	True	True

B) Preliminary design plat

Menurut pasal 8.3.1.1 SNI2847:2019, pelat pada perencanaan ulang ini menggunakan pelat dua arah jika $l_y/l_x < 2$. Berdasarkan SNI2847:2019 Pasal 8.3.1.1 untuk menentukan tebal minimum pelat dua arah. Pada laporan Tugas akhir ini, $f_y = 420$ Mpa dan pelat yang digunakan yaitu panel interior jadi tebal minimum pelat ditentukan dengan tebal minimum = $L/33$. Adapun rekapitulasi *preliminary design* plat disajikan pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Rekapitulasi *preliminary design* plat

Tipe	Ln y (mm)	Ln x (mm)	Ln y / Ln x (mm)	Tipe Pelat	H min (mm)	H pakai (mm)	Syarat (hmin < hpakai)	Keterangan
SP	3650	2850	1.281	Pelat 2 arah	86.364	150	True	Lantai Parkir
SL	3575	2550	1.401	Pelat 2 arah	77.273	130	True	Lantai RS
SA	3600	3600	1	Pelat 2 arah	109.1	110	True	Lantai atap

C) *Preliminary design* kolom

Berdasarkan pasal 18 SNI2847:2019 untuk merencanakan dimensi kolom dengan desain SRPMK maka harus didesain mampu menahan gaya lentur, geser, dan aksial terfaktor minimal sebesar $\frac{Ag \times f_c}{10}$. Berikut ini persamaan yang digunakan dalam menentukan dimensi kolom seperti pada **Persamaan 1**. Adapun hasil *preliminary design* kolom disajikan pada **Tabel 5**.

$$\frac{h_{kolom}}{h_{balok}} > \frac{l_{kolom}}{l_{balok}}$$

Pers 1)

Tabel 5. Rekapitulasi *preliminary design* kolom

Tipe	Bentang (mm)	Tinggi Kolom (mm)	Tinggi Balok (mm)	Lebar balok (mm)	H min (mm)	H pakai (mm)	Syarat (hmin < hpakai)	Dimensi Kolom (mm)
K1	10000	4000	900	500	617.93	1200	True	1200 x 1200
K2	8000	4000	750	450	55.062	1000	True	1000 x 1000
K3	6000	4000	700	400	549.941	900	True	900 x 900
K4	6000	4200	900	500	710.721	800	True	800 x 800
K5	6000	4000	800	400	607.869	700	True	700 x 700

D) *Preliminary design* dinding geser

Tabel 6 merupakan rekapitulasi perhitungan tebal dinding geser yang di pakai dalam perencanaan gedung ini yang dihitung berdasarkan SNI2847:2013 dan SNI2847:2019.

Tabel 6. Rekapitulasi design dinding geser

Tipe	Panjang (mm)	Tinggi (mm)	Diameter Tul (mm)	Tebal min 1 (mm)	Tebal min 2 (mm)	Tebal min 3 (mm)	Tebal min 4 (mm)	Tebal pakai (mm)	Tebal min < tebal pakai
CW1	5580	5000	25	223.2	200	200	289.86	400	True
CW2	5500	5000	25	220	200	200	289.86	400	True
SW	6500	5000	25	260	200	200	289.86	500	True

3.2. Analisis struktur dengan ETABS

Analisis struktur merupakan tahapan desain material, komponen, dan pemodelan pembebanan struktur. Analisis struktur pada perencanaan ulang ini menggunakan *software* ETABS versi 20. Adapun perbandingan masa volume pada beton uji coba tipe A, B, C, D, dan E disajikan pada **Tabel 7**.

Tabel 7. Berat masa beton pada benda uji

Sampel	Berat (Kg)	Rata-rata berat (Kg)	Volume (m ³)	Volume (m ³)	Berat masa volume beton (kg/m ³)	Rata-rata berat masa volume (kg/m ³)
A ₁	12,320	12,327	5298	0,005298	2325,405	2326,821
A ₂	12,335				2328,237	
B ₁	12,445	12,378	5298	0,005298	2348,999	2336,353
B ₂	12,311				2323,707	
C ₁	12,520	12,493	5298	0,005298	2363,155	2358,059
C ₂	12,466				2352,963	
D ₁	12,440	12,407	5298	0,005298	2348,055	2341,921

Sampel	Berat (Kg)	Rata-rata berat (Kg)	Volume (m ³)	Volume (m ³)	Berat masa volume beton (kg/m ³)	Rata-rata berat masa volume (kg/m ³)
D ₂	12,374				2335,787	
E ₁	12,143	12,147			2291,996	2292,845
E ₂	12,152				2293,695	

Berdasarkan tabel grafik di atas rata – rata berat massa untuk beton tipe A adalah 2326,821 kg/m³, tipe B 2336,353 kg/m³, tipe C 2358,059 kg/m³, tipe D 2341,921 kg/m³ dan tipe E 2292,845 kg/m³. Menurut SNI 03-2847-2002 berat massa volume untuk benda uji yang termasuk kategori beton normal adalah tipe A, B, C, dan D sedangkan benda uji tipe E tidak masuk karena berat massanya masih di bawah beton normal menurut SNI 03-2847-20.

3.3. Hasil kutat tekan dan kuat tekan karakteristik

Pengujian kuat tekan beton menggunakan *compression machine* menunjukkan bahwa beban maksimal yang dapat ditahan benda uji sampai terjadi retakan. Adapun hasil kuat tekan beton pada umur 14 hari dan 28 hari disajikan pada **Tabel 8**.

Tabel 8. Hasil kuat tekan beton umur 14 hari dan 28 hari

Sampel	P (N)	A (mm ²)	Kuat tekan beton (N/mm ²)	
			14 hari	28 hari
A	A ₁	189	17662,5	10,70
	A ₂	174	17662,5	12,15
B	B ₁	203	17662,5	9,85
	B ₂	162	17662,5	11,49
C	C ₁	286	17662,5	10,30
	C ₂	253	17662,5	11,70
D	D ₁	194	17662,5	16,19
	D ₂	177	17662,5	18,40
E	E ₁	152	17662,5	14,32
	E ₂	141	17662,5	16,27

Tabel 9. Hasil kuat tekan karakteristik beton

Sampel	P (N)	A (mm ²)	Standar deviasi	Kuat tekan karakteristik (N/mm ²)
A	A ₁	189	17662,5	0,6823
	A ₂	174	17662,5	
B	B ₁	203	17662,5	0,9540
	B ₂	162	17662,5	
C	C ₁	286	17662,5	1,500
	C ₂	253	17662,5	
D	D ₁	194	17662,5	0,772
	D ₂	177	17662,5	
E	E ₁	152	17662,5	0,124
	E ₂	141	17662,5	

Tabel 9 dapat disimpulkan beton dengan jenis B (substitusi limbah beton 5% + abu daun pisang 2,5%) memiliki kuat tekan karakteristik sebesar 10,820 N/mm² memenuhi kuat tekan minimum berdasarkan acuan beton A (Normal) yaitu sebesar 10,557 N/mm². Untuk beton tipe C (substitusi limbah beton 10% + abu daun pisang 5%) dengan kuat tekan karakteristik 14,879 N/mm², kemudian beton tipe D (substitusi limbah beton 15% + abu daun pisang 7,5%) dengan kuat tekan karakteristik 10,668 N/mm², sedangkan beton tipe E (substitusi limbah beton 20% + abu daun pisang 10%) dengan kuat tekan karakteristik sebesar 9,220 N/mm² tidak memenuhi kuat tekan minimum yang dibandingkan dengan beton tipe A (Normal).

3.4. Biaya material

Analisis perhitungan biaya dibuat berdasarkan kebutuhan job mix dan disesuaikan dengan analisa harga satuan (AHSP) Kota Semarang tahun 2024. Perhitungan biaya modifikasi *paving block* disajikan

pada **Tabel 10**.

Tabel 10. Biaya produksi beton A

No	Material	Harga Satuan/kg	Kebutuhan Material (kg/m ³)	Harga
1	Semen	Rp1.160,00	276	Rp320.160,00
2	Pasir Batu	Rp273,00	828	Rp226.044,00
3	Kerikil	Rp254,00	1012	Rp257.048,00
Total Harga				Rp803.252,00

Tabel 11. Biaya produksi beton B (2,5% abu daun pisang + 5% limbah beton)

No	Material	Harga Satuan/kg	Kebutuhan Material (kg/m ³)	Harga
1	Semen	Rp1.160,00	276	Rp320.160,00
2	Pasir batu	Rp273,00	828	Rp226.044,00
3	Kerikil	Rp254,00	961,4	Rp244.195,60
4	Limbah beton	-	50,6	-
5	Abu daun pisang	-	6,9	-
Total Harga				Rp790.399,60

Tabel 12. Biaya produksi beton C (5% abu daun pisang + 15% limbah beton)

No	Material	Harga Satuan/kg	Kebutuhan Material (kg/m ³)	Harga
1	Semen	Rp1.160,00	276	Rp320.160,00
2	Pasir batu	Rp273,00	828	Rp226.044,00
3	Kerikil	Rp254,00	961,4	Rp231.343,20
4	Limbah beton	-	101,2	-
5	Abu daun pisang	-	13,8	-
Total Harga				Rp777.547,20

Tabel 13. Biaya produksi beton D (7,5% abu daun pisang + 15% limbah beton)

No	Material	Harga Satuan/kg	Kebutuhan Material (kg/m ³)	Harga
1	Semen	Rp1.160,00	276	Rp320.160,00
2	Pasir batu	Rp273,00	828	Rp226.044,00
3	Kerikil	Rp254,00	860,2	Rp218.490,80
4	Limbah beton	-	151,8	-
5	Abu daun pisang	-	20,7	-
Total Harga				Rp764.694,80

Tabel 14. Biaya produksi beton E (10% abu daun pisang + 20% limbah beton)

No	Material	Harga Satuan/kg	Kebutuhan Material (kg/m ³)	Harga
1	Semen	Rp1.160,00	276	Rp320.160,00
2	Pasir batu	Rp273,00	828	Rp226.044,00
3	Kerikil	Rp254,00	809,6	Rp205.638,50
4	Limbah beton	-	202,4	-
5	Abu daun pisang	-	27,6	-
Total Harga				Rp751.842,50

Berdasarkan hasil analisis didapatkan perbedaan biaya produksi pada kelima jenis beton. Beton A (Normal) menjadi acuan perbandingan dari analisis ini. pada beton B, C, D, dan E secara berturut-turut

terdapat selisih biaya produksi sebesar Rp.12.852,40; Rp. 25.704,80; Rp. 38.557,20, dan Rp. 51.409,50 terhadap beton A (Normal) yang merupakan beton A adalah beton dengan biaya tertinggi.

4. Kesimpulan

Nilai kuat tekan beton dipengaruhi oleh penggunaan limbah beton sebagai pengganti Sebagian agregat kasar dan penambahan abu daun pisang sebagai pengganti semen secara parsial. Dalam penelitian ini, beton B menunjukkan kuat tekan karakteristik yang lebih tinggi (10,820 N/mm²), dan beton C menunjukkan peningkatan yang signifikan (14,8879 N/mm²). Namun, beton D dan E menunjukkan kuat tekan karakteristik yang lebih rendah (10,668 N/mm²) dan 9,220 N/mm², masing-masing, sehingga beton E tidak memenuhi kuat tekan minimum yang diperlukan untuk dibandingkan dengan beton A. Hasilnya menunjukkan bahwa beton campuran pada beton B, C, dan D dapat digunakan sebagai beton lantai kerja. Namun, dibandingkan dengan biaya produksi variasi yang lain beton C yang mana kuat tekannya lebih tinggi memiliki biaya produksi lebih murah dibandingkan beton normal. Yakni selisih biaya produksi pada kelima jenis beton. Beton A (Normal) menjadi acuan perbandingan dari analisa ini. pada beton B, C, D, dan E secara berturut-turut terdapat selisih biaya produksi sebesar Rp.12.852,40; Rp. 25.704,80; Rp. 38.557,20, dan Rp. 51.409,50 terhadap beton A (Normal) yang merupakan beton A adalah beton dengan biaya tertinggi.

Referensi

- Badan Standar Nasional. (1971). *SNI 03-1971-1990 Metode Pengujian Kadar Air Agregat*.
 Badan Standar Nasional. (1972). *SNI 03-1972-1990 Metode Pengujian Slump Beton*.
 Badan Standar Nasional. (1974). *SNI 03-1974-1990 Metode Pengujian Kuat Tekan Beton*.
 Badan Standar Nasional. (1990). *SNI T-15-1990-03 Pembuatan Benda Uji*.
 Badan Standar Nasional. (1991). *SNI 03-2417-1991 Metode Pengujian Keausan Agregat Dengan Mesin Abrasi Los Angeles*.
 Badan Standar Nasional. (2002). *SNI 03-2847-2002 Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*.
 Badan Standar Nasional. (2008). *SNI 7394:2008 Tata Cara Perhitungan Harga Satuan Pekerjaan Beton untuk Konstruksi Bangunan Gedung dan Perumahan*.
 Department of Defense. (2003a). *ASTM C 29M-97 Standard Test Method for Bulk Density ("Unit Weight") and Voids in Aggregate*.
 Department of Defense. (2003b). *ASTM C 127-01 Standard Test Method for Specific Gravity and Absorption of Coarse Aggregate*.
 Department of Defense. (2003c). *ASTM C 128-01 Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Fine Aggregate*.
 Department of Defense. (2003d). *ASTM C 136-01 Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates*.
 Department of Defense. (2003e). *ASTM C 138M-01a Standard Test Method for Density (Unit Weight), Yield, and Air Content (Gravimetric) of Concrete*



Integrasi BIM 5D pada perencanaan ulang struktur bangunan gedung Parkir Dinas Teknis Jatibaru

Nur Hafsa^{a*}, Naura Rahma Pramudhita^a, Bambang Setiabudi^a, Anita Lestari Condro Winarsih^a

^{a*}^aTeknik Infrastruktur Sipil dan Perancangan Arsitektur, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro, Indonesia

ARTICLE INFO

Corresponding author:

Email:

sashahafsha623@gmail.com

Article history:

Received : 04 July 2025

Revised : 20 December 2025

Accepted : 21 December 2025

Publish : 25 December 2025

Keywords:

BIM 5D, dual system, etabs, redesign

ABSTRAK

Building Information Modeling (BIM) is an integrated digital method that enhances efficiency in construction project management by combining planning, execution, and control elements. This study utilizes the BIM 5D approach, which integrates 3D modeling, scheduling, and cost estimation, to redesign the structural system of a multi-story parking building using a Moment Resisting Frame (SRPM) as an earthquake-resistant structural system. The main focus of this research is to produce a more accurate and efficient Bill of Quantities (BoQ) and cost estimation through data integration from Revit, Microsoft Project, and Navisworks. The structural model is developed in Revit to generate a detailed three-dimensional representation, followed by scheduling in Microsoft Project. Subsequently, all cost-related data is imported into Navisworks for quantity takeoff and automated cost analysis. The results indicate that the application of BIM 5D significantly improves the accuracy of BoQ preparation and supports more effective decision-making in project planning. These findings can serve as a reference for optimizing cost planning processes in high-rise construction projects, particularly those designed for seismic resilience in Indonesia.

Copyright © 2025 PILARS-UNDIP

1. Pendahuluan

Kawasan metropolitan Jakarta saat ini menjadi pusat urbanisasi dan pertumbuhan kendaraan bermotor yang pesat. Dengan jumlah penduduk yang mencapai sekitar 11 juta jiwa dan densitas lebih dari 14.400 jiwa/km², serta populasi wilayah metropolitannya diperkirakan mencapai 32,3 juta jiwa pada pertengahan tahun 2024, tekanan terhadap infrastruktur perkotaan terus meningkat. Salah satu dampak signifikan dari perkembangan ini adalah tingginya laju pertumbuhan kendaraan bermotor di wilayah Jabodetabek, yang tercatat sekitar ±2,9 % per tahun pada periode 2016–2020 menurut data BPS. Tren ini memicu lonjakan permintaan ruang parkir, kemacetan lalu lintas, serta menimbulkan dampak lingkungan yang signifikan.

Dengan pertumbuhan kendaraan swasta dan kantor komersial yang tidak diimbangi revisi standar rasio parkir sejak dua dekade terakhir, kebutuhan parkir di Jakarta jauh melebihi kapasitas yang tersedia. Penelitian terhadap gedung perkantoran swasta di Jakarta menyimpulkan bahwa "standar rasio parkir di Jakarta tidak lagi layak berdasarkan fakta di lapangan" (Tedja, 2022). Ketidakseimbangan antara permintaan dan kapasitas parkir tersebut mendorong terjadinya praktik parkir liar, kemacetan lokal, serta penurunan kinerja sistem transportasi kota secara keseluruhan.

Salah satu solusi atas keterbatasan lahan, pembangunan gedung parkir bertingkat menjadi strategi efisien yang memungkinkan menyediakan kapasitas parkir lebih besar dalam areal yang terbatas. Dalam perancangan struktur bangunan, Jakarta sebagai wilayah dengan potensi seismisitas menengah-tinggi membutuhkan sistem struktur yang tahan gempa. Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM) menjadi pilihan struktural yang efektif karena kekakuan lateral dan performa seismik tinggi, cocok untuk memastikan ketahanan gedung parkir bertingkat terhadap beban gempa sesuai SNI 1726:2019 dan SNI

2847:2019 (Muhlisin & Nawang Sari, 2022). Di samping kebutuhan struktur tahan gempa, digitalisasi melalui BIM 5D menawarkan efisiensi signifikan dalam manajemen biaya dan jadwal proyek. Penelitian pada proyek apartemen 16 lantai mencatat pengurangan biaya tenaga kerja sebesar Rp171.989.939 ($\approx 6,33\%$) dan efisiensi volume pekerjaan beton dan besi berturut-turut sebesar 7,21 %, 10,87 %, dan 5,98 %, dengan total penghematan sekitar Rp406.697.000, jauh melampaui investasi aplikasi BIM senilai Rp127.000.000 (Umam et al., 2022). Studi lain juga menyoroti peran BIM 5D dalam memperbaiki akurasi *quantity take off*, estimasi biaya, serta pengendalian proyek secara visual dan dinamis (Herdyana & Suroso, 2023).

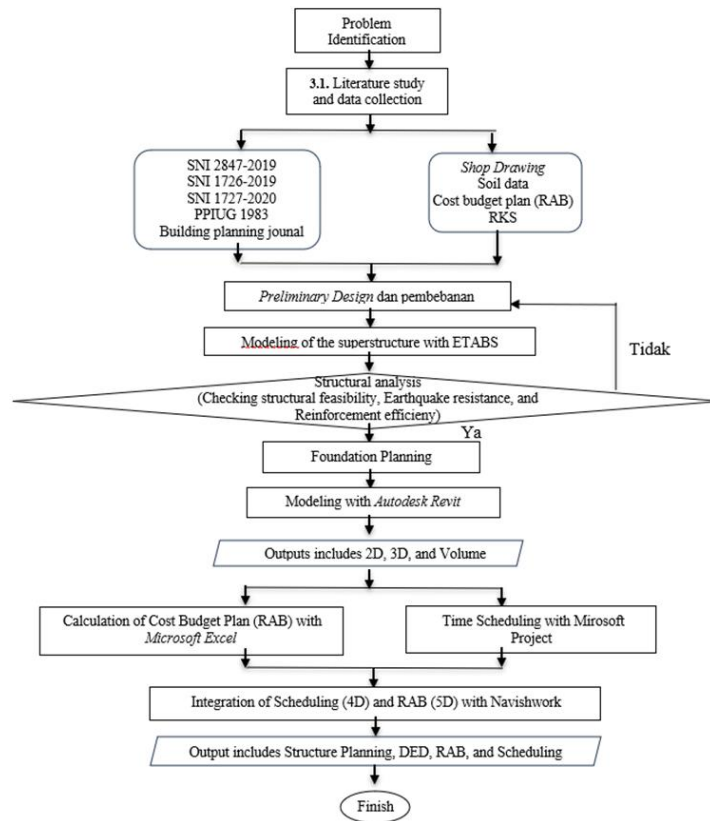
Dengan demikian, mempertimbangkan kondisi urbanisasi yang pesat, permintaan parkir yang melampaui kapasitas eksisting, kebutuhan struktur tahan gempa, dan potensi efisiensi digital melalui BIM 5D, penelitian ini bertujuan merancang ulang gedung parkir bertingkat di Jakarta menggunakan integrasi BIM 5D. Pendekatan ini diharapkan dapat menghasilkan desain struktural seismik-tahan yang efisien dari sudut pandang biaya dan durasi pelaksanaan, sekaligus memenuhi kebutuhan ruang parkir di kawasan perkotaan dengan keterbatasan lahan.

2. Data dan Metode

Gedung Parkir Dinas Teknis Jatibaru akan direncanakan ulang dengan menggunakan sistem bangunan tahan gempa dengan sistem rangka pemikul momen berdasarkan (SNI 1726:2019). Perencanaan beton diperhitungkan dengan beton bertulang sesuai (SNI 2847:2019 dan SNI 2847:2013 tentang persyaratan beton struktural). Pembebanan yang digunakan diperhitungkan dengan beban mati, beban hidup, beban angin, dan beban hujan yang mengacu pada (SNI 1727:2020 dan ASCE-16) tentang beban minimum bangunan.

Jakarta sebagai salah satu kawasan yang memiliki tingkat aktivitas seismik yang signifikan memerlukan pendekatan desain struktur yang komprehensif dan sesuai standar. Berdasarkan kalsifikasi risiko gempa yang ditinjau menurut SNI 1726:2019, Gedung Parkir Umum Dinas Teknis Jatibaru termasuk dalam kategori risiko II. Hasil uji tanah melalui metode N-SPT, lokasi proyek diklasifikasikan sebagai tanah lunak (*Soil Type SE*). Parameter percepatan spektral situs diperoleh sebesar $S_{(DS)}$ 0,664 g dan $S_{(D1)}$ 0,63 g, maka dapat disimpulkan berdasarkan (SNI 1726:2019 tabel 8 dan 9) kategori seismik pada periode 1 detiknya termasuk dalam kategori desain seismik D. Oleh karena itu, pendekatan perencanaan gedung ditetapkan menggunakan Metode Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK), yang merupakan sistem struktur dengan daktilitas tinggi sesuai prinsip *capacity design* untuk bangunan tahan gempa.

Perencanaan ulang Gedung Rumah Sakit Kasih Ibu Surakarta diawali Analisis struktur menggunakan *software* ETABS, visualisasi 3D dan *quantity take off* (QTO) dengan *software* Autodesk Revit, Perencanaan biaya dengan *Microsoft excel*, *time schedule* dengan *Microsoft Project* serta Naviswork untuk simulasi 5D. **Gambar 1** menunjukkan diagram alir.



Gambar 1. Diagram alir perencanaan ulang

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Analisis dan perhitungan balok struktur

Analisis struktur dengan menggunakan perangkat lunak ETABS, didapatkan hasil-hasil gaya dalam pada struktur yang diperoleh dari kerja struktur akibat pembebanan. Hasil As tulangan digunakan untuk merencanakan tulangan struktur balok sehingga didapatkan hasil seperti yang disajikan pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Rekapitulasi analisis balok struktur

Type	Dimensi	Daerah	Letak Tulangan	As Min mm ²	As Pakai mm ²	Tulangan Pasang
G1 X	350 x 700	Tumpuan	Atas	742	1204,8	4D-22
			Bawah	742	811,0	3D-22
		Lapangan	Atas	742	811,0	3D-22
			Bawah	742	811,0	4D-22
G1 Y	400 x 700	Tumpuan	Atas	820,3	4169,4	9D-25
			Bawah	820,3	1104,5	3D-25
		Lapangan	Atas	820,3	2029,0	5D-25
			Bawah	820,3	1722,0	5D-25
G6	350 x 900	Tumpuan	Atas	975,3	1786,4	5D-22
			Bawah	975,3	1056,0	3D-22
		Lapangan	Atas	975,3	1056,0	3D-22
			Bawah	975,3	1056,0	5D-22
G7	350 x 850	Tumpuan	Atas	954,3	2280,80	6D-22
			Bawah	954,3	1140,40	3D-22
		Lapangan	Atas	954,3	1140,40	3D-22
			Bawah	954,3	2280,80	6D-22
G8	500 x 960	Tumpuan	Atas	1493,3	1861,5	5D-22
			Bawah	1493,3	1614,0	5D-22
		Lapangan	Atas	1493,3	1614,0	5D-22
			Bawah	1493,3	1614,0	5D-22
B1	250 X 550	Tumpuan	Atas	407,5	764,0	3D-22
			Bawah	407,5	447,0	2D-22

Tipe	Dimensi	Daerah	Letak Tulangan	As Min mm ²	As Pakai mm ²	Tulangan Pasang
B2	300 X 550	Lapangan	Atas	407,5	447,0	2D-22
			Bawah	407,5	447,0	3D-22
		Tumpuan	Atas	457,5	2015,8	5D-25
			Bawah	457,5	797,0	2D-25
B3	350 X 450	Lapangan	Atas	457,5	537,0	2D-25
			Bawah	457,5	797,3	3D-25
		Tumpuan	Atas	453,8	1106,2	4D-22
			Bawah	453,8	921,0	3D-22
B4	350 X 700	Lapangan	Atas	453,8	504,0	3D-22
			Bawah	453,8	921,0	4D-22
		Tumpuan	Atas	742	1299,4	5D-22
			Bawah	742	811,0	3D-22
TB1	350 X 600	Lapangan	Atas	742	811,0	3D-22
			Bawah	742	811,0	3D-22
		Tumpuan	Atas	627,08	1497,5	6D-19
			Bawah	627,08	644	3D-19
TB2	400 X 700	Lapangan	Atas	627,08	644	3D-19
			Bawah	627,08	658,8	3D-19
		Tumpuan	Atas	846	2037,7	5D-25
			Bawah	846	948	3D-25
Lapangan	Atas	846	946	3D-25		
	Bawah	846	1519	4D-25		

3.2. Analisis dan perhitungan pelat struktur

Kebutuhan tulangan As tekan dan As tarik pelat struktur untuk memenuhi persyaratan kuat momen dan rasio penulangan sesuai SNI 2847- 2019 diperoleh hasil penulangan pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Rekapitulasi analisis pelat struktur

Tipe	Tipe pelat	Tebal (mm)	Daerah	As pakai (mm)	Tulangan
P1'	Pelat satu arah	120	Tumpuan X	1005,7	D16- 200
			Lapangan X	1005,7	D16- 200
			Tumpuan X	135,8	D10- 200
			Lapangan X	135,8	D10- 200
P2'	Pelat dua Arah	120	Tumpuan X	885,2	D13- 150
			Lapangan X	885,2	D13- 150
			Tumpuan X	885,2	D13- 150
			Lapangan X	885,2	D13- 150
P3'	Pelat dua arah	100	Tumpuan X	885,2	D13- 150
			Lapangan X	885,2	D13- 150
			Tumpuan X	885,2	D13- 150
			Lapangan X	885,2	D13- 150

3.3. Analisis dan perhitungan kolom struktur

Perhitungan tulangan kolom diperoleh dari hasil analisis struktur menggunakan perangkat lunak ETABS dari hasil gaya dalam khususnya gaya aksial karena kolom menerima beban vertikal yang besar. Sehingga diperoleh tulangan kolom yang dihitung berdasarkan standar (SNI 2847:2019) sebagai seperti yang disajikan pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Rekapitulasi analisis kolom struktur

Tipe	As Pakai	Tulangan	Ratio SNI 2847 : 2019 Pasal	
K1' 80 X 80	9817	20D: 25	1.53%	OK
K3' 50 X 50	13210	20D: 29	5.28%	OK
K4' 45 X 45	4562	12D: 22	2.25%	OK
K5' 50 X 50	4562	12D: 22	1.82%	OK
K6' 55 X 55	4562	12D: 22	1.51%	OK
K7' 60 X 60	6082	16D: 22	1.69%	OK
K8' 65 X 65	6082	16D: 22	1.44%	OK

3.4. Perencanaan struktur bawah

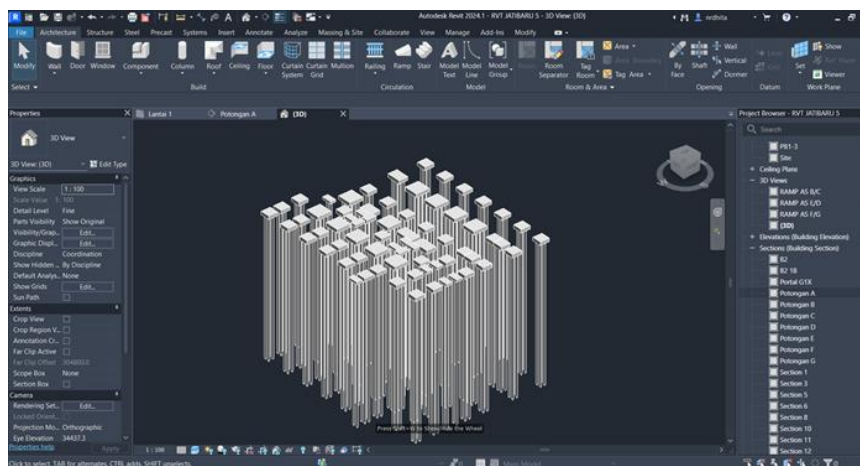
Perencanaan fondasi *spun pile* diawali dengan investigasi tanah melalui data SPT untuk menentukan daya dukung aksial tunggal maupun kelompok menggunakan metode seperti Meyerhoff, Vesic, dan Seiler Keeny. Dari penelitian numerik oleh (Callista et al., 2022) membandingkan tiang pancang kosong dengan pengisi beton serta variasi dari jumlah tulangan spiral yang disambung ke dalam Pile Cap memberi dampak pada daktilitas, kekuatan, dan *performance-based design*, terkhusus pada mitigasi risiko seismik. Adapun hasil perhitungan tulangan pile cap disajikan pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Rekapitulasi perhitungan pile cap

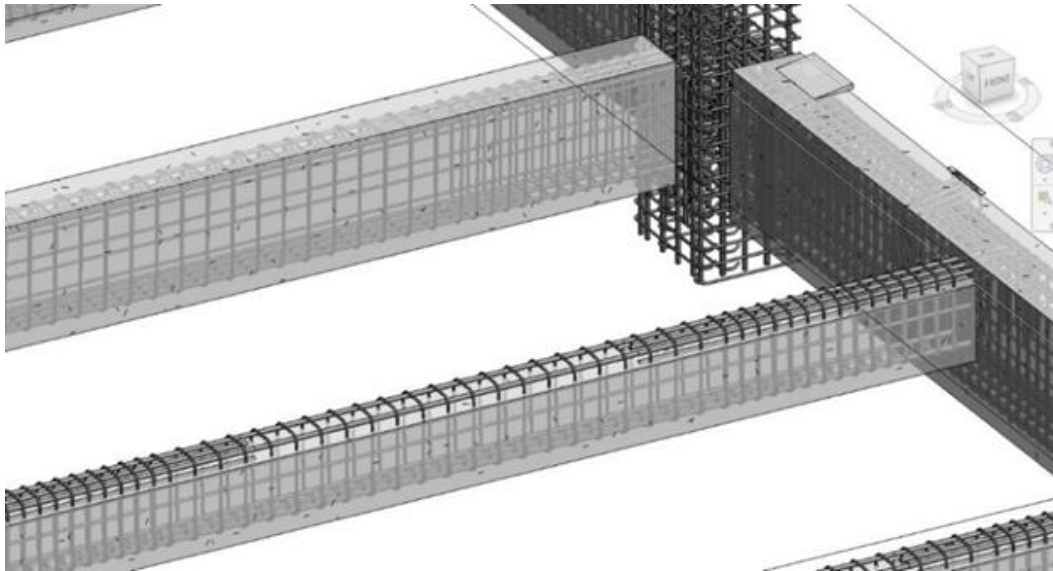
Tipe	Tebal (mm)	Tiang (bh)	Arah Tulangan	Letak	db Tulangan
P1' 1950X3450	800	2	Arah X	Bawah Atas	D29-125 D16-125
			Arah Y	Bawah Atas	D29-125 D16-125
P4' 3300X3300	1200	4	Arah X	Bawah Atas	D29-175 D16-175
			Arah Y	Bawah Atas	D29-175 D16-175
P6' 3300X4800	1200	6	Arah X	Bawah Atas	D29-125 D16-125
			Arah Y	Bawah Atas	D29-125 D16-125
P8' 3300X6300	1200	8	Arah X	Bawah Atas	D25-125 D16-125
			Arah Y	Bawah Atas	D25-125 D16-125
P9' 4800X4800	1200	9	Arah X	Bawah Atas	D25-125 D16-125
			Arah Y	Bawah Atas	D25-125 D16-125

3.5. Pemodelan 3D

Setelah diperoleh konfigurasi struktur akhir dari ETABS, seluruh elemen struktural dimodelkan ulang secara tiga dimensi menggunakan Autodesk Revit 2024. Pemodelan elemen termasuk pemodelan kolom, balok, pelat lantai, *ramp*, fondasi, serta pile cap ditunjukkan pada **Gambar 2**, **Gambar 3**, dan **Gambar 4**



Gambar 2. Pemodelan 3D pile cap melalui Revit



Gambar 3. Pemodelan tulangan pada struktur bangunan gedung parkir



Gambar 4. Pemodelan 3D gedung parkir

3.6. Luaran hasil pemodelan 3D *quantity take off*

Setelah dilakukan pemodelan dalam bentuk 3D akan otomatis dihasilkan *Quantity Material Take Off* (QTO), serta membuat gambar-gambar dua dimensi (2D) atau gambar teknis tanpa membuat lagi secara manual (Marizan, 2019). *Quantity Take Off (QTO)* merupakan proses pengambilan data kuantitas material secara otomatis dari model 3D yang telah dibangun dalam platform *Building Information Modeling* (BIM), seperti Autodesk Revit. Setelah pemodelan berbasis 3D, Revit memungkinkan pengguna untuk mengekstrak volume, panjang, luas, dan jumlah unit komponen bangunan secara langsung melalui fitur *Schedules* dan *Material Takeoff*. *Quantity Take Off (QTO)* merupakan salah satu langkah yang dilakukan oleh kontraktor untuk menghitung volume pekerjaan. Hasil perhitungan ini kemudian digunakan sebagai dasar dalam penyusunan *Bill of Quantity* (BOQ) pada proses tender, serta menjadi acuan dalam pelaksanaan pengadaan (*procurement*) (Anggraini, 2023). Adapun hasil *quantity take off* disajikan pada **Gambar 5**.

<Beton Balok>							
A	B	C	D	E	F	G	H
Type	b balok	h balok	Reference Level	Cut Length	Count	Volume Beton	Bekisting (m2)
31 250X550	250	550	Lantai 1B	8050	1	1.11 m³	10.87 m²
31 250X550	250	550	Lantai 1B	8050	1	1.11 m³	10.87 m²
31 250X550	250	550	Lantai 1B	8050	1	1.11 m³	10.87 m²
31 250X550	250	550	Lantai 1B	8050	1	1.11 m³	10.87 m²
31 250X550	250	550	Lantai 1B	8050	1	1.11 m³	10.87 m²
31 250X550	250	550	Lantai 1B	8050	1	1.11 m³	10.87 m²
31 250X550	250	550	Lantai 1B	8050	1	1.11 m³	10.87 m²
31 250X550	250	550	Lantai 1B	8050	1	1.11 m³	10.87 m²
31 250X550	250	550	Lantai 1B	7900	1	1.09 m³	10.67 m²
31 250X550	250	550	Lantai 1B	1275	1	0.18 m³	1.72 m²
31 250X550	250	550	Lantai 1B	1550	1	0.21 m³	2.09 m²
31 250X550	250	550	Lantai 1B	736	1	0.10 m³	0.99 m²
31 250X550	250	550	Lantai 1B	3100	1	0.43 m³	4.19 m²
31 250X550	250	550	Lantai 1B	1125	1	0.15 m³	1.52 m²
31 250X550	250	550	Lantai 1B	901	1	0.12 m³	1.22 m²
31 250X550	250	550	Lantai 1B	3100	1	0.43 m³	4.19 m²
31 250X550	250	550	Lantai 1B	1350	1	0.19 m³	1.82 m²
31 250X550	250	550	Lantai 1B	925	1	0.13 m³	1.25 m²
31 250X550	250	550	Lantai 1B	8050	1	1.11 m³	10.87 m²
31 250X550	250	550	Lantai 2A	1923	1	0.26 m³	2.60 m²
31 250X550	250	550	Lantai 2A	1998	1	0.27 m³	2.70 m²
31 250X550	250	550	Lantai 2A	2100	1	0.25 m³	2.84 m²
31 250X550	250	550	Lantai 2A	1375	1	0.19 m³	1.86 m²
31 250X550	250	550	Lantai 2A	675	1	0.09 m³	0.91 m²
31 250X550	250	550	Lantai 2B	1175	1	0.16 m³	1.59 m²
31 250X550	250	550	Lantai 2B	1550	1	0.21 m³	2.09 m²
31 250X550	250	550	Lantai 2B	736	1	0.10 m³	0.99 m²
31 250X550	250	550	Lantai 2B	3100	1	0.43 m³	4.19 m²
31 250X550	250	550	Lantai 2B	1125	1	0.15 m³	1.52 m²
31 250X550	250	550	Lantai 2B	901	1	0.12 m³	1.22 m²
31 250X550	250	550	Lantai 2B	3100	1	0.43 m³	4.19 m²

Gambar 5. Quantity take off pemodelan 3D

Integrasi QTO ini juga sangat penting dalam implementasi BIM 5D, data kuantitas dapat langsung dihubungkan dengan harga satuan dan jadwal proyek, sehingga mendukung pengendalian biaya dan waktu secara *real-time*. Hasil *Quantity Take Off* yang diperoleh disajikan pada **Tabel 5**.

Tabel 5. Rekapitulasi quantity take off

Elemen Struktur	Volume Beton (m³)	Volume Besi (kg)	Luas Bekisting (m²)
Kolom Lantai 1	218,71	60.194,99	98,1
Balok Lantai 1	377,19	123.692,88	2.747,89
Pelat Lantai 1	193,44	52086,56	1750,07
Fondasi	985,22	110.150,1	1.109

3.7. Perhitungan rencana anggaran biaya (RAB)

Perhitungan rencana anggaran biaya (RAB) diperoleh berdasarkan volume hasil luaran dari pemodelan 3D menggunakan Autodesk Revit dengan merekap hasil Quantity Take Off yang kemudian di kalikan dengan harga berdasarkan harga satuan pekerjaan (HSP). Analisis harga satuan pekerjaan (AHSP) ini di dasarkan pada Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) Nomor 8 tahun 2023 dan Peraturan Gubernur Daerah Khusus Ibukota Jakarta Nomor 7 tahun 2024 untuk menghasilkan harga satuan seperti yang disajikan pada **Tabel 6**.

Tabel 6. Harga satuan pekerjaan

NO	URAIAN PEKERJAAN	SATUAN	HARGA SATUAN
1	Pemasangan 1m' Seng Setinggi 2 m	m'	Rp 472.707,02
	Pekerjaan 1m' Pengukuran dan Pemasangan		
2	Bowplank	m'	Rp 115.394,33
3	Pembuatan 1m2 Direksi Keet dan Gudang	m²	Rp 2.560.456,83
4	Pembuatan 1 Buah Papan Nama Pekerjaan 0,8x1,2m	Ls	Rp 1.138.200,06
5	Pembersihan Lahan per m2	m²	Rp20.233,37
6	Mobilisasi Crawler crane	Ls	Rp4.000.000,00

NO	URAIAN PEKERJAAN	SATUAN	HARGA SATUAN
7	Mobilisasi Driver Hammer	Ls	Rp4.000.000,00
8	Pekerjaan 1 m3 Galian Tanah Lumpur	m ³	Rp90.360,03
9	Pekerjaan 1 m3 Pembuangan Galian Tanah Pasir	m ³	Rp65.455,70
10	Pekerjaan 1 m3 Urugan Tanah Kembali	m ³	Rp101.166,84
11	Pekerjaan 1 m3 Urugan Pasir	m ³	Rp385.227,38
12	Pekerjaan Beton B0 1m2 untuk Lantai Kerja	m ³	Rp1.149.627,05
13	Pekerjaan Pemadatan dengan Stamper	m ³	Rp18.626,30
14	Pendatangan Spun Pile Dia. 60 cm Pemancangan per m' Spun Pile Dia. 60 cm Secara	Ls	Rp 80.300.000,00
15	Mekanis	m'	Rp1.343.056,77
16	Pengadaan 1m3 Beton Ready Mix F'c 40 Mpa	m ³	Rp1.641.982,81
17	Pengadaan 1m3 Beton Ready Mix F'c = 35 Mpa Pembesian Slab dengan Besi Ulir per kg (BJTD 420) ≥	m ³	Rp1.495.387,46
18	12mm Pembesian dengan Besi Ulir per kg (BJTD 420) ≥	Kg	Rp12.551,59
19	12mm	Kg	Rp 13.262,57
20	Bekisting Untuk Kolom 1 m2 3x Pakai	m ²	Rp420.777,85
21	Bekisting Untuk Balok 1 m2 3x Pakai	m ²	Rp427.265,05
22	Bekisting Untuk Pelat 1 m2 3x Pakai	m ²	Rp480.941,98
23	Bekisting Batako per 1m2	m ²	Rp179.651,05

Dari hasil analisis harga satuan pekerjaan serta rekap volume pekerjaan maka diperoleh rencana anggaran biaya (RAB) sebesar Rp101.498.400.000,00. Angka tersebut lebih kecil dari proyek eksistingnya yang pada pekerjaan struktur menghabiskan biaya hingga Rp145.000.000.000,00. Angka ini membuktikan bahwa pada perencanaan ulang ini efisiensi biaya bisa didapatkan hingga 30% dari harga aslinya. Adapun rekapitulasi rencana anggaran biaya (RAB) total disajikan pada **Tabel 7**.

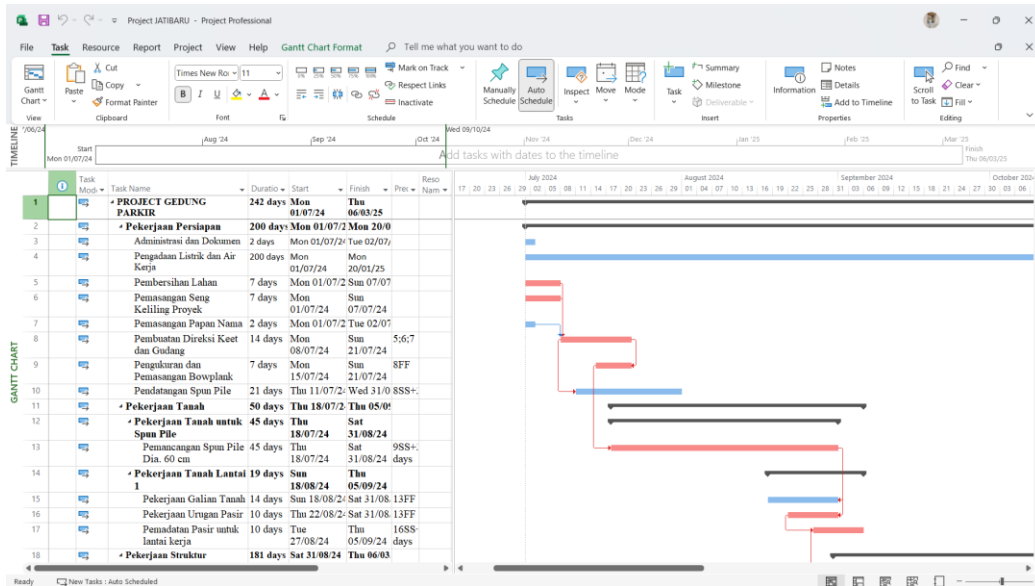
Tabel 7. Rekapitulasi rencana anggaran biaya (RAB)

No	Pekerjaan	Harga (Rp.)
A.1	Pekerjaan Persiapan	713.533.198,62
A.2	Pekerjaan Tanah	20.822.475.409,70
A.3	Pekerjaan Struktur	69.087.571.351,10
A.3.1	Pekerjaan Struktur Bawah	5.838.069.720,18
A.3.2	Pekerjaan Struktur Atas	63.249.501.630,92
A.3.2.1	Pekerjaan Struktur Lantai 1	5.162.065.991,38
A.3.2.2	Pekerjaan Struktur Lantai 2	6.315.492.385,50
A.3.2.3	Pekerjaan Struktur Lantai 3	6.093.749.429,78
A.3.2.4	Pekerjaan Struktur Lantai 4	6.064.165.849,06
A.3.2.5	Pekerjaan Struktur Lantai 5	6.122.937.368,23
A.3.2.6	Pekerjaan Struktur Lantai 6	5.919.946.653,39
A.3.2.7	Pekerjaan Struktur Lantai 7	5.788.624.608,37
A.3.2.8	Pekerjaan Struktur Lantai 8	5.867.487.491,88
A.3.2.9	Pekerjaan Struktur Lantai 9	5.839.024.913,97
A.3.2.10	Pekerjaan Struktur Lantai 10	5.473.526.483,45
A.3.2.11.1	Pekerjaan Struktur Lantai Atap	3.017.770.045,80
A.3.2.11.2	Pekerjaan Struktur Lantai Atap <i>Lift</i>	1.584.710.410,11
	TOTAL PEKERJAAN	90.623.579.959,42
	PPN 12%	10.874.829.595,13
	TOTAL BIAYA	101.498.409.554,55
	PEMBULATAN	101.498.400.000,00

3.8. Pendjadwalan proyek

Hasil perencanaan *time scheduling* proyek Gedung Parkir Dinas Teknik Jatibaru ini di rencanakan selesai dalam 43 minggu mulai dari 1 Juli 2024 dan direncanakan selesai pada 29 april 2025.

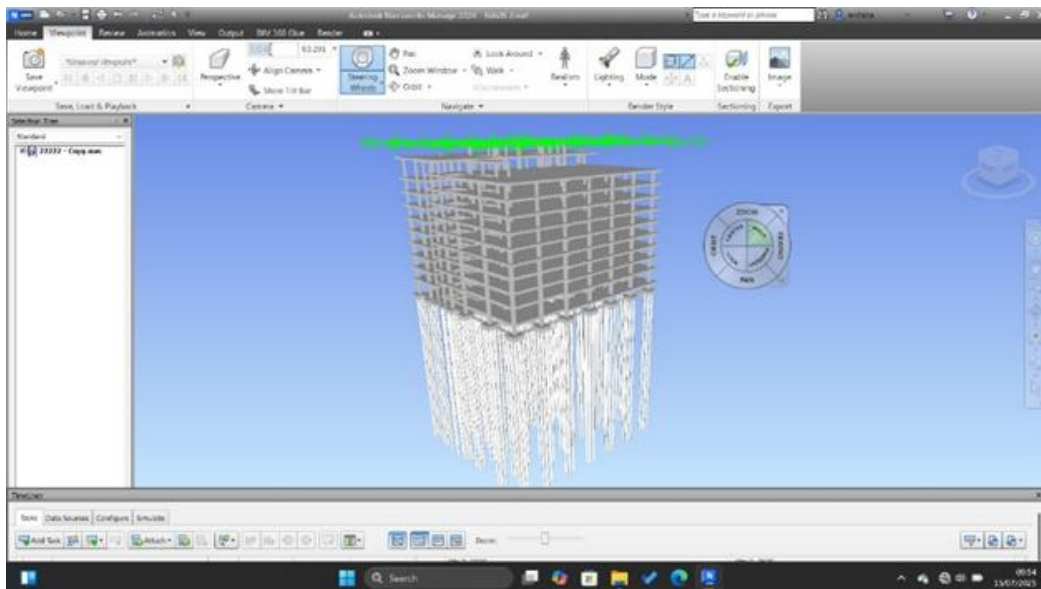
Perencanaan ini di dihasilkan dengan meninjau bobot pekerjaan dari masing-masing harga pekerjaan dibandingkan dengan rencana anggaran biaya keseluruhan dikalikan dengan persen. Dengan melihat bobot dan meninjau urutan pekerjaan maka diperoleh hasil *time scheduling* ditunjukkan pada **Gambar 6**.



Gambar 6. Pendjadwalan proyek gedung parkir Jatibaru

3.9. Integrasi BIM 5D

Integrasi berbasis BIM 5 Dimensi ini dilakukan dengan perangkat lunak Autodesk naviswork dengan menghubungkan pemodelan 3 Dimensi hasil dari Autodesk Revit dengan *Time Scheduling* dari *Microsot project* yang juga sudah terintegrasi dengan rencana anggaran biaya (RAB) dalam satu perintah. Integrasi BIM 5D ini mengusung visualisasi dari pekerjaan proyek sesuai dengan urutan pekerjaan dari penjadwalan dengan dilengkapi informasi bobot pekerjaan, waktu, dan harga dari setiap progres pekerjaan seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 7**.



Gambar 7. Integrasi penjadwalan dan RAB dengan 3D modeling

4. Kesimpulan

Terdapat beberapa kesimpulan yang dapat diambil dalam perencanaan ulang Gedung Parkir Dinas Teknis Jatibaru sebagai berikut:

- 1) Perencanaan dimensi pada *preliminary design* Gedung Parkir Dinas Teknis teranalisis sebagai struktur yang aman sesuai dengan kriteria Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus dengan tinggi bangunan 11 lantai dengan *split* elevasi.
- 2) Perencanaan gedung berbasis BIM ini dapat menurunkan pengeluaran biaya hingga 30% dilihat dari pekerjaan strukturnya. *Project* eksisting gedung parkir menghabiskan biaya hingga Rp 145.000.000.000 dan pada perencanaan struktur ini didapatkan hasil rencana anggaran biaya sebesar 101.498.400.000,00.
- 3) Dengan mengintegrasikan penjadwalan proyek dan rencana anggaran biaya (RAB) maka didapatkan bobot dari setiap pekerjaan untuk merencanakan penjadwalan proyek. Dan didapati pada perencanaan ulang proyek Gedung Parkir Jatibaru ini direncanakan penjadwalan dalam 43 minggu terhitung dari 1 juli 2024 hingga 29 April 2025.
- 4) Pengintegrasian penjadwalan dari *Microsoft Project* dengan pemodelan 3 dimensi dari Autodesk Revit kedalam Autodesk Naviswork menghasilkan visualisasi tahapan pekerjaan mulai dari struktur bawah hingga atas dengan keterangan bobot pekerjaan, harga, serta waktu pekerjaan sebagai evaluasi.

Referensi

- Analisa rasio parkir mobil untuk kantor swasta di Jakarta. (n.d.).
- Anggraini, D. F. (2023). PEMODELAN STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN GUNAWANGSA GRESIK MENGGUNAKAN SOFTWARE AUTODESK REVIT (Vol. 1, Issue 1).
- Callista, V., Lase, Y., Prakoso, W. A., & Orientilize, M. (2022). Studi Numerik Sambungan Spun Pile Terhadap Pile Cap Dengan Dan Tanpa Beton Pengisi Akibat Pembebanan Siklik. *Teras Jurnal : Jurnal Teknik Sipil*, 12(1), 117. <https://doi.org/10.29103/tj.v12i1.681>
- Herdyana, H., & Suroso, A. (2023). The impacts of 5D-Building Information Modeling on construction's Time and cost performance. *Sinergi (Indonesia)*, 27(3), 393–404. <https://doi.org/10.22441/sinergi.2023.3.010>
- Marizan, Y. (2019). STUDI LITERATUR TENTANG PENGGUNAAN SOFTWARE AUTODESK REVIT STUDI KASUS PERENCANAAN PUSKESMAS SUKAJADI KOTA PRABUMULIH (Vol. 06, Issue 01).
- Muhlisin, H., & Nawang Sari, R. (2022). Planning Earthquake-Resistant Upper Building Structures With Moment Grabbing Frame System In The Mardhika Park Apartment Building 20 Floors Tambun-Bekasi. <https://doi.org/10.56904/jgers.v1i1.20>
- Tulangan, P., Beton, S., Tahan, B., Dengan, G. S., Luar Biasa, D., Sipil, J. T., & Teknik, F. (n.d.). Sugito Liono.
- Umam, F. N., Erizal, E., & Putra, H. (2022). Peningkatan Efisiensi Biaya Pembangunan Gedung Bertingkat Dengan Aplikasi Building Information Modeling (BIM) 5D. *Teras Jurnal : Jurnal Teknik Sipil*, 12(1), 245. <https://doi.org/10.29103/tj.v12i1.704>
- Wijaya, I. G. N. P. S. (2024). Implementasi Building Information Modeling (BIM) 5D pada Pekerjaan Struktur Terhadap Perencanaan Time Schedule dan Biaya (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Gedung Kantor Camat Kuta Utara) [Thesis (Undergraduate)]. Politeknik Negeri Bali.



Perencanaan ulang gedung pusat terpadu RSUD Sidoarjo dengan integrasi BIM (*Building Information Modelling*) 5D

Muhammad Raihan Abiyyu Darmawan^{a*}, Suryo Dwidanarko^{b*}, Asri Nurdiana^c, M Agung Wibowo^d

^{a,*b*,c} Teknik Infrastruktur Sipil dan Perancangan Arsitektur, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro, Indonesia.

^d Sekolah Pasca Sarjana, Universitas Diponegoro, Indonesia

ARTICLE INFO

Corresponding author:

Email:

raihanabiyyu6@gmail.com

suryodwidanarko@gmail.com

Article history:

Received : 04 July 2025

Revised : 20 December 2025

Accepted : 21 December 2025

Publish : 25 December 2025

Keywords:

BIM, Re-design, SAP 2000, Autodesk

Revit, Microsoft Project, Autodesk

Naviswork

ABSTRAK

The purpose of construction planning is to identify various elements that can facilitate the execution of the construction project, ensure compliance with applicable standards, functionality of the building, and cost efficiency. Construction projects often face challenges both during the planning and construction stages. With technological advancement, Building Information Modelling (BIM) has become a solution to address potential issues in the construction sector by utilizing accurate 3D modelling and systems capable of capturing and managing essential data in integrated construction planning. In this research, BIM was used to plan the construction of the GPT RSUD Sidoarjo project. 4D and 5D simulations can be applied to high-rise buildings to ensure safety, reliability, and earthquake resistance. Additionally, the structural design is optimized for efficiency to reduce construction costs. Expected outcomes include the planning of building structural elements, such as foundation, beam, columns, and slab design, 2D working drawings, 3D visuals, and project management planning, including the Budget Plan (RAB), labor allocation, construction time estimation, and technical specifications

Copyright © 2025 PILARS-UNDIP

1. Pendahuluan

Pada pekerjaan konstruksi, perencanaan pembangunan menjadi salah satu aspek penting dan krusial. Perencanaan yang matang dan terperinci menjadi fokus utama pada pembangunan proyek konstruksi karena kualitas awal hingga akhir proyek sangat berkaitan dengan tahap perencanaan. Permasalahan pada perencanaan di beberapa proyek berpengaruh besar terhadap pelaksanaannya, bahkan hingga terhentinya pelaksanaan karena pembengkakan biaya (*cost overrun*) (Artiani dkk, 2017). Manajemen yang baik dalam pengelolaan sumber daya juga dibutuhkan agar pelaksanaan proyek dapat selesai dengan perencanaan yang diharapkan.

Seiring berkembangnya teknologi informasi yang pesat pada industri konstruksi dapat mempermudah pihak-pihak terkait dalam perencanaan maupun pelaksanaan proyek konstruksi. Salah satu inovasi dalam bidang teknologi informasi adalah Building Information Modelling (BIM). *Building Information Modelling* (BIM) adalah sebuah metode yang dimulai dengan pembuatan model digital 3D yang mencakup seluruh informasi tentang bangunan, yang berfungsi sebagai alat untuk merencanakan, melaksanakan, dan memelihara bangunan bagi semua pihak yang terlibat. (Suarisa dkk, 2021). Penggunaan sistem *Building Information Modelling* (BIM) pada proyek konstruksi menjadi lebih transparan serta koordinasi antar pihak terkait menjadi lebih cepat dan mudah (Sangadji dkk, 2019).

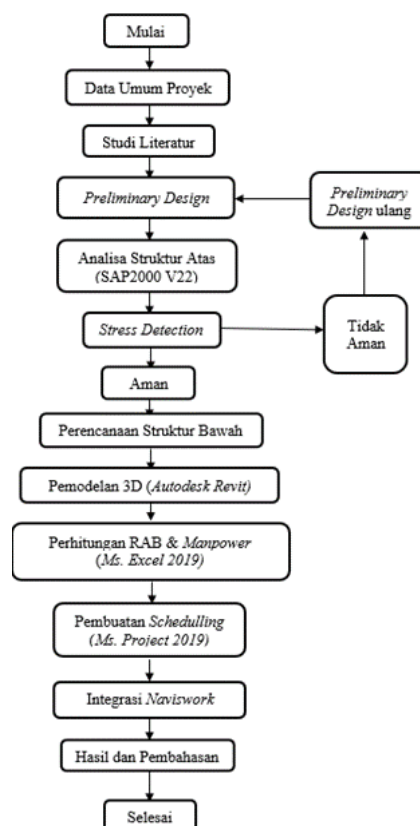
Metode perencanaan dalam perencanaan kali ini akan dilakukan dengan merencanakan bangunan gedung menggunakan pengembangan *Building Information Modeling* (BIM), melalui penerapan software BIM yang terintegrasi. Perencanaan ini akan diterapkan pada proyek Gedung Pusat Terpadu RSUD Sidoarjo 7 lantai dengan memanfaatkan *software Autodesk Revit 2025* untuk membuat model

visual 3D secara *real-time*. Untuk perencanaan struktur Gedung Pusat Terpadu RSUD Sidoarjo menggunakan hasil analisis *software SAP2000*. Kemudian dilanjutkan dengan perhitungan Rencana Anggaran Biaya dengan aplikasi *Microsoft excel* lalu manajemen penjadwalan proyek menggunakan *Microsoft Project* dengan simulasi 4D dan simulasi 5D. Perencanaan bangunan Gedung Pusat Terpadu RSUD Sidoarjo yang terintegrasi BIM sesuai dengan peraturan PUPR No 22 Tahun 2018 yang menyatakan bahwa Bangunan Gedung Negara (BGN) dengan kriteria luas diatas 2000 m² dan diatas 2 lantai wajib menggunakan *Building Information Modelling (BIM)*.

Diharapkan dapat tercapai pengembangan gedung yang lebih aman dan tahan gempa. Integrasi informasi yang lebih tepat, analisis yang lebih akurat, dan kolaborasi tim yang terintegritas melalui BIM. Perencanaan Gedung Pusat Terpadu RSUD Sidoarjo yang berintergrasi BIM diharapkan dapat memberikan hasil desain perencanaan struktur dan 3D *modelling* serta Rencana Anggaran Biaya (RAB) dan penjadwalan. Dalam publikasi ini akan dijelaskan perencanaan bangunan Gedung Pusat Terpadu RSUD Sidoarjo berbasis BIM (*Building Information Modelling*) 5D, yang meliputi analisa struktur, permodelan 3D, penjadwalan, perhitungan RAB, Perhitungan *manpower*, dan integrasi dalam model BIM 5D.

2. Data dan metode

Tahapan penelitian dimulai dari studi literatur mengenai standar yang digunakan untuk perencanaan bangunan gedung di Indonesia, pengumpulan data seperti data umum proyek, *Detail Engineering Design (DED)*, rencana kerja dan syarat-syarat, analisis struktur atas dan struktur bawah bangunan gedung, pembuatan model 3D bangunan gedung menggunakan *Autodesk Revit*, perhitungan estimasi biaya dan perhitungan *manpower* menggunakan *Microsoft Excel*, penjadwalan proyek menggunakan *Microsoft Project*, integrasi BIM 5D menggunakan *Autodesk Naviswork*. Adapun diagram alir ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

3. Hasil dan pembahasan

3.1. Analisis struktur

Struktur pada bangunan gedung terdiri dari dua jenis yaitu struktur atas dan struktur bawah. Struktur atas terdiri dari balok, kolom, pelat lantai, dan struktur baja serta struktur bawah terdiri dari pondasi tiang pancang dan *pilecap*.

1) Balok

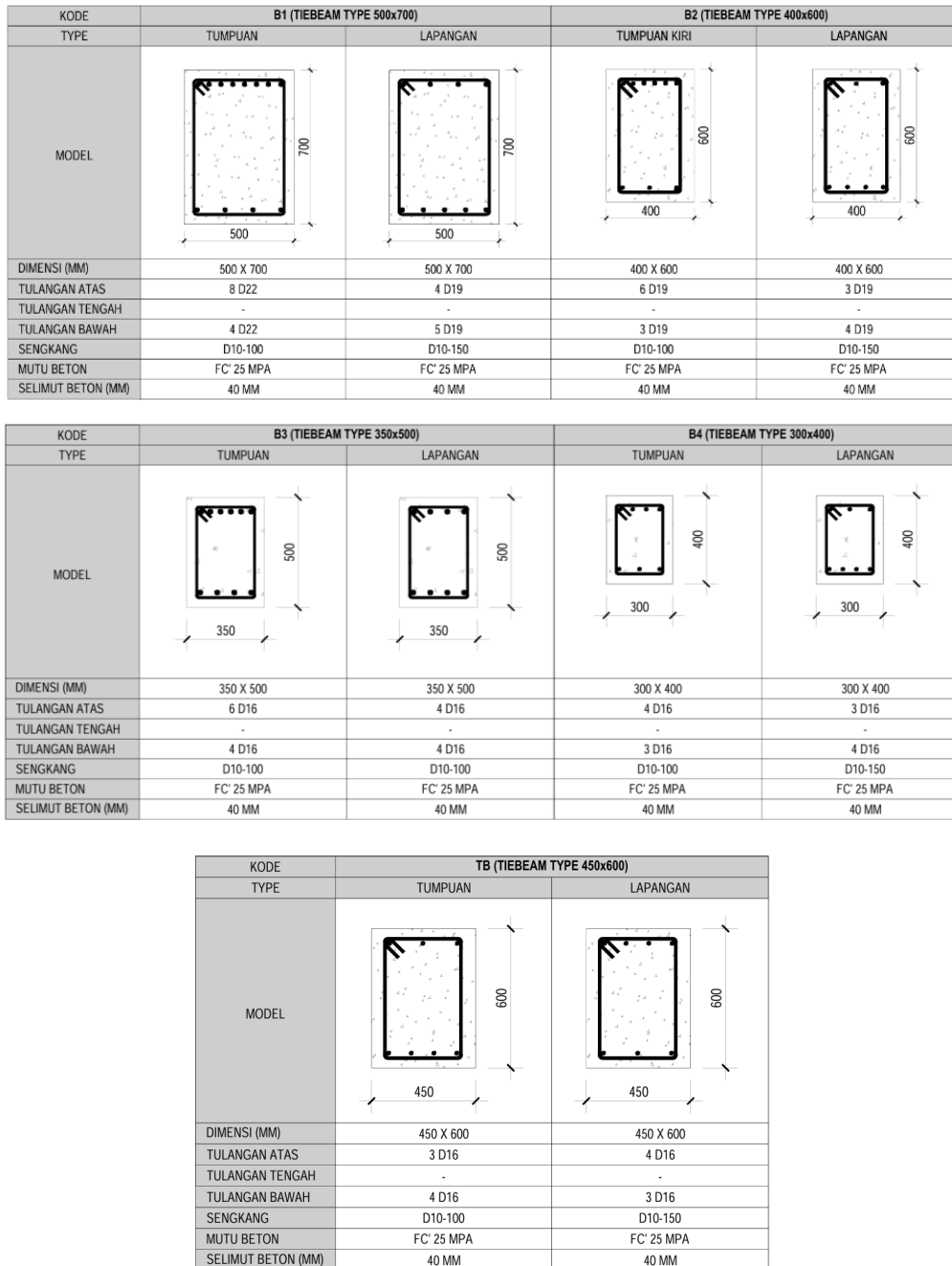
Sebelum dilakukan analisis struktur balok, tahapan awal yang dilakukan adalah menentukan dimensi balok serta Batasan yang digunakan berdasarkan SNI 2847:2013, tabel 9.5 sesuai dengan rincian pada **Tabel 1**. Setelah itu dapat direncanakan kebutuhan tulangan balok yang direkapitulasi pada **Tabel 2**. Adapun detail penulangan ditunjukkan pada **Gambar 2**.

Tabel 1. Perencanaan Dimensi Balok

No	Jenis Balok	Bentang (mm)	h min (mm)	h dipakai (mm)	b min (mm)	b dipakai (mm)
1	TB1	6000	375	450	450	600
2	B1	8000	500	700	466,7	500
2	B2	6000	375	600	400	400
3	B3	6000	285,7	500	333,3	350
4	B4	6000	375	400	266,6	300

Tabel 2. Perencanaan Tulangan Balok

Nama	Ukuran Balok (b x h)		Daerah	Letak Tulangan	Dimensi Tulangan							
					Tulangan Lentur		Tulangan Geser					
B1	500	x	700	Tumpuan	Atas	8	D	22	2	D	10	100
					Bawah	4	D	22				
				Lapangan	Atas	4	D	22	2	D	10	150
					Bawah	5	D	22				
B2	400	x	600	Tumpuan	Atas	6	D	19	2	D	10	100
					Bawah	3	D	19				
				Lapangan	Atas	3	D	19	2	D	10	150
					Bawah	4	D	19				
B3	350	x	500	Tumpuan	Atas	6	D	16	2	D	10	150
					Bawah	4	D	16				
				Lapangan	Atas	4	D	16	2	D	10	200
					Bawah	4	D	16				
B4	300	x	400	Tumpuan	Atas	4	D	16	2	D	10	200
					Bawah	3	D	16				
				Lapangan	Atas	3	D	16	2	D	10	200
					Bawah	4	D	16				
TB	450	x	600	Tumpuan	Atas	3	D	16	2	D	10	150
					Bawah	4	D	16				
				Lapangan	Atas	4	D	16	2	D	10	200
					Bawah	3	D	16				



Gambar 2. Detail Penulangan Balok

2) Kolom

Sebelum dilakukan analisa struktur kolom, tahapan awal yang dilakukan adalah menentukan dimensi balok dengan batasan yang digunakan berdasarkan SNI 2847:2013 sesuai dengan rincian pada Tabel 3. Adapun detail penulangan kolom ditunjukkan pada Gambar 3.

Tabel 3. Perencanaan Dimensi Kolom

Nama	Ukuran Kolom	Dimensi Tulangan									
		Tulangan Lentur					Tulangan Geser				
K1	800 x 800	24	D	22	4	D	13	-	150		
K2	800 x 700	16	D	22	3	D	10	-	150		
K3	800 x 600	20	D	19	3	D	10	-	150		
K4	600 x 600	16	D	19	2	D	10	-	150		

KODE TIPE	K1 (KOLOM TIPE 1)		K2-C (KOLOM TIPE 2)	
	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
MODEL				
DIMENSI (MM)	800 X 800	800 X 800	700 X 800	700 X 800
TUL. POKOK	24 D22	24 D22	18 D22	18 D22
SENGKANG	D13-150	D13-150	D10-150	D10-150
MUTU BETON	FC' 25 MPA	FC' 25 MPA	FC' 25 MPA	FC' 25 MPA
SELIMUT BETON	40 MM	40 MM	40 MM	40 MM

KODE TIPE	K3 (KOLOM TIPE 3)		K4 (KOLOM TIPE 4)	
	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
MODEL				
DIMENSI (MM)	600 X 800	600 X 800	600 X 600	600 X 600
TUL. POKOK	18 D19	18 D19	16 D19	16 D19
SENGKANG	D10-150	D10-150	D10-150	D10-150
MUTU BETON	FC' 25 MPA	FC' 25 MPA	FC' 25 MPA	FC' 25 MPA
SELIMUT BETON	40 MM	40 MM	40 MM	40 MM

Gambar 3. Detail Penulangan Kolom

3) Pelat Lantai

Dalam melakukan analisis struktur pelat lantai dapat dilakukan terlebih dahulu perencanaan tebal pelat yang dijabarkan sebagai berikut.

Pelat dengan rencana dimensi 8 m x 6 m adalah pelat dua arah nonprategang yang ada pada SNI 2847:2019. Perhitungan dimensi pelat lantai dihitung sebagai berikut

a) Jarak bersih bentang panjang (Ln):

$$Ln = 8 - \frac{1}{2} (0,4 + 0,4)$$

$$Ln = 7,6 \text{ m}$$

b) Jarak bersih bentang pendek (Sn):

$$Sn = 6 - \frac{1}{2} (0,4 + 0,4)$$

$$Sn = 5,6 \text{ m}$$

$$\frac{Ln}{Sn} = \frac{7,6}{5,6} = 1,357, \text{ Pelat dua arah}$$

Perhitungan tebal minimum pelat lantai dengan fy 420 MPa berdasarkan SNI 2847:2019 adalah sebagai berikut:

$$T = \frac{Ln \times 0,8 + fy / 1400}{33 + 9}$$

$$T = \frac{760 \times 0,8 + 420 / 1400}{42} = 14,483 \text{ cm, sehingga tebal pelat lantai yang dipasang adalah 15 cm}$$

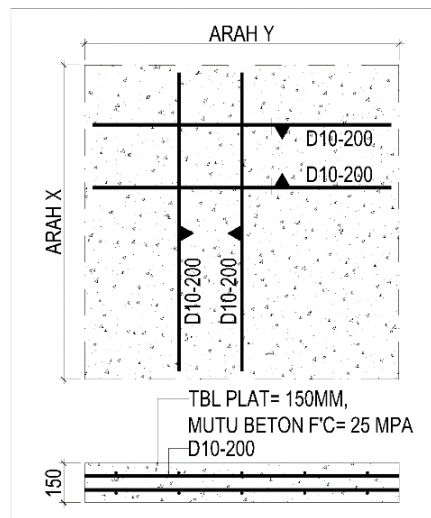
Setelah itu dapat direncanakan kebutuhan tulangan pelat lantai sesuai spesifikasi pelat lantai yang disajikan dalam Tabel 4 dan Tabel 5. Adapun detail penulangan pelat lantai ditunjukkan pada Gambar 4.

Tabel 4. Spesifikasi Pelat Lantai

Tipe Pelat	S1
Tebal Pelat	150 mm
Selimut	20 mm
Mutu Baja	420 Mpa
Mutu Beton	25 Mpa
Ly	800 cm
Lx	600 cm
X	10 mm
X	0,85
X	0,8

Tabel 5. Perencanaan Tulangan Pelat Lantai

Tipe Pelat	Letak Tulangan	Arah Tulangan	Dimensi Tulangan
S1 (150mm)	Lapangan	Arah X	D 10 - 200
	Lapangan	Arah Y	D 10 - 200
	Tumpuan	Arah X	D 10 - 200
	Tumpuan	Arah Y	D 10 - 200



Gambar 4. Detail Penulangan Pelat Lantai

4) Struktur Baja

Tahap pertama dalam analisis struktur baja adalah menentukan beban-beban yang bekerja pada struktur baja. **Tabel 6** merupakan tabel beban-beban yang bekerja pada struktur baja.

Tabel 6. Beban Pada Struktur Baja

Parameter	Arah beban	nilai
Beban mati (D)	qy	178,191 kg
	qx	178,191 kg
Beban hidup (L)	px	356,382 kg
	qx	356,382 kg
Beban Hidup (La)	qy	71,276 kg
	qx	71,276 kg
Beban Hujan (H)	Hy	57,02 kg
	Hx	57,02 kg
Beban Angin (W)	Wy	17,82 kg
	Wx	17,82 kg

Setelah itu didapat kombinasi beban yang dijabarkan pada **Tabel 7** sebagai berikut.

1) 1,4 D

- 2) 1,2 D +1,6 L + 0,5 H
- 3) 1,2 D +1,6 La + 0,8 W

Tabel 7. Kombinasi Pembebanan Struktur Baja

Pembebanan Arah X		
Kombinasi Beban 1	=	297,5 kg
Kombinasi Beban 2	=	791,951 kg
Kombinasi Beban 3	=	330,721 kg
Pembebanan Arah Y		
Kombinasi Beban 1	=	297,5 kg
Kombinasi Beban 2	=	791,951 kg
Kombinasi Beban 3	=	332,268 kg

Jadi pembebanan yang dipakai dalam cek control penampang baja profil pada sumbu arah X dan Y adalah 791,951 kg. Langkah selanjutnya adalah pengecekan kontrol penampang dengan rincian profil baja seperti yang disajikan pada **Tabel 8**. Adapun detail struktur baja ditunjukkan pada **Gambar 5**.

Tabel 8. Detail Profil Baja

Profil baja WF 350.175.7.14		
h	=	350 mm
bf	=	175 mm
t1	=	7 mm
t2	=	11 mm
r	=	14 mm
A	=	350,00 cm ²
ωx	=	775,00 cm ³
ωy	=	112,00 cm ³
fy	=	2500 kg/cm ²
E	=	2000000 kg/cm ²
fu	=	4000 cm ²

Pengecekan Momen Tahanan Penampang

$$\sigma \geq \frac{Mx \max}{\omega x}$$

$$\sigma \geq \frac{791,891 \cdot 10^2}{775}$$

2500 kg/cm² ≥ 102,179 kg/cm² **Memenuhi**

$$\sigma \geq \frac{My \max}{\omega y}$$

$$\sigma \geq \frac{791,891 \cdot 10^2}{112}$$

2500 kg/cm² ≥ 707,045 kg/cm² **Memenuhi**

Tabel 11. Parameter daya dukung kelompok tiang

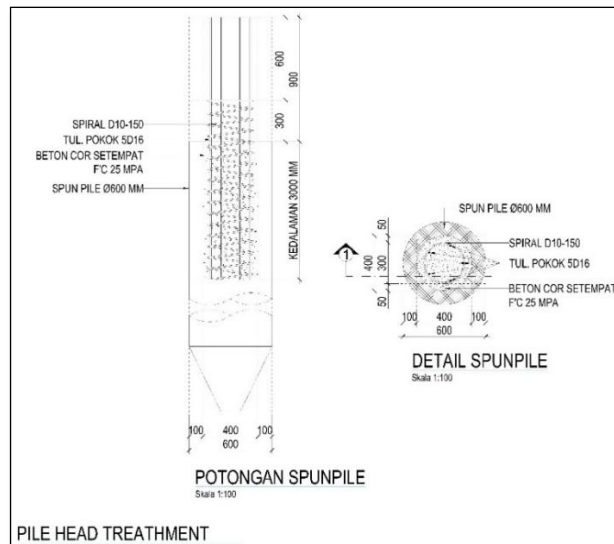
Parameter	Nilai		
	Pilecap P1	Pilecap P2	Pilecap P3
m	2	2	2
n	1	2	2
Eg	0,8976	0,7952	0,7952
Qnett	72,835 ton	72,835 ton	72,835 ton
Maks P	68,77 ton	201,731 ton	227,668 ton
Pg	130,75 ton	231,663 ton	289,578 ton
	Ok	Ok	Ok

Setelah itu menghitung perencanaan as perlu dan as pakai untuk menentukan dimensi tulangan yang dijelaskan pada **Tabel 12**. Adapun detail penulangan tiang pancang dan detail potongan pilecap ditunjukkan berturut-turut pada **Gambar 7** dan **Gambar 8**.

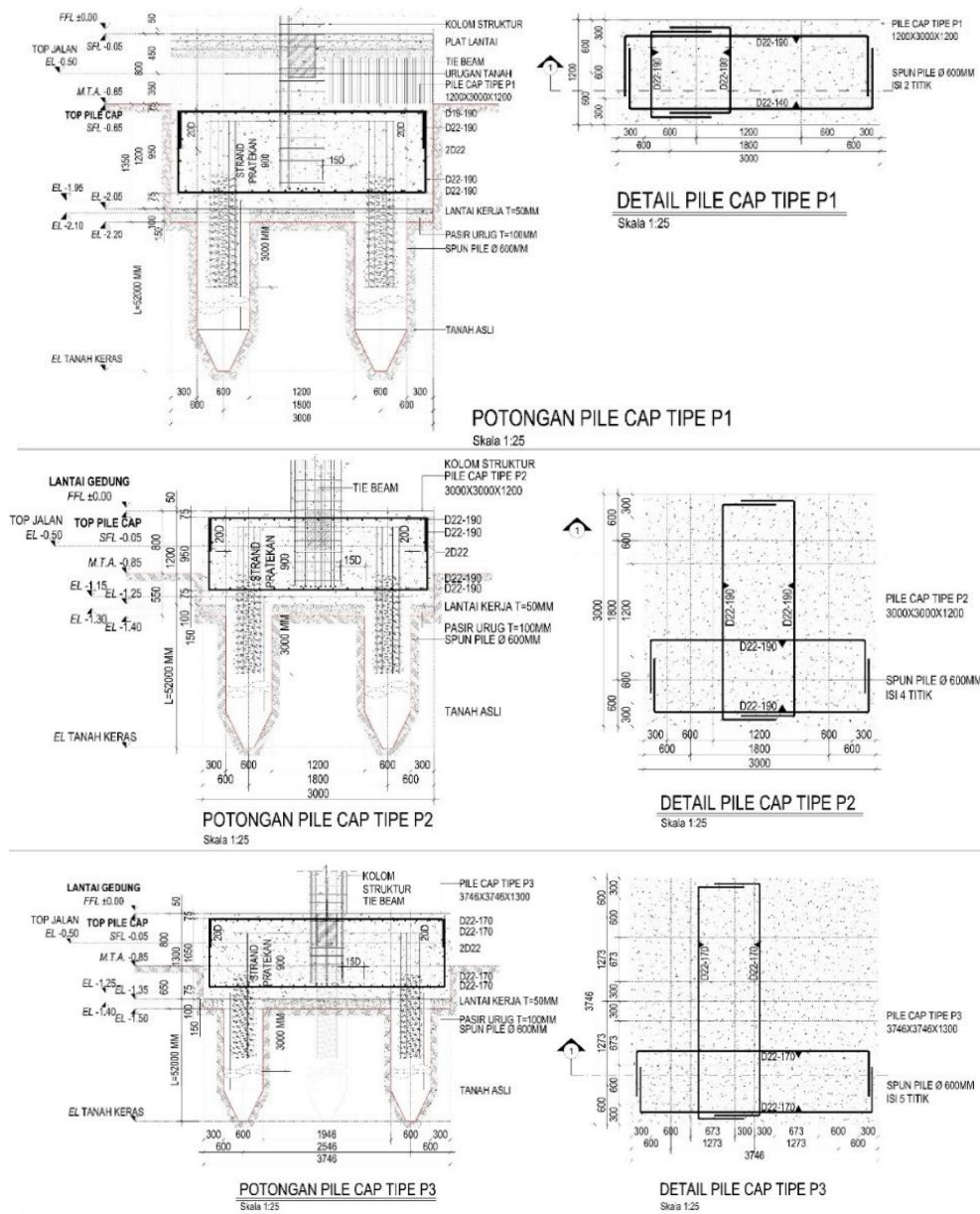
Tabel 12. Perencanaan Tulangan *Pilecap*

Parameter	Pilecap P1		Pilecap P2		Pilecap P3	
Ly	1200		3000		3746	
Lx	3000		3000		3746	
Tebal	1200		1200		1200	
	Mux	Muy	Mux	Muy	Mux	Muy
Mu	68,590	29,110	84,890	31,810	93,210	41,720
Mn	85,738	36,388	106,113	39,763	116,513	52,150
b	1200,000	1200,000	1200,000	1200,000	1200,000	1200,000
d	1095,000	1095,000	1095,000	1095,000	1095,000	1095,000
Rn Max	9,444	9,444	9,444	9,444	9,444	9,444
Rn	0,596	0,253	0,737	0,276	0,810	0,362
p perlu	0,001439	0,000606	0,001788	0,000662	0,001966	0,000870

Parameter		Nilai		
		Pilecap P1	Pilecap P2	Pilecap P3
As perlu	Mux (atas)	3.782,324	636,776	5.167,268
	Mux (bawah)	1.512,930	1.879,029	2.066,907
	Muy (atas)	4.697,572	1.740,573	2.287,562
	Muy (bawah)	1.591,939	696,229	915,025
As Pakai	Mux (atas)	6.082,123	6.082,123	7.982,787
	Mux (bawah)	4.536,460	4.536,460	5.954,103
	Muy (atas)	6.082,123	6.082,123	7.982,787
	Muy (bawah)	4.536,460	4.536,460	5.954,103
Diameter Tulangan	Mux (atas)	16D22-190	16D22-190	21D22-190
	Mux (bawah)	16D19-190	16D19-190	21D19-190
	Muy (atas)	16D22-190	16D22-190	21D22-190
	Muy (bawah)	16D19-190	16D19-190	21D19-190



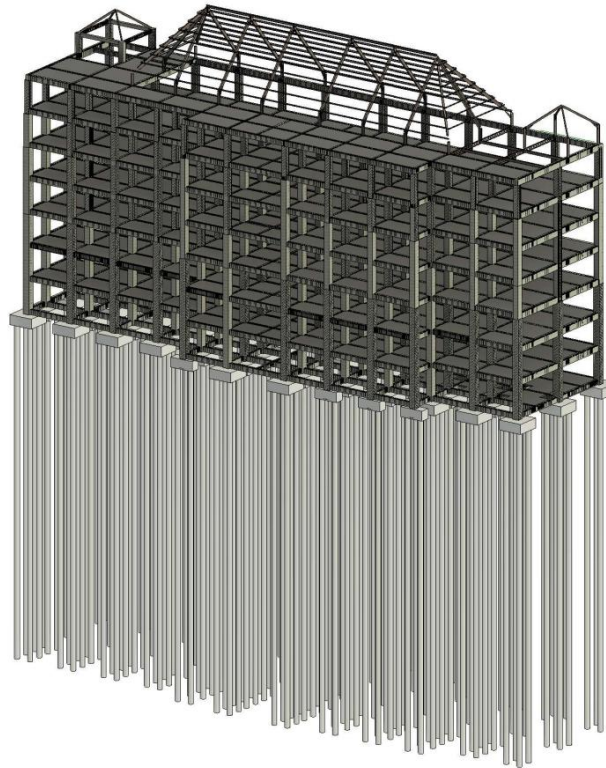
Gambar 7. Detail Penulangan Tiang Pancang



Gambar 8. Detail dan Potongan Pilecap

3.2. Pemodelan 3D

Pemodelan 3D dapat dilakukan setelah memperoleh desain akhir berdasarkan hasil analisis struktur menggunakan Autodesk Revit. Hasil pemodelan 3D dapat memberikan visual bangunan gedung seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 9**.



Gambar 9. Pemodelan 3D Bangunan Gedung

Pemodelan 3D yang dibuat menggunakan Autodesk Revit secara otomatis dapat diperoleh hasil *quantity take off* berupa volume setiap struktur. Hasil dari *quantity take off* akan digunakan untuk perhitungan volume pada Rencana Anggaran Biaya (RAB) seperti yang disajikan pada **Tabel 13**.

Tabel 13. *Quantity take off*

PILECAP		
Type	Volume	Total Volume
Pilecap P1	4,32	34,56
Pilecap P2	10,8	626,4
Pilecap P3	16,84	33.678

SLAB		
Base Level	Type	Volume (m ³)
0	S1	1130,0
4000	S1	1139,0
8000	S1	997,0
12000	S1	1028,0
16000	S1	1045,0
20000	S1	1016,0
24000	S1	369,0
28000	S1	24,0

COLUMN		
Base Level	Type	Volume (m ³)
Lantai 1	K1 800x800	89,6
Lantai 1	K2 700x800	40,32
Lantai 1	K4 600x600	5,76
Lantai 2	K1 800x800	76,8
Lantai 2	K2 700x800	51,52
Lantai 2	K2 700x800	5,76
Lantai 3	K1 800x800	71,68
Lantai 3	K2 700x800	56
Lantai 3	K4 600x600	5,76
Lantai 4	K1 800x800	66,56
Lantai 4	K2 700x800	60,48
Lantai 4	K4 600x600	5,76
Lantai 5	K2 700x800	71,68
Lantai 5	K3 600x800	61,44
Lantai 6	K2 700x800	53,76
Lantai 6	K3 600x800	55,68
Lantai 7	K2 700x800	42,24
Lantai 7	K3 600x800	31,68
Lantai Atap	K4 600x600	5,76

BEAM		
Elevation	Type	Volume (m ³)
0	TB 450x600	110,3
4000	B1 500x700	16,69
4000	B2 400x600	92,89
4000	B3 350x500	16,85
4000	B4 300x400	1,86
8000	B1 500x700	22,49
8000	B2 400x600	62,73
8000	B3 350x500	12,93
8000	B4 300x400	2,69
12000	B1 500x700	24,27
12000	B2 400x600	92,31
12000	B3 350x500	15,65
12000	B4 300x400	2,32
16000	B1 500x700	19,95
16000	B2 400x600	92,94
16000	B3 350x500	16,1
16000	B4 300x400	2,34
20000	B1 500x700	24,28
20000	B2 400x600	82,73
20000	B3 350x500	18,78
24000	B1 500x700	18,22
24000	B2 400x600	89,85
24000	B3 350x500	19,22
28000	B2 400x600	68,72
28000	B3 350x500	8,83

3.3. Rencana Anggaran Biaya

Pembuatan Rencana Anggaran Biaya dilakukan setelah pemodelan 3D dan mendapatkan hasil berupa *quantity take off*. Penyusunan biaya untuk berbagai divisi pekerjaan mengacu pada Analisa Harga Satuan Pekerjaan Kabupaten Sidoarjo 2024. Anggaran biaya yang dibutuhkan untuk pembangunan Gedung Pusat RSUD Sidoarjo sebesar Rp 30.696.739.509 seperti yang disajikan pada **Tabel 14**.

Tabel 14. Rincian Rencana Anggaran Biaya Gedung Pusat Terpadu Sidoarjo

REKAPITULASI RENCANA ANGGARAN BIAYA		
PROYEK : GPT RSUD Sidoarjo		
TAHUN : 2024		
NO	URAIAN PEKERJAAN	JUMLAH HARGA (Rp.)
LB	PEKERJAAN STRUKTUR GEDUNG TERPADU	
A	PEKERJAAN LANTAI 1	Rp.12.988.563.941,72
B	PEKERJAAN LANTAI 2	Rp.2.389.066.538,10
C	PEKERJAAN LANTAI 3	Rp.2.231.316.263,15
D	PEKERJAAN LANTAI 4	Rp.2.266.816.690,95
E	PEKERJAAN LANTAI 5	Rp2.260.441.834,00
F	PEKERJAAN LANTAI 6	Rp.2.139.429.991,65
G	PEKERJAAN LANTAI 7	Rp.1.395.680.225,40
H	PEKERJAAN LANTAI LANTAI ATAP	Rp.475.662.799,22
I	PEKERJAAN RANGKA ATAP BAJA	Rp.1.507.741.994,25
	JUMLAH	Rp.27.654.720.278,45
	PPN 11%	Rp3..042.019.230,63
	JUMLAH TOTAL	Rp.30.696.739.509,07

3.4. Perhitungan Man Power

Pada Harga Satuan Pekerjaan (HSP) terdapat koefisien yang digunakan untuk menghitung kebutuhan tenaga kerja dalam pekerjaan. Dengan cara mengkalikan koefisien HSP dan volume pekerjaan dalam satuan perorang-hari (OH). Adapun rekapitulasi perhitungan *manpower* disajikan pada **Tabel 14**, sedangkan *quantity take off* ditunjukkan pada **Gambar 11**.

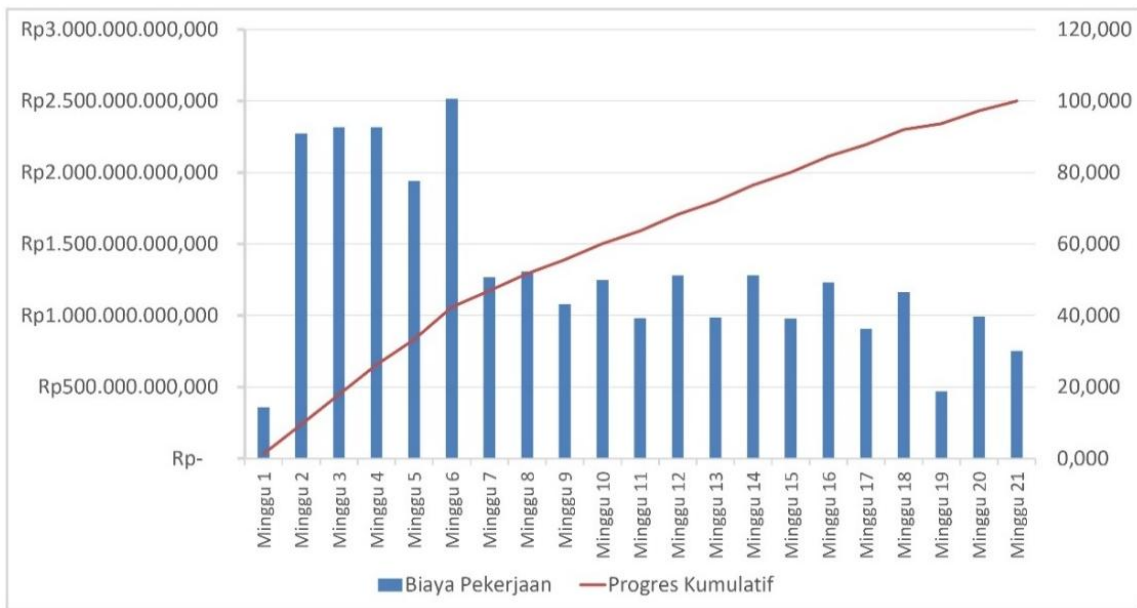
Tabel 14. Contoh Tabel Perhitungan *Manpower*

NO	URAIAN	KOEF	SAT	VOLUME	DURASI	PEKERJA	JUMLAH PEKERJA
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Gedung Pusat Terpadu RSUD Sidoarjo							
1. Pekerjaan Persiapan							
1	Pengukuran dan Pemasangan Bowplank						
U001	Pekerja	0,1000	oh			3	
U002	Tukang Batu	0,1000	oh			3	
U006	Tukang Cat/Plitur	0,0100	oh	206,25	7	0	6
U014	Mandor	0,0050	oh			0	

Pada kolom durasi menggunakan satuan Hari. Perhitungan *manpower* dihitung dengan cara sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah Pekerja} &= \frac{\text{Koefisien HSP} \times \text{Volume}}{\text{Durasi pekerjaan}} \\
 &= \frac{0,100 \times 206,25}{7} \\
 &= 2,946 \rightarrow \text{dibulatkan naik menjadi 3 tenaga kerja}
 \end{aligned}$$

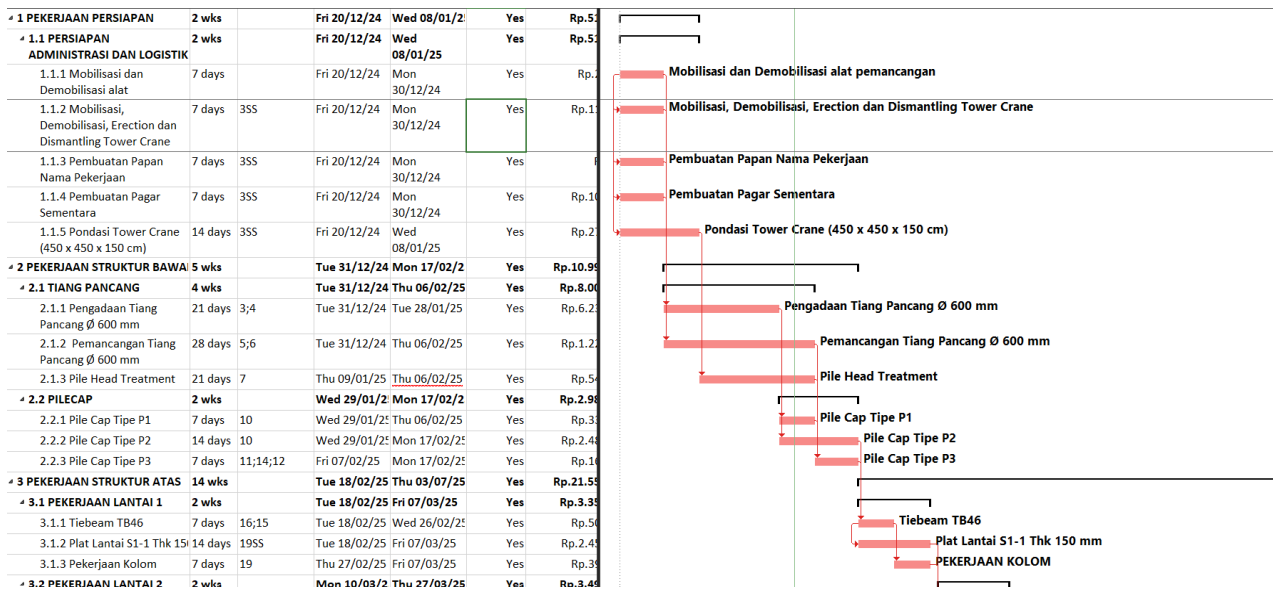
sehingga pada pengukuran dan pemasangan *Bowplank* membutuhkan 3 tenaga kerja pada bagian pekerja dalam waktu 7 hari. Berikut merupakan grafik kebutuhan *manpower*.



Gambar 11. Quantity Take Off Volume Struktur

3.5. Penjadwalan

Setelah didapatkan anggaran biaya struktur bangunan gedung, dapat dilanjutkan dengan penyusunan penjadwalan proyek. Penjadwalan proyek dibuat menggunakan Microsoft Project. Berdasarkan analisa penjadwalan proyek menggunakan *Microsoft Project*, didapatkan durasi waktu pekerjaan selama 21 minggu seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 12** dan **Gambar 13**.



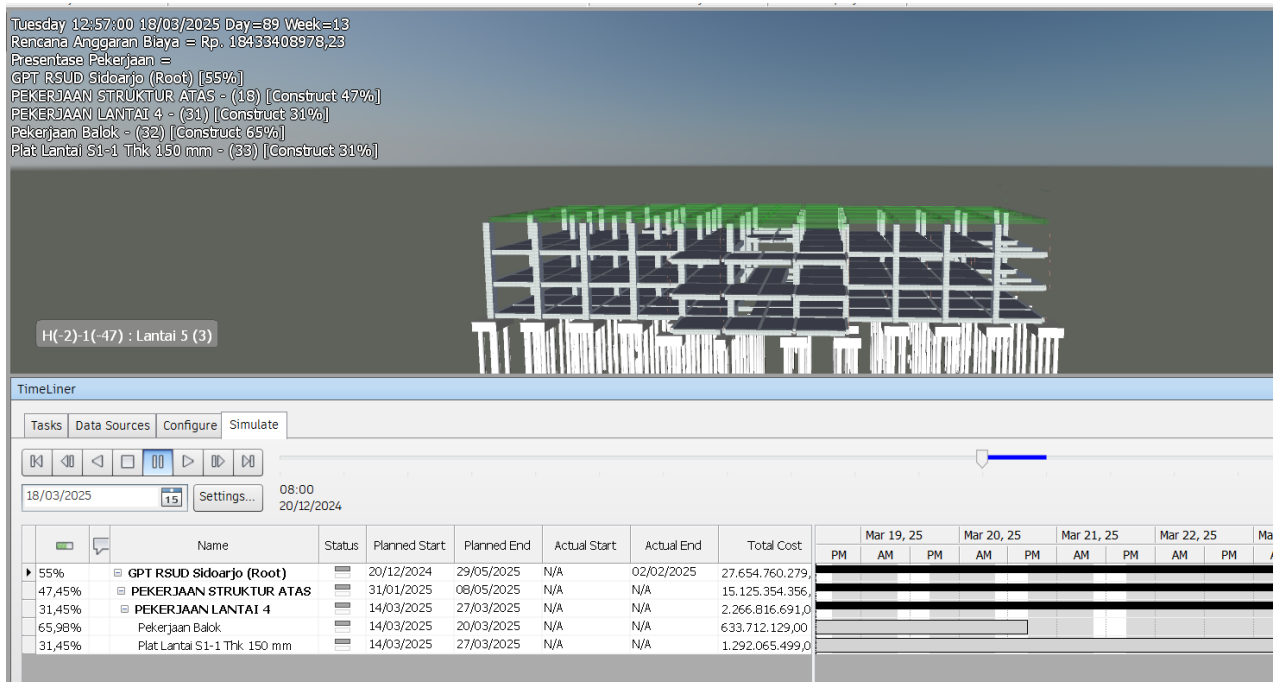
Gambar 12. Penjadwalan Proyek Gedung Pusat Terpadu RSUD Sidoarjo

TIME SCHEDULE GEDUNG PUSAT TERPADU RSUD SIDOARJO																									
No.	URAIAN PEKERJAAN	Jumlah Harga	Bobot	Durasi	Minggu 1	Minggu 2	Minggu 3	Minggu 4	Minggu 5	Minggu 6	Minggu 7	Minggu 8	Minggu 9	Minggu 10	Minggu 11	Minggu 12	Minggu 13	Minggu 14	Minggu 15	Minggu 16	Minggu 17	Minggu 18	Minggu 19	Minggu 20	Minggu 21
1.1	PEKERJAAN ADMINISTRASI DAN LOGISTIK																								
1.1.1	PEKERJAAN ADMINISTRASI DAN LOGISTIK																								
1	Pengukuran dan Pemasangan Bowplank	Rp 17.104.313	0,063	1																					
2	Mobilisasi dan Demobilisasi Alat Pemasangan	Rp 20.000.000	0,073	1																					
3	Mobilisasi, Demobilisasi, Erection dan Dismantling Tower Crane	Rp 100.000.000	0,366	1																					
4	Pembuatan Papan Nama Pekerjaan	Rp 708.760	0,003	1																					
5	Pembuatan Pagar Sementara	Rp 95.337.500	0,349	1																					
6	Pondasi Tower Crane (450 x 450 x 150 cm)	Rp 250.861.383	0,918	2																					
1.2	PEKERJAAN STRUKTUR BAWAH																								
1.2.1	TIANG PANCANG																								
1	Pengadaan Tiang Pancang Ø 600 mm	Rp 5.613.400.000	20,545	3				6,848	6,848	6,848															
2	Pemasangan Tiang Pancang Ø 600 mm	Rp 1.105.884.000	4,047	4				1,012	1,012	1,012	1,012														
3	Pile Head Treatment	Rp 507.510.988	1,857	3						0,619															
1.2.2	PILECAP																								
1	Pile Cap Tipe P1	Rp 289.949.083	1,061	1						1,061															
2	Pile Cap Tipe P2	Rp 2.330.548.671	8,530	2						4,265	4,265														
3	Pile Cap Tipe P3	Rp 151.946.908	0,556	1							0,556														
1.3	PEKERJAAN STRUKTUR ATAS																								
1.3.1	PEKERJAAN LANTAI 1																								
1	Tebalan TB46	Rp 466.144.549	1,706	1						1,706															
2	Plat Lantai S1-1 Thk 150 mm	Rp 1.398.988.928	5,118	2						2,559	2,559														
3	Pekerjaan Kolom	Rp 569.262.032	2,083	1							2,083														
1.3.2	PEKERJAAN LANTAI 2																								
1	Pekerjaan Balok	Rp 615.414.671	2,252	1							2,252														
2	Plat Lantai S1-1 Thk 150 mm	Rp 1.386.973.925	5,076	2						2,538	2,538														
3	Pekerjaan Kolom	Rp 386.677.942	1,415	1							1,415														
1.3.3	PEKERJAAN LANTAI 3																								
1	Pekerjaan Balok	Rp 617.827.735	2,261	1								2,261													
2	Plat Lantai S1-1 Thk 150 mm	Rp 1.259.364.540	4,609	2								2,305	2,305												
3	Pekerjaan Kolom	Rp 354.123.988	1,296	1									1,296												
1.3.4	PEKERJAAN LANTAI 4																								
1	Pekerjaan Balok	Rp 633.712.129	2,319	1										2,319											
2	Plat Lantai S1-1 Thk 150 mm	Rp 1.292.065.499	4,729	2											2,364	2,364									
3	Pekerjaan Kolom	Rp 341.039.063	1,248	1												1,248									
1.3.5	PEKERJAAN LANTAI 5																								
1	Pekerjaan Balok	Rp 634.561.172	2,322	1												2,322									
2	Plat Lantai S1-1 Thk 150 mm	Rp 1.294.042.439	4,736	2												2,368	2,368								
3	Pekerjaan Kolom	Rp 331.838.223	1,215	1													1,215								
1.3.6	PEKERJAAN LANTAI 6																								
1	Pekerjaan Balok	Rp 606.879.896	2,221	1																	2,221				
2	Plat Lantai S1-1 Thk 150 mm	Rp 1.250.936.875	4,578	2																		2,289	2,289		
3	Pekerjaan Kolom	Rp 281.613.220	1,031	1																			1,031		
1.3.7	PEKERJAAN LANTAI 7																								
1	Pekerjaan Balok	Rp 507.955.041	1,859	1																				1,859	
2	Plat Lantai S1-1 Thk 150 mm	Rp 655.866.599	2,400	1																				2,400	
3	Pekerjaan Kolom	Rp 231.858.585	0,849	1																					0,849
1.4	PEKERJAAN RANGKA ATAP																								
1	Pekerjaan Balok, Kolom, dan Plat	Rp 236.446.664	0,865	1																					0,865
2	Pekerjaan Ringbalok	Rp 195.830.568	0,717	1																					0,717
3	Pekerjaan Rangka Atap Baja	Rp 1.290.772.280	4,724	2																					2,362
	JUMLAH	Rp 27.322.828.370	100,000																						
	PPN 10%	Rp 3.005.511.121																							
	JUMLAH TOTAL	Rp 30.328.339.491																							
	RENCANA PROGRES HARIKE				1,312	8,319	8,479	8,479	6,957	9,086	4,642	4,791	3,953	4,566	3,691	4,684	3,613	4,691	3,583	4,510	3,320	4,260	1,714	3,079	2,362
	RENCANA KUMULATIF				1,312	9,632	18,111	26,590	33,547	42,633	47,276	52,066	56,019	60,585	64,186	68,870	72,482	77,173	80,755	85,266	88,586	92,845	94,559	97,638	100,000

Gambar 13. Time Schedule Proyek Gedung Pusat Terpadu RSUD Sidoarjo

3.6. Integrasi BIM 5D

Mengintegrasikan BIM 5D dilakukan setelah membuat penjadwalan dan perhitungan Rencana anggaran biaya menggunakan *Microsoft Project*. Proses mengintegrasikan BIM 5D menggunakan *Autodesk Naviswork*. Seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 14**.



Gambar 14. Proses Integrasi BIM 5D

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dalam perencanaan yang dilakukan, dapat disimpulkan beberapa hal penting sebagai berikut :

- 1) Perencanaan ulang Gedung Pusat Terpadu RSUD Sidoarjo dirancang dengan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SPRMK) pada *software SAP2000 V22*. Dengan data seismik kategori II dan kelas situs D, hasil analisis menunjukkan bahwa perencanaan struktur telah memenuhi semua persyaratan dan dinyatakan aman.
- 2) Pemodelan 3 dimensi menggunakan *software Revit 2025* yang hasil perhitungannya berupa volume tiap elemen struktur dan Detail Engineering Design.
- 3) Penyusunan Rencana Anggaran Biaya (RAB) menggunakan dasar Quantity Take Off yang terdapat di *Software Revit 2025* dengan nilai total pekerjaan struktur senilai Rp. 30.696.739.509,07 termasuk PPN 11%.
- 4) Pada kurva *Manpower* tenaga kerja tertinggi pada pekerjaan minggu 6 dengan rata-rata perminggu 145 tenaga kerja
- 5) Penjadwalan disusun menggunakan *software Microsoft Project 2019* dengan rencana pengerjaan dalam 21 minggu
- 6) Integrasi antara Rencana Anggaran Biaya (RAB) dan *Time Schedule* menggunakan *software Autodesk Naviswork 2025* yang memvisualisasikan durasi pekerjaan dan progres anggaran biaya

Referensi

- Artiani,. Puspa & Eka,. Surya,. F (2017). Perbedaan Pelaksanaan Terhadap Perencanaan dan Cara Mengatasinya Pada Proyek Konstruksi.
- Suasira, Wayan,. Tapayasa, Made., & Wibawa, Satra, Gede. (2021). Analisa Kompilerasi Metode *Building Information Modelling* (BIM) dan Metode Konvensional Pada Perhitungan RAB Struktur Proyek. *Jurnal Teknik Gradien*, 13(1).
- Badan, Standardisasi, Nasional. (2020). Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung. Jakarta.
- Badan, Standardisasi, Nasional (2019). Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan, Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum (1983). Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Bangunan Gedung (PPIUG 1983). Bandung.
- Badan, Standardisasi, Nasional (2019). Beban Desain Minimum dan Kriteria terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain.
- PUPR (2018). 22/PRT/M/2018. Pembangunan Bangunan Gedung Negara. *Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia*, 1(1), 1-8.



Redesain Gedung Proyek Pembangunan Klinik SUPERSKIN Semarang Berbasis Information Modelling (BIM) 4D

Baharuddin Yusuf^a, Farhan Fajrul Falah^a, Bambang Setiabudi^a, Asri Nurdiana^a

^a Teknik Infrastruktur Sipil dan Perancangan Arsitektur, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro, Indonesia

ARTICLE INFO

Corresponding author:

Email:
farhan.fajrul1@gmail.com

Article history:

Received : 18 December 2023
Revised : 20 December 2025
Accepted : 21 December 2025
Publish : 25 December 2025

Keyword:

BIM, Collaboration, Construction projects, Efficiency, SAP2000, Tekla structure

ABSTRAK

BIM (Building Information Modeling) Based Planning has gained significant traction within the construction industry. Nonetheless, its implementation faces several challenges that require attention. This study aims to pinpoint these challenges, encompassing issues such as a lack of awareness regarding the advantages of BIM, limited compatibility among BIM software, and difficulties in precise data collection and integration. The primary objective of this research is to scrutinize the advantages associated with BIM-based planning, notably focusing on enhanced team collaboration, precision in planning, and optimization of time and resources. The research methodology includes a comprehensive literature review and case studies analyzing the utilization of BIM in construction projects. The findings highlight that planning rooted in BIM can enhance planning efficiency, mitigate design clashes, and enhance the accuracy of cost estimations. The research output comprises Tekla structures design outcomes, SAP planning, and Tekla Structure scheduling.

Copyright © 2025 PILARS-UNDIP

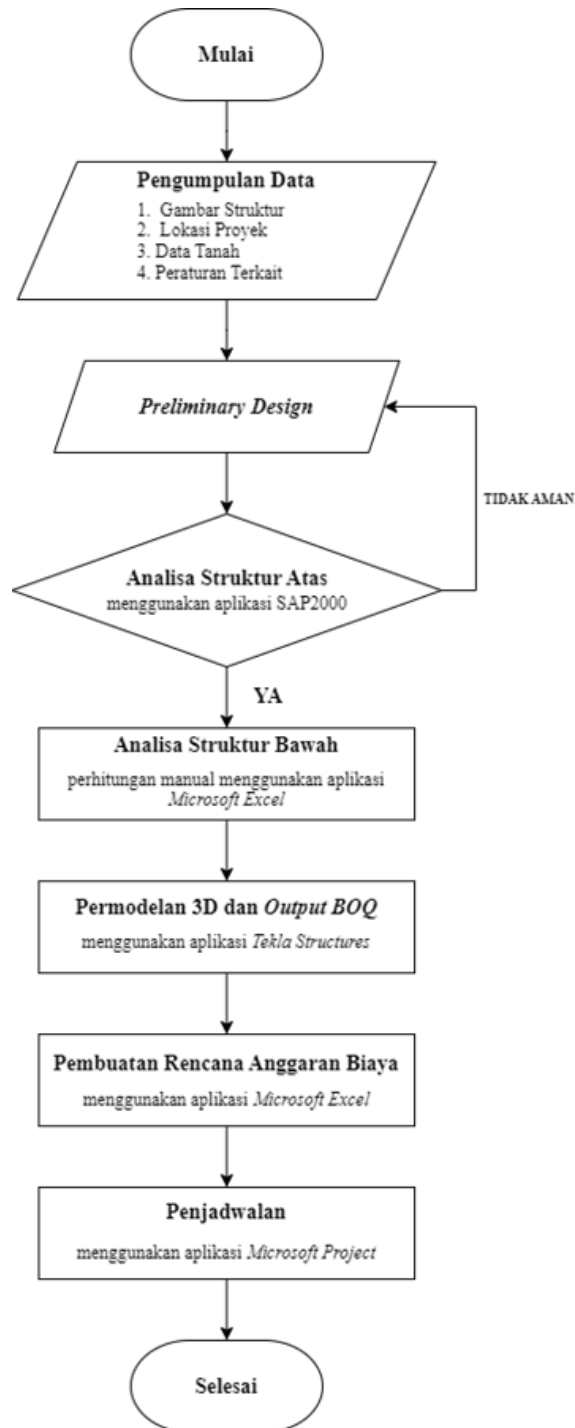
1. Pendahuluan

Menurut data dari BPS Kota Semarang, pertumbuhan ekonomi Kota Semarang meningkat sebesar 5,73% pada tahun 2022. Sementara itu, penambahan jumlah penduduk dan berkurangnya lahan yang tersedia telah mendorong pembangunan gedung bertingkat guna memenuhi kebutuhan akan ruang dan tempat tinggal masyarakat. Semakin tinggi bangunan yang dibangun, semakin penting perencanaan yang matang terutama dalam analisis strukturnya. Ini harus disesuaikan dengan tujuan dan fungsi bangunan tersebut untuk meminimalkan atau menghilangkan risiko yang terkait. Karena struktur inilah yang bertanggung jawab menahan beban yang diterimanya jika tidak direncanakan dengan cermat, hal ini bisa mengancam keselamatan penghuninya. Apalagi, Kota Semarang tergolong dalam kelas situs tanah sedang dan dikategorikan sebagai desain seismik tipe D, yang menunjukkan perlunya perhatian serius dari pihak-pihak perencana. Dalam perkembangannya, Indonesia mulai menerapkan kebijakan penggunaan BIM untuk proyek besar yang sudah diadopsi oleh perusahaan jasa konstruksi badan usaha milik negara. Hal ini memiliki dampak signifikan pada kelangsungan proyek, mengubah cara komunikasi dari yang konvensional berbasis kertas menjadi berbasis digital yang terkoneksi antar pengguna.

Penelitian ini bertujuan untuk merencanakan ulang struktur bangunan gedung bertingkat Klinik Superskin Kota Semarang dengan menerapkan aplikasi *Building Information Modelling* (BIM). Hal ini bertujuan untuk meminimalkan risiko, kesalahan, dan biaya baik pada tahap perencanaan maupun pelaksanaan proyek (Purnomo et al., 2022). Dalam penelitian ini, aplikasi yang digunakan adalah SAP2000 untuk analisis struktur, Tekla Structures untuk pemodelan struktur tiga dimensi, *Microsoft Excel* untuk perhitungan RAB, serta pembuatan kurva S.

2. Data dan metode

Dalam merencanakan ulang struktur Gedung Klinik Super Skin Semarang, pendekatannya dibagi menjadi 7 tahap utama sesuai dengan diagram alir. Tahapan-tahapan ini meliputi pengumpulan data, desain awal, analisis struktur bagian atas, analisis struktur bagian bawah, pembuatan model 3D dan output Bill of Quantities (BOQ), pembuatan Rencana Anggaran Biaya (RAB), serta penjadwalan. Diagram alir yang menjelaskan tahapan ini dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1 Bagan Alir Perencanaan

3. Hasil dan pembahasan

3.1. Hasil perhitungan dimensi balok

Berikut adalah contoh perhitungan awal untuk balok yang akan digunakan dalam perencanaan ini

Data perencanaan balok B1

Bentang balok terpanjang : 8000 mm

Mutu baja tulangan : 420 MPa

Mutu beton : 30 MPa

Perhitungan *preliminary*

$$h_{min} = \frac{L}{16}$$

$$= \frac{8000}{16}$$

$$= 500 \text{ mm}$$

$$h_{pakai} = 600 \text{ mm}$$

$$b = \frac{1}{2} \times h_{pakai}$$

$$= \frac{1}{2} \times 600$$

$$= 300 \text{ mm}$$

Semua perhitungan awal untuk balok B1 menggunakan ukuran 300 x 600. Ringkasan hasil untuk balok B1-B3 dalam perencanaan Gedung Klinik Super Skin Semarang disajikan pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Rekapitulasi *Preliminary* Balok

NO	Panjang Bentang (mm)	Tinggi, h (mm)	Lebar, b (mm)	Dipakai, h (mm)	Dipakai, b (mm)	Tipe Balok
1	8000	600	300	600	300	B1
2	6000	500	250	500	250	B2
3	8000	400	200	400	200	B3
4	6500	650	325	650	325	TB1

Langkah selanjutnya adalah memeriksa ketinggian dan lebar efektif sesuai dengan ketentuan yang terdapat dalam SNI 2847:2019 pasal 18.6.2.1. Informasi hasil pemeriksaan ini disajikan pada **Tabel 2**.

Tabel 2 Pengecekan Syarat Tinggi dan Lebar Efektif

No	Tipe	(b x h) (mm)	(d) (mm)	L (mm)	Ln (mm)	Syarat Tinggi Efektif Balok SNI 2847:2019 Pasal 18.6.2.1	Syarat Lebar Efektif Balok SNI 2847:2019 Pasal 18.6.2.1
1	B1	300 x 600	534,5	8000	7450	OK	OK
2	B2	250 x 500	436	8000	7450	OK	OK
3	B3	200 x 400	337,5	8000	7450	OK	OK
4	TB1	325 x 650	555,5	6500	5500	OK	OK

Data pada Tabel 2 menunjukkan bahwa semua jenis balok yang direncanakan untuk Gedung Klinik Super Skin Semarang telah memenuhi persyaratan ketinggian dan lebar efektif sesuai dengan ketentuan dari SNI 2847:2019 Pasal 18.6.2.1.

3.2. Hasil Perhitungan Dimensi Plat

Ketebalan plat, apakah satu arah atau dua arah, ditetapkan berdasarkan dimensi yang direncanakan. Misalnya, untuk plat tipe S1 dengan panjang (L_y) 6 m dan lebar (L_x) 6 m, perhitungan L_x/L_y menghasilkan nilai 1, yang menunjukkan bahwa plat masuk dalam kategori plat dua arah. Berdasarkan pedoman dari SNI 2847:2019 tabel 8.3.1.1.

$$h_{min} = \frac{l_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 5\beta (a_{fm} - 0,2)} = 110,9 \text{ mm, maka tebal plat yang digunakan sebesar } 120 \text{ mm}$$

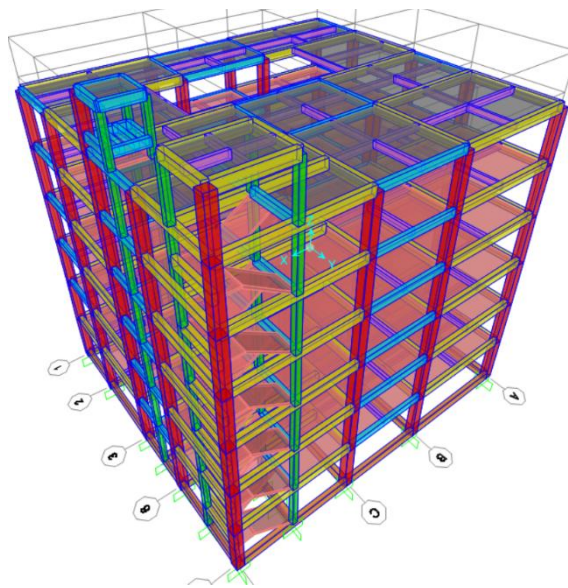
3.3. Hasil Perhitungan Dimensi Kolom

Berdasarkan SNI 2847:2019 pasal 15.7.2, kolom harus mematuhi dua persyaratan, yakni memiliki penampang terkecil tidak kurang dari 300 mm dan rasio penampang terkecil (b/h) tidak kurang dari 0,4. Kolom K1 direncanakan dengan tinggi (H) 3,5 m dan menerima balok dengan tinggi (h) 60 cm dan lebar (b) 30 cm. Untuk memeriksa data tersebut, dilakukan penggunaan kontrol data kolom = hkolom sebagai berikut.

$$\frac{\frac{1}{12} \times b \times h^2}{H \text{ kolom}} \geq \frac{\frac{1}{12} \times b \times h^2}{L \text{ balok}} = 41,034, \text{ sehingga dibulatkan dan digunakan dimensi } 550 \times 550 \text{ untuk kolom tipe K1.}$$

3.4. Hasil Permodelan Struktur

Hasil dari simulasi struktur menggunakan perangkat lunak SAP2000 untuk Gedung Klinik Super Skin Semarang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Permodelan struktur menggunakan SAP2000

3.5. Kontrol Analisis Beban Gempa

Peninjauan kontrol terhadap analisis beban gempa dinamis yang dilakukan berdasarkan sejumlah faktor, antara lain sebagai berikut

a) Analisis Jumlah Ragam atau Partisipasi Massa

Untuk analisis jumlah ragam sendiri harus memenuhi $\leq 90\%$ massa ragam x dan y berdasarkan acuan peraturan SNI 1726:2019. Tabel 3 merupakan analisis jumlah ragam atau partisipasi massa pada perencanaan Gedung Klinik Super Skin Semarang sudah memenuhi dari ketentuan yang diisyaratkan.

Tabel 3 Partisipasi Rasio Massa Pada Permodelan

TABLE: Modal Participating Mass Ratios															
OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	RY	RZ	SumRX	SumRY	SumRZ
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	1,416147	0,70673	0,05661	3,543E-08	0,70673	0,05661	3,54E-08	0,00587	0,07791	0,02214	0,00587	0,07791	0,02214
MODAL	Mode	2	1,38463	0,07849	0,57398	1,862E-08	0,78521	0,63059	5,41E-08	0,06662	0,01129	0,13346	0,07249	0,0892	0,1556
MODAL	Mode	3	1,14848	0,00104	0,16026	5,816E-06	0,78625	0,79085	5,87E-06	0,03136	0,00149	0,63816	0,10394	0,09069	0,79376
MODAL	Mode	4	0,440103	0,10649	0,00163	0,00001507	0,89274	0,79249	2,09E-05	0,00378	0,1968	0,00141	0,10762	0,28749	0,79518
MODAL	Mode	5	0,425671	0,00316	0,09108	0,00000944	0,8959	0,88356	3,04E-05	0,19566	0,00504	0,01719	0,30328	0,29253	0,81237
MODAL	Mode	6	0,368182	0,00073	0,01857	5,977E-07	0,89662	0,90214	3,1E-05	0,04784	0,00081	0,08732	0,35113	0,29284	0,89969
MODAL	Mode	7	0,250489	0,02745	0,00258	0,00017	0,92407	0,90471	0,0002	0,00241	0,02322	0,0051	0,35354	0,31606	0,90479
MODAL	Mode	8	0,225312	0,00743	0,03665	0,0000149	0,9315	0,94136	0,00021	0,03231	0,00499	0,00154	0,38584	0,32105	0,90633
MODAL	Mode	9	0,207524	0,00782	0,00343	1,97E-07	0,93932	0,94479	0,00021	0,00181	0,00682	0,02977	0,38766	0,32787	0,93609
MODAL	Mode	10	0,200402	1,106E-09	5,6E-08	0,00297	0,93992	0,94479	0,00319	0,00159	0,00215	2,664E-08	0,38924	0,33002	0,93609
MODAL	Mode	11	0,199017	1,568E-07	6,998E-08	0,03029	0,93992	0,94479	0,03347	0,01733	0,02181	0,000001155	0,40657	0,35183	0,93609
MODAL	Mode	12	0,198009	0,000005624	5,874E-08	0,0172	0,93993	0,94479	0,05067	0,00919	0,01304	0,000006422	0,41577	0,36487	0,9361

b) Perbandingan Geser Dasar Statis dan Dinamis

Dalam mengevaluasi hasil analisis gempa, terutama terkait gaya geser gempa dalam arah x dan y, digunakan pedoman dari SNI 1726:2019 pasal 7.9.1.4.1. Pedoman ini menetapkan bahwa kombinasi respon gaya geser dasar hasil analisis variasi (V_t) harus melebihi 100% dari gaya geser (V) yang dihitung menggunakan metode statik ekuivalen. Jika tidak terpenuhi, nilai tersebut akan dikalikan dengan V/V_t . Informasi terkait perbandingan hasil analisis gaya geser dasar statis dan dinamis untuk Gedung Klinik Super Skin Semarang yang memenuhi kriteria disajikan pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Perbandingan Geser Dasar Statis dan Dinamis

Base Shear	Dinamik (V_D)	Statik (V_s)	Faktor skala	kontrol
	Geser Dasar (kN)	Geser Dasar (kN)	V_s / V_D	(V_D) \geq 100% V_s
arah x	1071,92	1071,92	1,000000	OK
arah y	1071,92	1071,92	1,000000	OK

c) Simpangan Antar Lantai

Batas maksimal simpangan antar lantai (Δ) dalam arah x dan y sesuai dengan ketentuan dari SNI 1726:2019 pasal 7.12.1 harus tidak melebihi simpangan ijin antar lantai (Δ_a). Hasil terkait simpangan antar lantai dalam arah x dan y disajikan pada **Tabel 6** dan **Tabel 7**.

Tabel 5. Simpangan Antar Lantai Arah X

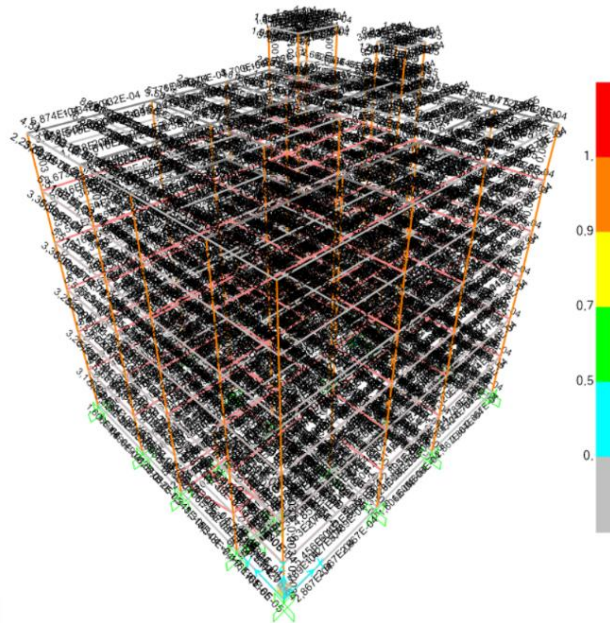
Lantai	Hsx (mm)	dx (mm)	Δx (mm)	Δa (Ijin) (mm)	kontrol $\Delta x < \Delta$ ijin
TANDON	3000	32,9290	12,9690	75	OK
LT. ATAP	3500	30,5710	16,9565	88	OK
LT.5	3500	27,4880	24,6400	88	OK
LT.4	3500	23,0080	31,7075	88	OK
LT.3	3500	17,2430	37,0150	88	OK
LT.2	3500	10,5130	37,0370	88	OK
LT. 1	3500	3,7790	20,7845	88	OK
LT. DASAR	0	0,0000	0,0000	0	

Tabel 6 Simpangan Antar Lantai Arah Y

Lantai	Hsx (mm)	dy (mm)	Δy (mm)	Δa (Ijin) (mm)	kontrol $\Delta y < \Delta$ ijin
TANDON	3000	25,4830	8,3105	75	OK
LT. ATAP	3500	23,9720	13,3045	88	OK
LT.5	3500	21,5530	19,2555	88	OK
LT.4	3500	18,0520	24,4310	88	OK
LT.3	3500	13,6100	28,2590	88	OK
LT.2	3500	8,4720	28,9630	88	OK
LT.1	3500	3,2060	17,6330	88	OK
LT. DASAR	0	0,0000	0,0000	0	

3.6. Kontrol Analisis Rasio Struktur

Pengecekan penampang struktur ini berguna untuk mengetahui material yang digunakan telah sesuai, satu batang dengan batang lainnya saling terkoneksi atau tidak, dan mengetahui kondisi struktural apakah mengalami beban kerja berlebih (*overstressed*) atau dinyatakan sudah aman. Berdasar hasil pengecekan model dari program SAP2000 semua batang kolom maupun balok dinyatakan aman dan tidak ada yang mengalami beban kerja berlebih seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 3**.



Gambar 3. Pengecekan Efisiensi Semua Batang Struktural

3.7. Perhitungan Penulangan Lentur dan Geser Balok

Penulangan lentur balok telah mematuhi persyaratan dari SNI 2847:2013 pasal 21.5.1.1 karena gaya tekan aksial (P_u) tidak melebihi $A_g f_c / 10$. Selain itu, tinggi efektif balok telah sesuai dengan ketentuan dari SNI 2847:2019 pasal 18.6.2.1. Proses perhitungan tulangan lentur balok melibatkan pengambilan nilai A_s dari program SAP2000, dibandingkan dengan A_s minimum berdasarkan perhitungan manual yang mengacu pada SNI 2847:2019 pasal 9.6.1.2, untuk menentukan dimensi dan jumlah tulangan yang diperlukan. Sementara untuk dimensi dan jarak tulangan geser balok, digunakan nilai A_v atau S_{perlu} dari program SAP2000, ditambah dengan tulangan torsi yang dibutuhkan sesuai dengan SNI 2847:2019 tabel 22.7.4.1 karena adanya gaya torsi yang bekerja pada balok tersebut. Perbandingan antara A_s/A_v terpasang dengan A_s/A_v min dan A_s/A_v perlu menunjukkan keamanan untuk penulangan balok seperti yang disajikan pada **Tabel 7** dan **Tabel 8**.

Tabel 7. Rekapitulasi Tulangan Lentur Balok

Nama	Ukuran Balok (b x h)	Daerah	Letak Tulangan	As Perlu mm ²	As min 1	As min 2	As Terpasang mm ²	Dipasang		
B1	300 x 600	Tumpuan	Atas	1283	522,782	534,500	1472,622	3	D	25
			Bawah	589			981,748	2	D	25
		Lapangan	Atas	832			981,748	2	D	25
			Bawah	1041	522,782	534,500	1472,622	3	D	25
B2	250 x 500	Tumpuan	Atas	693	355,368	363,333	760,265	2	D	22
			Bawah	378			760,265	2	D	22
		Lapangan	Atas	667			760,265	2	D	22
			Bawah	545	355,368	363,333	760,265	2	D	22
B3	200 x 400	Tumpuan	Atas	577	220,067	225	850,586	3	D	19
			Bawah	338			567,057	2	D	19
		Lapangan	Atas	448			567,057	2	D	19
			Bawah	619	220,067	225	850,586	3	D	19

Nama	Ukuran Balok (b x h)		Daerah	Letak Tulangan	As Perlu mm ²	As min 1	As min 2	As Terpasang mm ²	Dipasang			
TB1	325	x	650	Tumpuan	Atas	396,161	585,419	598,542	2660,929	3	D	19
					Bawah	65,296			1520,531	3	D	19
				Lapangan	Atas	497,440			1140,398	3	D	19
					Bawah	407,886	585,419	598,542	2280,796	3	D	19

Tabel 8 Rekapitulasi Tulangan Geser Balok

Nama	Ukuran Balok (b x h)		Daerah	Av Perlu	Ø mm	Spasi Max 1 mm	Spasi Max 2 mm	S pakai mm	Dipasang			
B1	300	x	600	Tumpuan	1,664	13	134	150	100	2	D	13 - 100
				Lapangan	1,084	13	267		150	2	D	13 - 150
B2	250	x	500	Tumpuan	1,096	13	109	150	100	2	D	13 - 100
				Lapangan	0,989	13	218		150	2	D	13 - 100
B3	200	x	400	Tumpuan	0,828	13	84	132	50	2	D	13 - 50
				Lapangan	0,629	13	169		150	2	D	13 - 100
TB1	325	x	650	Tumpuan	0,782	13	138	150	100	2	D	10 - 150
				Lapangan	0,341	13	276		200	2	D	10 -

3.8. Perhitungan Penulangan Lentur dan Geser Kolom

Dalam rangkuman perhitungan penulangan lentur kolom pada perencanaan Gedung Klinik Super Skin Semarang yang disajikan pada **Tabel 9** dan **Tabel 10**, telah mematuhi ketentuan dari SNI 2847:2019 pasal 18.7.3.2 mengenai pemeriksaan strong column weak beam. Proses perhitungan As perlu dan As terpasang pada kolom melibatkan pengecekan gaya dalam menggunakan program SP Column dengan referensi pada SNI 2847:2019 pasal 18.7.4.1. Sementara perhitungan Av perlu dan Av terpasang, serta jarak pada zona plastis dan non-plastis tulangan geser kolom, melibatkan pencarian momen probabilitas kolom dengan bantuan program SP Column sesuai dengan ketentuan SNI 2847:2019 pasal 18.7.6.1.

Tabel 9. Rekapitulasi Tulangan Lentur Kolom

Nama	Ukuran Kolom	db mm	Luas	Jumlah	As Terpasang mm ²	Syarat Terpasang >= As	Dipasang perlu		
K1	550	25	490,625	24	11781	OK	24	D	25
K2	350	25	490,625	8	3927	OK	8	D	25

Tabel 10. Rekapitulasi Tulangan Geser Kolom

Nama	Ukuran Kolom	Daerah	Av Perlu mm ²	Ø mm	Luas mm ²	S perlu Mm	Spasi Max 1 mm	Spasi Max 2 mm	S pakai mm	Dipasang
K1	550	Zona Plastis	4,356	13	530,929	121,885	137	150	100	4D13- 100
		Luar Zona	0	13	265,465	0	150	150	150	2D13-150
K2	350	Zona Plastis	1,028	13	398,197	387,351	87,5	150	100	3D13-75
		Luar Zona	0,675	13	265,465	393,281	150	150	150	2D13-150

3.9. Perhitungan Penulangan Plat

Tabel 11 menyajikan rangkuman perhitungan penulangan plat pada perencanaan Gedung Klinik Super Skin Semarang yang telah sesuai dengan persyaratan dari SNI 2847:2019. Proses perhitungan plat memanfaatkan nilai Mu yang diperoleh dari output program SAP2000 untuk menghitung dimensi dan jarak tulangan yang dibutuhkan.

Tabel 11 Rekapitulasi Tulangan Plat

Tebal Pelat	Nama Tulangan	Daerah	Mu kNm	Ø mm	Jarak mm	Tebal Efektif Pelat (d)	Ø Mn kNm	Dipasang
120	Tulangan Arah X	Tumpuan	10,772	10	200	85	12,137	Ø10 - 200
		Lapangan	5,731	10	200	85	12,137	Ø10 - 200
	Tulangan Arah Y	Tumpuan	10,772	10	150	85	13,991	Ø10 - 150
		Lapangan	4,674	10	200	85	10,653	Ø10 - 200
140	Tulangan Arah X	Tumpuan	9,266	10	250	100	11,568	Ø10 - 250
		Lapangan	5,428	10	250	100	11,568	Ø10 - 250
	Tulangan Arah Y	Tumpuan	9,112	10	250	100	11,534	Ø10 - 250
		Lapangan	5,428	10	250	100	11,534	Ø10 - 250

3.10. Perhitungan Fondasi

Pondasi dihitung berdasarkan hasil uji sondir tanah di lokasi pekerjaan, yang menghasilkan data q_c sebesar 250 kg/cm^2 , t_f sebesar 262 kg/cm , dan mencatatkan tanah keras pada kedalaman 8 meter dari permukaan tanah. Analisis struktur menggunakan program SAP2000 mengungkapkan bahwa beban terbesar dari struktur atas yang dialirkan melalui kolom sebesar $P = 271,19 \text{ ton}$, sehingga direncanakan diameter bore pile sebesar 50 cm. Berikut adalah perhitungan untuk fondasi.

a) Menghitung *Properties* Tiang

$$A = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 = 1962,5 \text{ cm}^2$$

$$V_d = A \times L = 1570000 \text{ cm}^3$$

$$K = \pi \times d = 157 \text{ cm}$$

b) Menghitung Daya Dukung *Ultimate*

$$Q_u = \frac{q_c \times A}{3} + \frac{T_f \times K}{5} = 171,768 \text{ ton}$$

c) Menghitung Daya Dukung Netto

$$W = V_d \times \gamma \text{ beban} = 3,768 \text{ ton}$$

$$Q_{\text{netto}} = Q_u - W = 168 \text{ ton}$$

d) Menghitung Kebutuhan Fondasi

$$N = \frac{P}{Q_{\text{netto}}} = 1,614 \text{ buah, dibulatkan menjadi 2 buah bore pile}$$

e) Menghitung Efisiensi Fondasi

$$m = \text{jumlah baris} = 1$$

$$n = \text{jumlah tiang} = 2$$

$$s = 2,5d - 4d = \text{didapat jarak antar tiang } 125\text{-}200 \text{ cm, dipakai } 125 \text{ cm}$$

$$\theta = \arctan \frac{d}{s} = 21,801$$

$$\text{Eff} = 1 - \frac{\theta(n'-1)m + (n-1)n'}{90 \times m \times n'} = 0,879$$

f) Menghitung Daya Dukung Izin

$$Q_{\text{ijin}} = n \times \text{Eff} \times Q_{\text{netto}} = 295,305 \text{ ton}$$

Kontrol daya dukung *bore pile* sudah sesuai

$$P < Q_{\text{ijin}}$$

$$271,19 < 295,305$$

3.11. Perhitungan Pile Cap

Pada pekerjaan pile cap, direncanakan memiliki dimensi 2250×1000 mm dengan ketebalan 650 mm, selimut beton 75 mm, dan mampu menanggung beban (P) sebesar 271,185 ton dari hasil analisis program SAP2000 yang berasal dari kolom K1 dengan dimensi 550×550 mm. Pile cap dijaga dari bawah oleh 2 buah bore pile (ns) dengan jarak antar tiang (s) 1250 mm, dan jarak bore pile ke tepi pile cap 500 mm. Kualitas beton yang digunakan adalah f_c 30 MPa, sedangkan mutu baja tulangan f_y 420 MPa. Perhitungan pile cap mengikuti pedoman dari SNI 2847:2019 pasal 22.6.5.2, dan rinciannya dapat dilihat sebagai berikut :

Perhitungan tulangan bawah (tarik)

$$\text{Lebar penampang kritis, } B = \text{Lebar } pile\ cap / 2 - \text{lebar kolom} / 2 = 1000 - 275 = 725\text{ mm (29)}$$

$$\text{Berat } pile\ cap\ \text{pada penampang kritis } q' = 2400 \times 0,5 \times 0,65 \times 1 \times 0,00981 = 780,29\text{ kg/m (30)}$$

$$\begin{aligned} Mu &= 2 \times (Pu/ns \times s) - 1/2 \times q' \times B^2 \\ &= 2 \times 169,491 - 390,145 \times 0,526 \\ &= 479,024\text{ ton} \end{aligned}$$

$$Rn = Mu / (\phi \times b \times d) = 0,774$$

$$\rho_{perlu} = ((0,85 \times 30/420) \times (1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0,774}{0,85 \times 30}})) = 0,00187$$

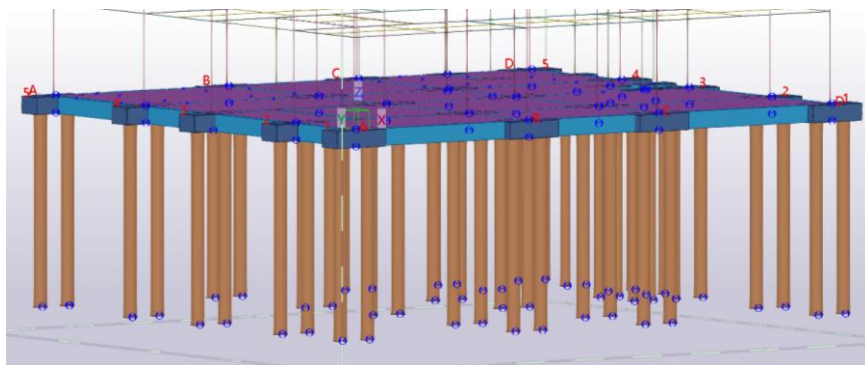
$$As\ \text{perlu} = \rho \times b \times d = 0,00187 \times 2250 \times 553 = 2327,460\text{ mm}^2$$

$$As\ \text{min} = 0,0018 \times 2250 \times 553 = 2239,65\text{ mm}^2$$

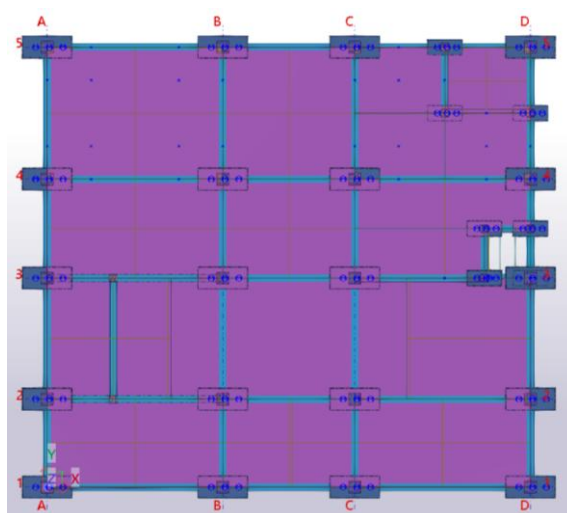
Direncanakan tulangan lentur bawah D22-150 mm arah y dan D22-200 mm arah x. Untuk tulangan susut atas D16-150 mm arah y dan D16-200 arah x.

3.12. Permodelan Bangunan Menggunakan Tekla Structure

Terdapat hasil permodelan struktur bawah pada **Gambar 4** dan **Gambar 5** yang meliputi elemen-elemen seperti bore pile, pile cap, dan tie beam. Proses ini dilakukan menggunakan program *Tekla Structure* yang disesuaikan dengan perhitungan struktur yang ada.

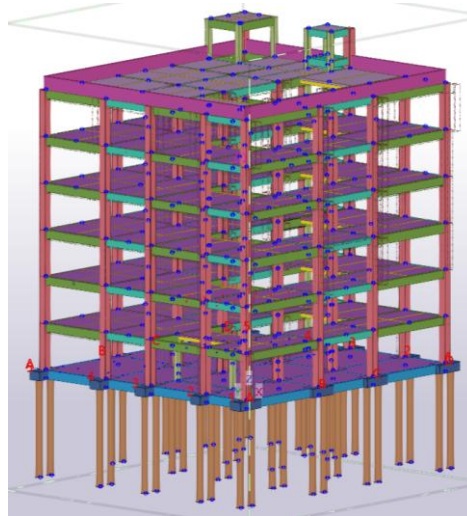


Gambar 4. 3D Struktur Bawah

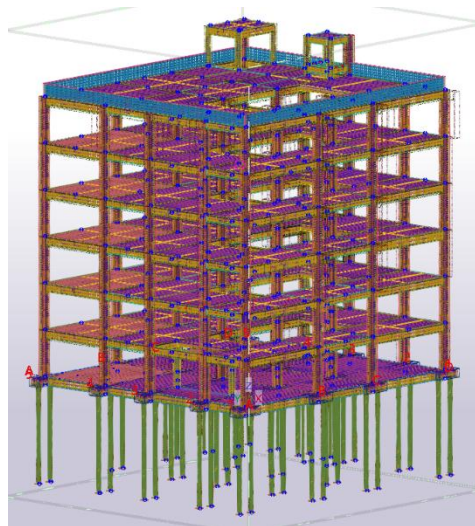


Gambar 5. Denah Struktur Bawah

Hasil permodelan struktur atas, melibatkan elemen-elemen seperti kolom, balok, dan plat, ditampilkan dalam **Gambar 6** dan **Gambar 7**. Proses permodelan ini dilakukan dengan menggunakan program Tekla Structure yang telah disesuaikan dengan perhitungan struktur yang telah dilakukan sebelumnya.



Gambar 6 3D Struktur Atas



Gambar 7 3D Penulangan Struktur Bawah dan Atas

3.13. Hasil *Quantity Take Off* Tekla Structure

Dalam proses permodelan dengan program Tekla Structure, elemen-elemen struktural seperti bore pile, pile cap, tie beam, kolom, balok, dan plat memiliki volume yang terhitung secara otomatis sesuai dengan model yang dibuat. Tahap permodelan dalam program ini memerlukan ketelitian yang tepat sesuai dengan perhitungan yang telah dilakukan sebelumnya. Hasil output dari quantity take off ini berfungsi sebagai alat bantu bagi seorang perencana untuk menentukan kebutuhan volume beton, baja tulangan, serta luas bekisting yang diperlukan.

3.14. Perhitungan RAB

Dalam perencanaan Gedung Klinik Super Skin Semarang, estimasi anggaran biaya disusun menggunakan Analisa Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) tahun 2023. Penentuan harga setiap item pekerjaan dilakukan dengan mengalikan volume pekerjaan dengan nilai AHSP. Tabel 12 menyajikan ringkasan estimasi anggaran biaya, terutama terfokus pada pekerjaan struktural, dalam perencanaan Gedung Klinik Super Skin Semarang.

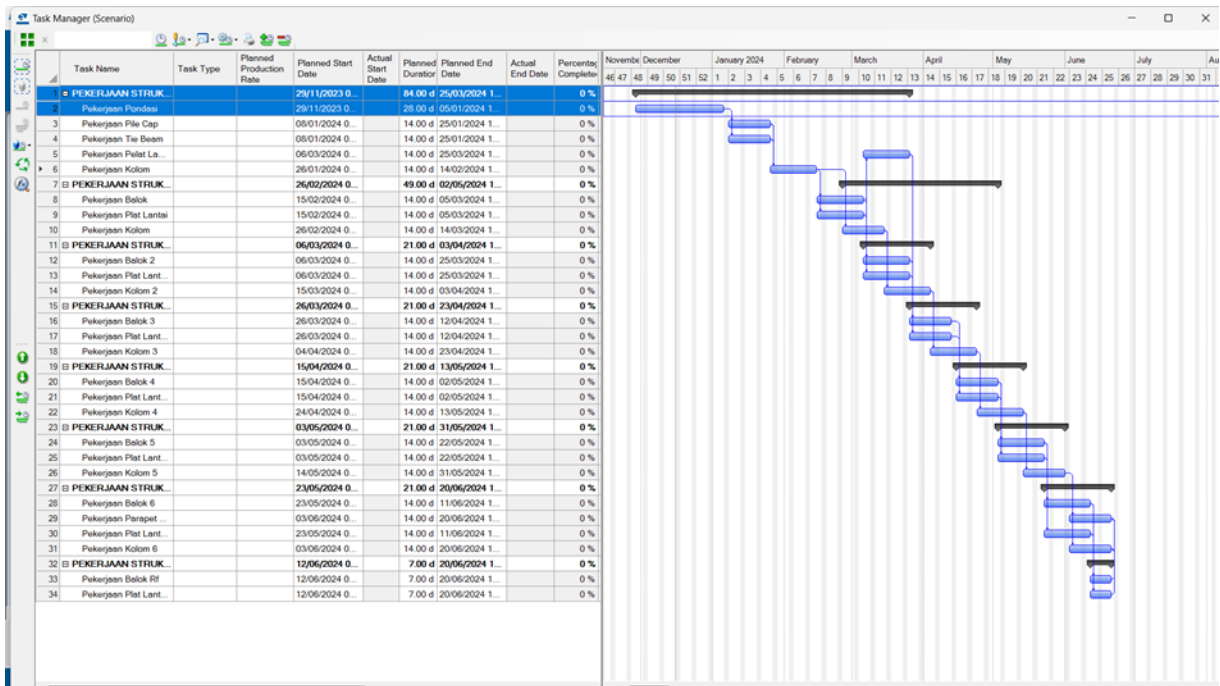
Tabel 12. Rekapitulasi RAB
REKAPITULASI RENCANA ANGGARAN BIAYA

Pekerjaan : Pembangunan Gedung Klinik Superskin Semarang
 Lokasi : Kota Semarang
 Tahun Anggaran : 2023

NO.	ITEM PEKERJAAN	JUMLAH HARGA (Rp)
I.	PEKERJAAN PERSIAPAN	Rp 98.392.250.39
II.	PEKERJAAN PONDASI BORED PILE	Rp 544.455.876.54
III.	PEKERJAAN TANAH DAN GALIAN	Rp 137.251.274.98
IV.	PEKERJAAN STRUKTUR LANTAI DASAR	Rp 987.928.187.75
V.	PEKERJAAN STRUKTUR LANTAI 1	Rp 1.273.807.000.84
VI.	PEKERJAAN STRUKTUR LANTAI 2	Rp 1.265.259.829.62
VII.	PEKERJAAN STRUKTUR LANTAI 3	Rp 1.265.259.829.62
VIII.	PEKERJAAN STRUKTUR LANTAI 4	Rp 1.265.259.829.62
IX.	PEKERJAAN STRUKTUR LANTAI 5	Rp 1.265.259.829.62
X.	PEKERJAAN STRUKTUR LANTAI 6	Rp 1.065.434.470.08
XI.	PEKERJAAN STRUKTUR ROOTOP	Rp 121.153.613.21
	JUMLAH I-X	Rp 9.289.461.992.26
	PPN 11%	Rp 1.021.840.819.15
	JUMLAH TOTAL	Rp 10.311.302.811.41
	DIBULATKAN	Rp 10.311.000.000.00
TERBILANG:		
Sepuluh Milyar Tiga Ratus Sebelas Juta Rupiah		

3.15. Penjadwalan Menggunakan Tekla Structure

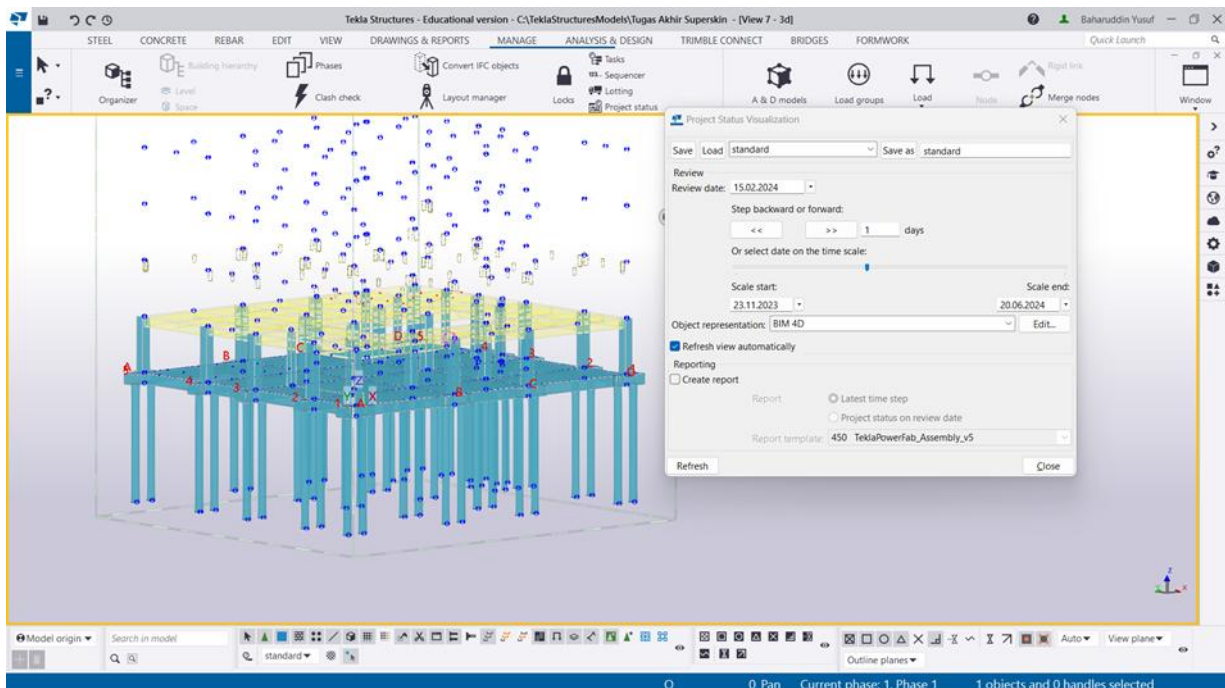
Penjadwalan pekerjaan dilakukan menggunakan aplikasi Tekla Structure, dengan memanfaatkan fitur *task manager* pada aplikasi tersebut. Pada fitur *task manager* penjadwalan dilakukan dengan menambahkan item pekerjaan, durasi pekerjaan, dan *predecessors* (ketergantungan item pekerjaan dengan item pekerjaan yang lain. Namun fitur ini memiliki kelemahan yaitu hanya dapat memasukkan item-item pekerjaan struktur saja, sedangkan item pekerjaan persiapan tidak bisa. Berikut bisa disimak hasil penjadwalan pada **Gambar 8**.



Gambar 8 Hasil Penjadwalan Menggunakan Tekla Structure

3.16. Simulasi Model Bangunan Menggunakan Tekla Structure

Pada Gambar 9 bagian *project* status dapat dilihat simulasi dari penjadwalan pekerjaan. Dengan total durasi penjadwalan pekerjaan struktur adalah 21 minggu atau 5 bulan 1 minggu. Dan apabila ditambah dengan pekerjaan persiapan adalah 26 minggu.



Gambar 9 Simulasi Model Bangunan di Tekla Structure

4. Kesimpulan

Setelah melalui semua proses analisis yang dilakukan dalam penyusunan perencanaan ini, beberapa kesimpulan dapat ditarik sebagai berikut:

- 1) Dalam perencanaan struktur Gedung Klinik Super Skin Semarang terdapat perubahan yaitu Menghilangkan lantai semi *basement*, dimensi penampang struktur yang direncanakan berbeda

dengan *as built draw*. Perbedaan dimensi struktur karena perhitungan ulang disebabkan oleh perencana satu dengan lainnya berbeda dalam menentukan variabel yang akan direncanakan seperti pembebanan, fungsi ruang, material, dll.

- 2) Semua struktur yang telah direncanakan telah melewati proses analisis struktur dengan bantuan program SAP2000 dan memenuhi standar keselamatan yang diharapkan, atau dengan kata lain, dapat dianggap aman.
- 3) Perhitungan RAB perencanaan Gedung Klinik Super Skin Semarang menggunakan volume otomatis atau *quantity take off* yang diambil dari Tekla Structure dan total biaya yang diperlukan sebesar Rp. 10.311.000.000,00
- 4) Penjadwalan untuk konstruksi Gedung Klinik Super Skin Semarang dibuat menggunakan Tekla Structure dan direncanakan akan berlangsung selama periode pengerjaan selama 26 bulan.

Referensi

- Arifin, Z., & Sebayang, S. (2015). *Analisis Struktur Gedung POP Hotel Terhadap Beban Gempa Dengan Metode Pushover Analysis* (Vol. 3, Issue 3).
- Doni, T. A. P. L. (2021). *PERANCANGAN GEDUNG APARTEMEN DI MENTENG*.
- Fansuri, S., Desharyanto, D., Intan, A., & Diana, N. (2021). PERBANDINGAN MODEL STRUKTUR MENGGUNAKAN METODE MATRIKS DENGAN PROGRAM SAP 2000. In *MITSU" Media Informasi Teknik Sipil UNIJA* (Vol. 9, Issue 2).
- Guci, J. M., Safitri, R. A., & Nurjaen, A. (2021). PERENCANAAN BANGUNAN GEDUNG TAHAN GEMPA 11 LANTAI DENGAN SISTEM GANDA. *STRUCTURE TEKNIK SIPIL*, 3(2), 125–129.
- Nofiyanto, A., Agung, D., & Putera, A. (2013). PERENCANAAN STRUKTUR STADION MENGGUNAKAN INTEGRASI TEKLA STRUCTURE DAN SAP2000. In *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil* (Vol. 17, Issue 2).
- Nurul Fadilah, U., Tunafiah, H., & Halimah Tunafiah, I. (2018). *ANALISA DAYA DUKUNG PONDASI BORED PILE BERDASARKAN DATA N-SPT MENURUT RUMUS REESE&WRIGHT DAN PENURUNAN*.
- Olivia Odja, M., Likadja, F. J., Ina, W. T., & Pella, S. I. (n.d.). Penggunaan Microsoft Excel untuk Kemudahan Pengolahan Data Nilai Hasil Belajar Siswa. In *ABDIMAS /Jurnal LPPM UNDANA: Vol. XV* (Issue 2).
- Pratama, A., Januar Oni Bagus, A., Wibowo, H., & Sabdono, P. (2018). *PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG KULIAH FAKULTAS EKONOMI UNNES SEMARANG* (Vol. 7, Issue 1).
- Purnomo, C. C., Hutabarat, L. E., Putri, R., & Gultom, W. (2022). KAJIAN TINGKAT IMPLEMENTASI DAN HAMBATAN PENGGUNAAN BUILDING INFORMATION MODELLING (BIM). *Oktober*, 3(2), 68–76.
- Rizaludin, Winarto, S., & Ridwan, A. (2020). PERENCANAAN PONDASI TIANG PANGCANG GEDUNG PASCA SARJANA FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS KADIRI. In *JURMATEKS* (Vol. 3, Issue 1).
- Tugiono, S. S. (2021). *PERANCANGAN STRUKTUR ATAS GEDUNG STUDENT APARTMENT, YOGYAKARTA PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA YOGYAKARTA JULI 2021*.

© PILARS, 2025. All rights reserved

