



PILARS

JURNAL SIPIL
DAN ARSITEKTUR

OPEN



ACCESS

E-ISSN 2988-5973

JURNAL SIPIL DAN ARSITEKTUR



PILARS	Volume 3	Nomor 2	Juni 2025	Hal 77-147	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 SIPIl DAN ARSITEKTUR



Volume 3 Nomor 2 Juni 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 2 Juni 2025

DAFTAR ISI

1. Pemanfaatan *crumb rubber* dan *fly ash* sebagai substitusi agregat halus dan semen pada *ventilation block*
(*Aditya Nasrhul Syarif, Febby Khairunnisa, Hartono, Shifa Fauziyah*) 77-84
2. Kajian sistem proteksi kebakaran gedung studi kasus: Gedung Dekanat Fakultas Hukum Universitas Udayana
(*Alphina Meliala, Hermin Werdiningsih*) 85-95
3. Perencanaan ulang jembatan Sungai Bajing (Tol Solo-Yogyakarta STA 19+648) dengan berbasis *building information modeling* (BIM) 5D
(*Adna Junius Caesar, Irfan Arya Wanata, Asri Nurdiana, Bambang Setiabudi*) 96-105
4. Perencanaan pembangunan gedung laboratorium Teknik Komputer Fakultas Teknik Universitas Diponegoro dengan Integrasi BIM (*Building Information Modelling*)
(*Kinanti Dianing Pramudya, Bambang Setiabudia, Asri Nurdiana*) 106-118
5. Implementasi BIM 5D pada *re-design* gedung dekanat Fakultas Pertanian Peternakan Universitas Diponegoro
(*Caroline Audrey Kendra Dewi, Wahyu Budi Anto, Bambang Setiabudi, Asri Nurdiana*) .. 119-130
6. Penerapan strategi desain pasif sebagai optimalisasi pencahayaan alami dalam kenyamanan visual bangunan
(*Sintikhe Grace Siraita, Bintang Natalina, Chely Novia Bramiana, Mohammad Sahid Indraswara*) 131-137
7. Perencanaan ulang struktur gedung technopole Politeknik Manufaktur Bandung dengan sistem rangka pemikul momen khusus menggunakan konsep BIM 5D
(*Nurhafiza Seftina, Romero Rilo Paksi Danurwinda, Bambang Setiabudi, Asri Nurdiana*) 138-147

Pemanfaatan *crumb rubber* dan *fly ash* sebagai substitusi agregat halus dan semen pada *ventilation block*

Aditya Nasrhul Syarif^{a*}, Febby Khairunnisa^a, Hartono^a, Shifa Fauziyah^a

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

ARTICLE INFO

Corresponding author:

Email:

adityasyarif04@gmail.com

Article history:

Received : 08 June 2024

Accepted : 20 June 2025

Publish : 30 June 2025

Keywords:

cement, *crumb rubber*, *fly ash*,
substitution, *ventilation block*

ABSTRACT

Along with the rapidly growing infrastructure development in Indonesia, the demand for construction materials is also increasing. One of them is ventilation block which is widely applied in the construction of environmentally friendly houses, because one aspect of an environmentally friendly house is to have natural light and air circulation in several rooms. Ventilation block is a non-structural concrete that functions as a partition with air circulation and lighting. Ventilation blocks are made of concrete materials, such as aggregate (crushed stone and sand), hydraulic binder (cement), and water. However, increasing construction and industrial activities also have an impact on the increase of residual materials, such as fly ash and crumb rubber (rubber powder). Fly ash is a residual material produced in the process of burning coal. This research aims to create non-structural concrete innovations by utilizing residual materials so that the right composition and proportion are known. The method used is an experimental method divided into five variations of test specimens, namely with variations in the composition of rubber powder at 0%; 5%; 7.5%; 10%; 12,5 % by weight of sand and fly ash at 0%; 5%; 10%; 15% and 20 % by weight of cement, which will be tested after the concrete is 14, 21, dan 28 days old. It is expected that this research will produce ventilation blocks with a mixture of rubber powder as a substitute for sand and fly ash as a substitute for cement.

Copyright © 2025 PILARS-UNDIP

1. Pendahuluan

Ventilation block merupakan beton non-struktural yang digunakan sebagai partisi ataupun material penyusun dinding. *Ventilation block* didapatkan dengan mencampurkan komposisi semen, air, dan pasir, lalu dilaksanakan pressing dan dilakukan perawatan dengan membasahi permukaan *ventilation block* lalu dibiarkan hingga mengeras. Fungsi utama dari penggunaan *ventilation block* adalah sebagai penghawaan serta pencahayaan alami pada suatu bangunan dengan mengoptimalkan sistem *cross ventilation*. *Cross ventilation* diterapkan dengan menempatkan minimal dua lubang ventilasi pada dinding yang bersebrangan dengan ruang tengah, sehingga cakupan aliran udara dalam ruangan menjadi semakin luas (Nyoman, 2019).

Crumb Rubber atau biasa disebut serbuk karet merupakan material yang dihasilkan dari limbah ban bekas ataupun produk karet lainnya yang dihancurkan dan dapat digunakan untuk campuran produk karet lain, seperti campuran pada bahan bangunan, sol sepatu karet, campuran aspal, dan lain sebagainya. Serbuk karet digunakan sebagai bahan substitusi dari pasir sebagai bahan pengisi dalam pembuatan *ventilation block*, serbuk karet ini dipilih karena banyaknya limbah karet yang kurang diolah menjadi bahan yang bermanfaat, selain itu karet memiliki berat jenis yang ringan yang memungkinkan menghasilkan inovasi roster yang lebih ringan.

Fly Ash atau abu terbang merupakan material residu yang dihasilkan dalam proses pembakaran batu bara. *Fly ash* mempunyai kadar semen yang tinggi dan bersifat pozzolan. Sifat pozzolan adalah sifat yang dimiliki bahan-bahan yang mengandung senyawa silika dan alumina (Subakti, 2014). Selain memiliki sifat pozzolan yang mengikat antara semen dan *fly ash*, penggunaan *fly ash* juga difungsikan sebagai *filler*, dimana *filler* itu sendiri merupakan bentuk dari *fly ash* yang sangat halus. *Fly ash* memiliki kelebihan tahan terhadap serangan dari sulfat. *Fly ash* dengan kandungan CaO 10% atau lebih, dihasilkan dari pembakaran batu bara cokelat atau batu bara *sub-bituminous* (batu bara muda). Mengandung senyawa lain berupa SiO₂ (30-50%), Al₂O₃ (17-20%), Fe₂O₃, MgO, NaO₂, dan beberapa K₂O. Memiliki berat jenis 2,31-2,86. Mempunyai sifat pozzolan, namun bereaksi langsung dengan air membentuk CSH (CaO.SiO₂.2H₂O)

Pemanfaatan limbah anorganik sebagai substitusi pada material penyusun beton cukup banyak dikembangkan, sehingga menjadi solusi yang cukup baik dalam mengelola limbah anorganik. Oleh karena itu, pada penelitian ini akan dilakukan pembuatan *ventilation block* dengan memanfaatkan limbah serbuk karet sebagai substitusi agregat halus dan *fly ash* sebagai substitusi semen. Sehingga akan dihasilkan *ventilation block* ramah lingkungan yang memiliki kuat tekan dan daya serap air yang lebih efektif dari *ventilation block* konvensional. Selain itu, diharapkan penelitian ini akan menjadi salah satu solusi yang efektif untuk mengatasi permasalahan pengelolaan limbah, terutama limbah *fly ash* dan serbuk karet.

2. Data dan metode

2.1. Metode penelitian

Pada penelitian ini menggunakan metode kuantitatif eskperimental guna metode ini untuk mengetahui dan menganalisis pengaruh dari variabel pengganti terhadap produk yang sesuai dengan SNI. Metode ini dilakukan secara objektif dan langsung di laboratorium dan home industrial.

2.2. Pengujian material

Pengujian material dilakukan terhadap agregat halus, semen, dan air. Sedangkan untuk bahan substitusi seperti serbuk karet dan *fly ash* tidak dilakukan pengujian. Pengujian dilakukan terhadap agregat halus, semen, dan air merupakan bahan dasar dalam pembuatan *Ventilation Block*.

2.3. Persiapan material tambah

Pada tahap ini material serbuk karet dan fly-ash yang didapatkan akan dilakukan beberapa perlakuan sebelum di proses sebagai bahan substitusi dalam pembuatan *Ventilation Block*. Untuk serbuk karet memakai lolos saringan ukuran 4,75 mm sedangkan Fly-Ash memakai lolos saringan ukuran 0,075 mm. Untuk bahan tambahan bisa dilihat Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1. *Crumb rubber*



Gambar 2. Fly ash

2.4. Job mix design

Perencanaan *mix design* yang bertujuan agar mengetahui perbandingan proporsi material yang digunakan dalam pembuatan *ventilation block* terdapat perbandingan komposisi antara semen dengan agregat halus yang digunakan yaitu PC : PS = 1 : 6 dengan faktor air semen 0,30, dengan total 5 variasi yang memiliki presentase pada Tabel 1.

Tabel 1. Job mix design

Variasi	Persentase				Sampel	
	Sebuk karet (%)	Pasir (%)	Semen (%)	Fly ash (%)	14 hari	21 hari
A	0	100	100	0	3	3
B	5	95	95	5	3	3
C	7,5	92,50	90	10	3	3
D	10	90	85	15	3	3
E	12,50	87,50	80	20	3	3

Persentase diambil dari keseluruhan perbandingan Benda uji. Volume benda uji sesuai dengan SNI 03-0349-1989 tentang bata beton berlubang, benda uji yang kami gunakan yaitu panjang 370 mm, tinggi 150 mm, dan lebar 90 mm dengan tiga lubang yang berukuran lebar 45 mm, panjang 75 mm dan tinggi 130 mm, maka diperoleh volume total benda uji 4995 cm³.

3. Hasil dan pembahasan

3.1. Pengujian material

3.1.1. Pengujian agregat halus

Berdasarkan SNI 03-1750-1990 mengenai persyaratan agregat halus, ditentukan bahwa standar agregat halus yang baik adalah memiliki MHB yang berkisar pada angka 1,5% sampai 3,8%. Hasil analisis pada uji ini adalah didapatkan nilai FM material pasir sebesar 3,55%. Sehingga dapat disimpulkan pasir yang diuji telah memenuhi persyaratan dan dapat digunakan untuk bahan penyusun *ventilation block* = 3,92%.

Berdasarkan SK-SNI-S-04-1989-F, syarat agregat halus yang baik digunakan adalah tidak memiliki kadar lumpur lebih dari 5%. Hasil uji kocokan ini menunjukkan bahwa kadar lumpur yang terkandung di dalam pasir sebesar 3,92% yang mana kurang dari 5%. Sehingga, pasir telah memenuhi syarat untuk dijadikan bahan penyusun *ventilation block*.

Syarat kadar lumpur organis yang terkandung di dalam pasir berdasarkan PUBI 1982 tidak melebihi 5% dan bila dilakukan perendaman dengan larutan NaOH 3%, perubahan warna larutan memenuhi standar warna *Hellige Tester*. Hasil dari uji NaOH menunjukkan kadar lumpur organis yang terkandung di dalam pasir sebesar 4% dan warna larutan NaOH berubah menjadi kuning kecokelatan. Sehingga dapat disimpulkan pasir tersebut memenuhi persyaratan untuk bahan penyusun *ventilation block*.

3.1.2. Pengujian air

Dalam penelitian ini pengujian air dilakukan melalui pengamatan dengan cara visual yang sesuai dengan PBI-1971. Untuk hasil yang dipakai, tidak berbau, air harus jernih, harus bersih tidak boleh memiliki kandungan minyak, lumpur, garam dan tidak boleh memiliki kandungan bahan-bahan yang lain yang bisa menurunkan kualitas *ventilation block*.

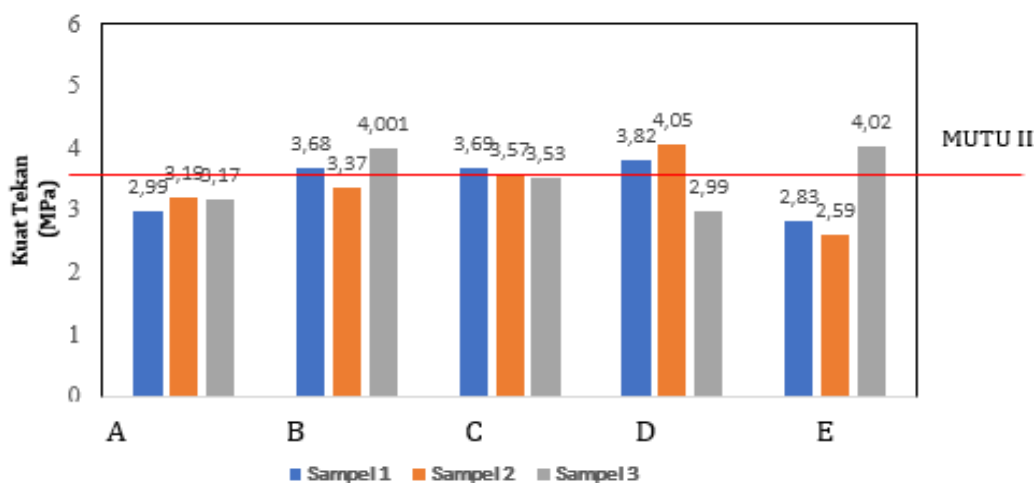
3.1.3. Pengujian semen

Keadaan kemasan semen dan butiran semen diamati secara visual. Penelitian ini menggunakan semen dalam kondisi baik tidak terbuka maupun tidak terdapat robekan dengan tidak adanya gumpalan pada butiran semen.

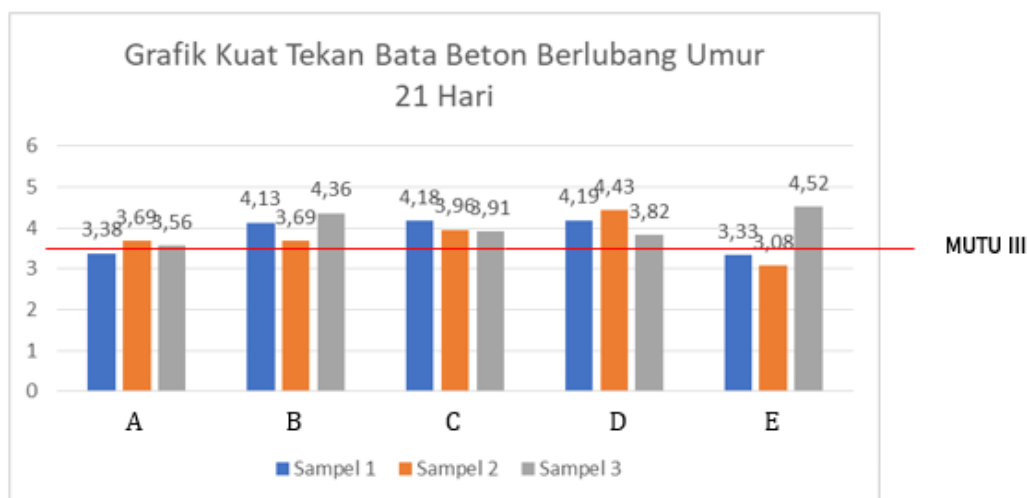
3.2. Pengujian benda uji

3.2.1. Kuat tekan

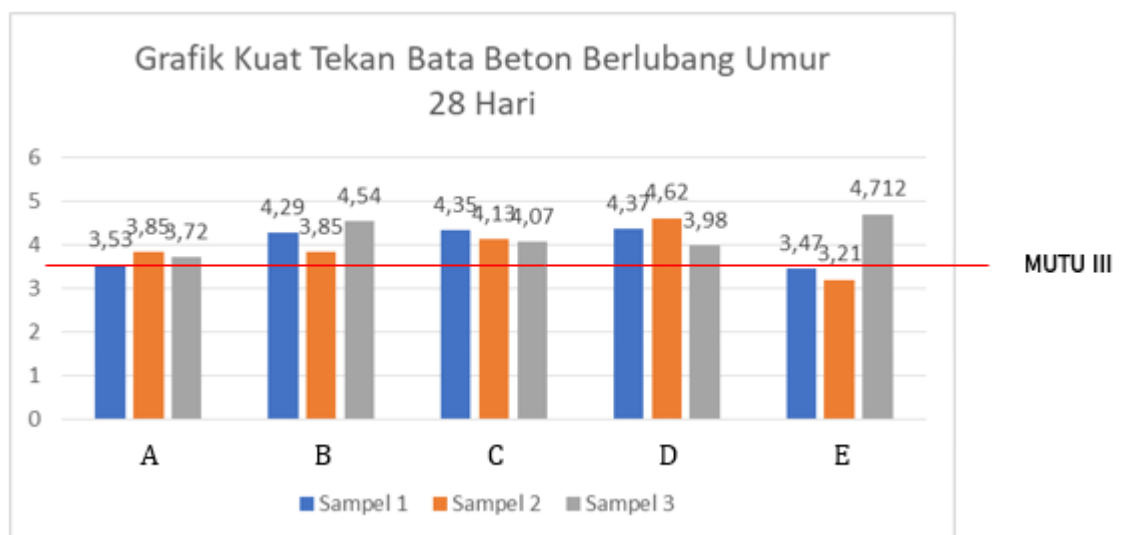
Pengujian kuat tekan dilakukan pada batako berlubang pada umur 14 hari dan 21 hari masing-masing tiga benda uji dengan variasi serbuk karet dan *fly ash*. Adapun hasil pengujian kuat tekan pada batako berlubang disajikan pada Gambar 3 dan Gambar 4. Sedangkan hasil konversi kuat tekan batako pada umur 28 hari disajikan pada Gambar Gambar 5.



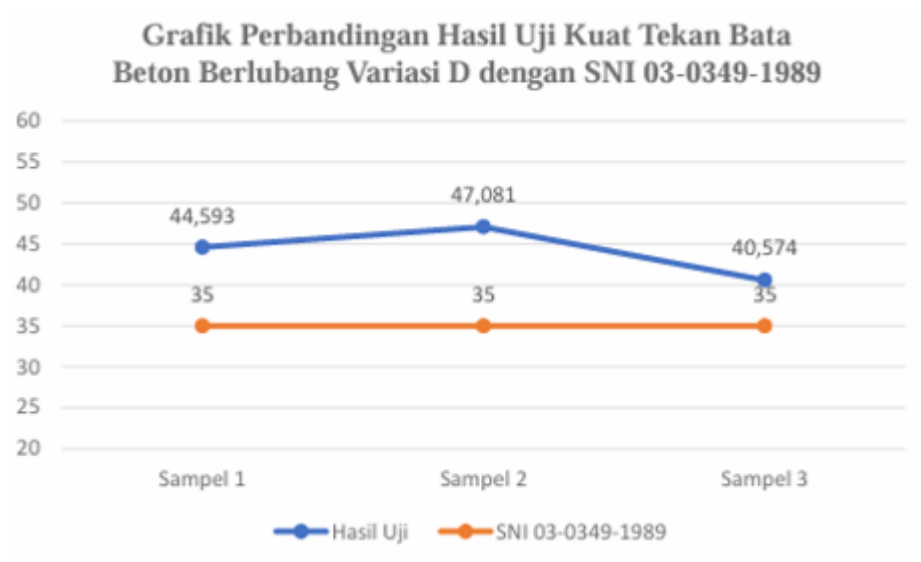
Gambar 3. Kuat tekan pada umur 14 hari



Gambar 4. Kuat tekan pada umur 21 hari



Gambar 5. Kuat tekan pada umur 28 hari



Gambar 6. Perbandingan grafik hasil pengujian dengan SNI 03-0349-1989

Pada penelitian ini dihasilkan data uji kuat tekan yang menunjukkan bahwa bata beton berlubang D merupakan variasi dengan nilai rata-rata kuat tekan yang optimum yaitu sebesar 4,375 Mpa pada umur bata 28 hari. Berdasarkan pada penelitian terdahulu oleh Sulistyowati, 2013 perbandingan antara rata-rata kuat tekan bata beton berlubang dengan campuran abu batu bara dengan bata beton berlubang variasi D disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan nilai kuat tekan sampel D dengan bata beton berlubang terhadap penelitian terdahulu

No.	Umur Beton (Hari)	Sampel D (MPa)	Penelitian Terdahulu (MPa)	Penelitian Terdahulu (Kg/cm ²)
1	14	4,374	1,624	16,55
2	21	4,618	2,022	20,62
3	28	3,980	2,369	24,15

Hasil analisis data penelitian terdahulu dijadikan salah satu acuan bagi penulis untuk dapat menentukan rencana mutu inovasi *ventilation block* dengan campuran serbuk karet dan *fly ash* sebagai substitusi. Selain itu, data tersebut juga menjadi salah satu acuan dalam penentuan batas capaian minimum A. Maka dari itu, berdasarkan tabel perbandingan di atas dapat dilihat bahwa capaian nilai

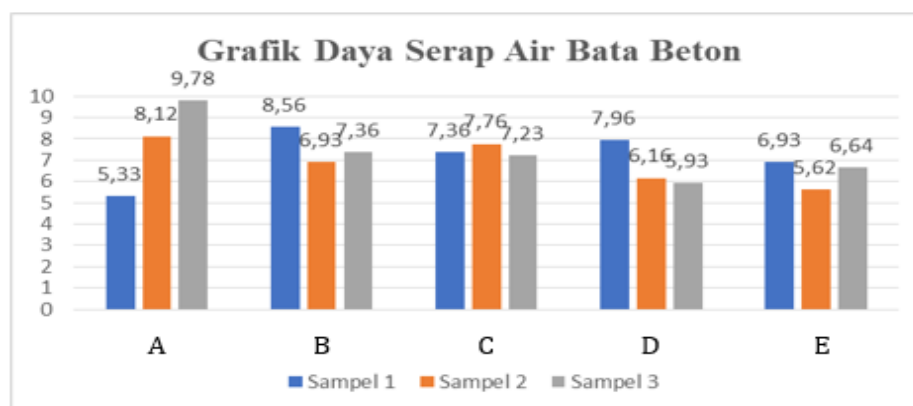
kuat tekan D lebih tinggi dari bata beton berlubang pada penelitian terdahulu. Adapun perbandingan nilai kuat tekan A-10 dengan syarat bata beton bertulang menurut SNI disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Perbandingan nilai kuat tekan A-10 dengan syarat bata beton berlubang menurut SNI 03-0349-1989

Sampel	Umur Sampel D 28 Hari (MPa)	Umur sampel D 28 Hari (Kg/cm ²)	Spesifikasi Bata Beton Berlubang Mutu III (Kg/cm ²)	Keterangan
1	4,374	44,593	> 35	Memenuhi
2	4,618	47,081	> 35	Memenuhi
3	3,980	40,574	> 35	Memenuhi
	Rata-Rata	44,083	> 30	Memenuhi

3.2.2. Uji daya serap air

Uji daya serap air dilakukan pada tiga sampel dari masing-masing variasi untuk dilakukan analisis terhadap rata-rata daya serap air dari bata beton berlubang. Berdasarkan spesifikasi SNI 03-1750-1990, bata beton berlubang dengan mutu III tidak memiliki persyaratan batas maksimum untuk daya serap air, namun perlu dilakukan pengujian untuk memastikan bahwa D aman diaplikasikan di dalam ataupun di luar ruangan. Sehingga digunakan batas maksimum spesifikasi bata beton berlubang mutu I sebesar maksimal 25% seperti yang disajikan pada Gambar 7.



Gambar 7. Hasil uji daya serap air

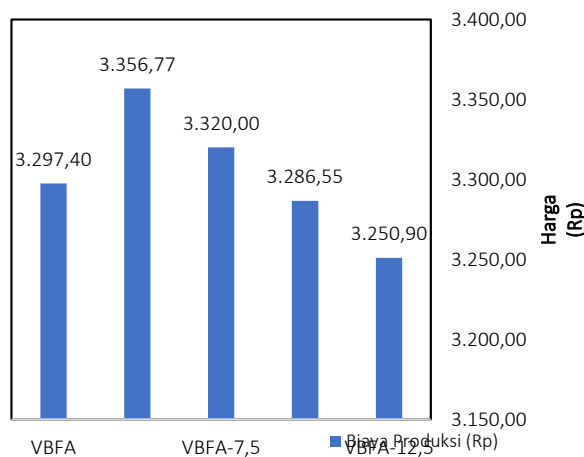
Berdasarkan hasil pengujian daya serap air terhadap bata beton berlubang, dihasilkan daya serap air rata-rata pada A memenuhi spesifikasi bata beton berlubang mutu I berdasarkan SNI 03-0349-1989 karena daya serap air masing-masing variasi berada di bawah batas maksimal sebesar 25%. Gambar 7 dapat disimpulkan bahwa E merupakan variasi yang memiliki daya serap air optimum, yaitu sebesar 6,636%. Perbandingan hasil daya serap E dibandingkan dengan penelitian terdahulu oleh Prasetyo, 2022 dengan daya serap air optimum sebesar 7,51%, A-10 memiliki penyerapan air yang lebih baik.

3.3. Analisis perbandingan biaya

Pada penelitian ini dilakukan analisis perbandingan biaya produksi dari bata beton berlubang konvensional dengan bata beton berlubang A untuk dapat membandingkan nilai ekonomi dari bata beton berlubang tersebut seperti yang disajikan pada Tabel 4 dan Gambar 8.

Tabel 4. Rekapitulasi harga material

Volume Sampel (cm ³)	Harga Semen (Rp/kg)	Harga Pasir per kg (Rp/kg)	Harga Serbuk Karet (Rp/kg)	Harga <i>Fly</i> <i>Ash</i> (Rp/kg)	Harga Air (Rp/ltr)
4995	1.125,00	117,00	2.100,00	0,00	100,00



Gambar 8. Perbandingan biaya produksi

Biaya produksi optimum berdasarkan hasil analisis perhitungan biaya diketahui bata beton berlubang variasi E merupakan bata beton berlubang dengan biaya produksi optimum, yaitu sebesar Rp 3.250,90 lebih murah Rp 46,50 dari biaya produksi bata beton berlubang konvensional. Hal ini dikarenakan adanya substitusi material terhadap pasir dan semen oleh serbuk karet dan *fly ash*, dimana terdapat perbedaan kuantitas dan harga satuan dari masing-masing material yang dapat menyebabkan penurunan biaya produksi.

Dengan harga yang sedikit lebih murah, E tetap memiliki kualitas yang lebih baik dibandingkan dengan A atau bata beton berlubang konvensional. Hasil pengujian kuat tekan terhadap masing-masing sampel, E memiliki kuat tekan yang lebih baik dibandingkan dengan bata beton berlubang konvensional. Begitu pun dengan daya serap air bata, E merupakan bata beton berlubang yang memiliki nilai daya serap air optimum dibandingkan dengan bata beton berlubang variasi yang lain.

4. Kesimpulan

Ventilation block merupakan beton non-struktural yang digunakan sebagai partisi ataupun material penyusun dinding. *Ventilation block* didapatkan dengan mencampurkan komposisi semen, air, dan pasir. Fungsi utama dari penggunaan *ventilation block* adalah sebagai penghawaan serta pencahayaan alami pada suatu bangunan dengan mengoptimalkan sistem *cross ventilation*. Pemanfaatan limbah anorganik sebagai substitusi pada material penyusun beton cukup banyak dikembangkan, sehingga menjadi solusi yang cukup baik dalam mengelola limbah anorganik. Oleh karena itu, pada penelitian ini akan dilakukan pembuatan *ventilation block* dengan memanfaatkan limbah serbuk karet sebagai substitusi agregat halus dan *fly ash* sebagai substitusi semen. Sehingga akan dihasilkan *ventilation block* ramah lingkungan yang memiliki kuat tekan dan daya serap air yang lebih efektif dari *ventilation block* konvensional. Selain itu, diharapkan penelitian ini akan menjadi salah satu solusi yang efektif untuk mengatasi permasalahan pengelolaan limbah, terutama limbah *fly ash* dan serbuk karet. Metode yang digunakan yaitu metode eksperimental yang dibagi menjadi lima variasi benda uji, yaitu dengan variasi komposisi serbuk karet sebesar 0%; 5%; 7,5%; 10%; dan 12,5% dari berat pasir serta *fly ash* sebesar 0%; 5%; 10%; 15%; dan 20% dari berat semen, yang akan dianalisis hasil pengujian pada beton berumur 28 hari. Hasil dari penelitian ini menghasilkan *ventilation block* variasi substitusi serbuk karet 12,5% dari berat pasir dan *fly ash* 20% dari berat semen memiliki daya serap air paling rendah dengan kuat tekan yang sudah memenuhi spesifikasi dan memiliki biaya produksi yang lebih rendah dibandingkan *ventilation block* konvensional.

Ucapan terima kasih

Ucapan terima kasih ditujukan kepada Tuhan Yang Maha Esa, kepada dosen pembimbing dalam penelitian ini serta seluruh pihak yang telah membantu dan mendukung dalam penyusunan hasil penelitian ini. Ke depannya penelitian ini semoga dapat bermanfaat dan menambah wawasan serta pengetahuan bagi pembaca.

Referensi

- Bahrudin, Nova (2019) ANALISA PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH SERBUK KARET PADA KOMPOSISI BATAKO DENGAN METODE ANALYSIS OF VARIANS (ANOVA). S1 thesis, Universitas Mercu Buana Jakarta.
- Hafiizh, T., & Masjud, Y. I. (n.d.). Studi Pemanfaatan Fly Ash Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Batubara menjadi Batako.
- Hamidi, A., Aman, I., Dra, M. ;, & Drastinawati, M. (n.d.). PEMANFAATAN ABU TERBANG BATUBARA (FLY ASH) SEBAGAI BAHAN BATAKO YANG RAMAH LINGKUNGAN.
- Harun, M., Rasyid, A., & Sarasanty, D. (2022). PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH SERBUK SANDAL KARET TERHADAP KUAT TEKAN DAN KUAT TARIK BETON. SMART CITY AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS, 1(1).
- Hasil, J., Fisika, P. B., Nasution, N., Daulay, A. H., Harahap, N., & Fisika, J. (n.d.). EINSTEIN (e-Journal). (2012)PENGUJIANDAYASERAPAIRDANKUATTEKANBATAKODENGANPENAMBAHANCANGKANGBIJIKAR ET
- Mohamad Fadli Muharram, E. W. (2021). Pengaruh Penggunaan FLY ASH sebagai Substitusi Semen dan Limbah Kaca . Vol. 19; No. 2; 2021, ; Hal 310-317
- Muharram, M. F., & Walujodjati, E. (2021). Pengaruh Penggunaan FLY ASH sebagai Substitusi Semen dan Limbah Kaca Sebagai Substitusi Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Beton. Pengaruh Penggunaan FLY ASH sebagai Substitusi Semen dan Limbah Kaca Sebagai Substitusi Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Beton.
- Nugroho, G., Faizah, R., & Handoko, D. D. (2022). Pemanfaatan Serbuk Karet Terhadap Kuat Tekan dan Daya Redam Beton non Struktural. Bulletin of Civil Engineering, 2(1), 45–48.
- Ode Asmin, L., & Isa, L. (2022). Effect of Addition of Used Tire Aggregate and Glass Bottle Waste on Characteristics and Compressive Strength of Brick. Jurnal Multidisiplin Madani (MUDIMA), 2(3), 1139–1150.
- Pekerjaan Umum, D., JENDERALCIPTA KARYA OIREKTORAT PENYELIOIKAN MASALAH BANGUNAN Jalan, Direkto. T., & Pos, T. (n.d.). BAHAN BANGUNA N DI INDONESIA A (PUB I-1982).
- Sembiring, A. C., & Saruksuk, J. J. (2017). UJI KUAT TEKAN DAN SERAPAN AIR PADA PAVING BLOCK DENGAN BAHAN PASIR KASAR, BATU KACANG, DAN PASIR HALUS. Vol. 1, No. 1, Juni 2017 .
- Sembiring, A. C., & Saruksuk, J. J. (2017). UJI KUAT TEKAN DAN SERAPAN AIR PADA PAVING BLOCK DENGAN BAHAN PASIR KASAR, BATU KACANG, DAN PASIR HALUS . PADA PAVING BLOCK DENGAN BAHAN PASIR KASAR, BATU KACANG, DAN PASIR HALUS .
- Setiawati, M. (2018). FLY ASH SEBAGAI BAHAN PENGGANTI SEMEN PADA BETON (Vol. 17).
- Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-0349-1989. (1989). Bata beton untuk pasangan dinding. In Sni 03-0349-1989: Vol. ICS 91.100 (Nomor 1, hal. 1–6).
- Standar Nasional Indonesia (SNI) 15-2049-2004. (2004). Semen Portland.
- Tri Rochadi, M., Ludiyo, H. W., Teknik Sipil Politeknik Negeri Semarang Jl Sudarto, J. H., & Tembalang Semarang, S. (n.d.). PENGARUH VARIASI PENAMBAHAN LIMBAH PLASTIK TERHADAP KEKUATAN TEKAN BATAKO DALAM UPAYA PEMANFAATAN LIMBAH.
- Wahyu Saputri Ezra Hartarto Pongtuluran, Y., dan Karmila Achmad, Me., & Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Balikpapan, M. (n.d.). PENGARUH PEMANFAATAN SERBUK KARET BAN TERHADAP KUAT TEKAN PAVING BLOCK.
- ZORRILLA, JOSE. (2018). CANTOS DEL TROVADOR: coleccion de leyendas y tradiciones historicas (classic reprint). FORGOTTEN BOOKS.

Kajian sistem proteksi kebakaran gedung studi kasus: Gedung Dekanat Fakultas Hukum Universitas Udayana

Alphina Meliala^a, Hermin Werdiningsih^b

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

^bDepartemen Arsitektur, Universitas Diponegoro, Indonesia

ARTICLE INFO

Corresponding author:

Email:

alphinameliala02@gmail.com

Article history:

Received : 22 June 2024

Accepted : 26 June 2025

Publish : 30 June 2025

Keywords:

building, dean's office building,
emergency exits, fire protection

ABSTRACT

The Dean's Building of the Faculty of Law at Udayana University, as the center for administration and academics, requires a reliable fire protection system to ensure the safety of its occupants and minimize losses due to fire. The evaluation of the fire protection system in this building aims to provide an assessment of the available data related to the Dean's Building of the Faculty of Law at Udayana University with applicable rules and standards. The data on this building was obtained from the Planning Documents by the Planning Consultant PT Aretas Wicaksana Consultant and some were obtained through the data listed on the Udayana University website. This building has four fire protection systems in place: Hydrant, Fire Alarm System, Fire Extinguishers, and Emergency Exits. According to the Indonesian National Standards, the National Fire Protection Association, Ministerial Regulations, and several expert journals, the Fire Alarm System and Fire Extinguishers in this building are compliant, but there are some issues with the Hydrant and Emergency Exits that do not yet meet the standards. The evaluation results will generate suggestions for changes or solutions to improve the Dean's Building to be even better. These suggestions and solutions will be made in the form of a redesign.

Copyright © 2025 PILARS-UNDIP

1. Pendahuluan

Gedung Dekanat merupakan suatu bangunan dalam lingkungan Universitas, Dimana segala urusan administrasi, peningkatan mutu pendidikan terlaksana di bangunan ini. Gedung Dekanat juga merupakan fasilitas yang dimiliki oleh seorang Dekan beserta struktur organiasisnya. Fasilitas dari Gedung Dekanat yang bisa ditemukan mahasiswa adalah seperti administrasi kampus bagian akademik, ruangan tata usaha, dan ruangan dosen pembimbing akademik.

Gedung Dekanat juga dapat menjadi akses mahasiswa dalam mengurus berbagai keperluan akademik, mulai dari meminta tanda tangan dosen, melegalisir surat, hingga penyerahan berkas yang berhubungan dengan studi. Selain memiliki fungsi layanan administrasi, beberapa kampus juga menjadikan Gedung Dekanat menjadi fasilitas pendukung fakultas, seperti aula, lokasi penerimaan dan penyambutan mahasiswa baru, dan tempat yudisium.

Universitas Udayana disahkan di tahun 1962 bertepatan pada perayaan Hari Kemerdekaan yaitu tanggal 17 Agustus dan menjadi Universitas Negeri tertua di daerah Provinsi Bali. Fakultas Hukum Udayana, awalnya dibentuk dengan nama Fakultas Hukum dan Pengetahuan Masyarakat Universitas Udayana pada tahun ajaran 1964/1965. Kemudian pada tahun 2022 dilaksanakan perencanaan Pembangunan Gedung Dekanat Fakultas Hukum Udayana ini dan selesai di bangun serta diresmikan pada 20 Februari 2023.

Lokasi Gedung Dekanat ini terletak di Bali, tepatnya di Jalan Raya Kampus Universitas Udayana, Jimbaran, Kecamatan Kuta Selatan, Kabupaten Badung. Gedung ini berjumlah 4 lantai, dengan total luas bangunan sekitar $\pm 2560 \text{ m}^2$. Perkiraan luas tiap lantai berkisar $\pm 640 \text{ m}^2$ dan tinggi bangunan ini berkisar $\pm 23.7 \text{ m}$.

Di Indonesia, kasus kebakaran cukup sering terjadi, dapat dilihat dalam kurun waktu selama Januari-Juli 2023 telah terjadi 1.034 kasus kebakaran di daerah DKI Jakarta. Di kasus-kasus kebakaran ini juga banyak kasus yang memakan korban, tidak hanya mendapat luka bakar, banyak juga korban dari kasus ini yang kehilangan nyawanya. Salah satu yang menyebabkan adanya korban luka bakar maupun korban meninggal adalah terjebaknya korban dalam kobaran api ataupun kepungan asap. Oleh karena itu, sangat diperlukan sistem proteksi kebakaran yang memadai, seperti tangga darurat yang memiliki ketahanan api, sistem pemadam kebakaran seperti hydrant, APAR, *sprinkler*, dan *emergency exit*.

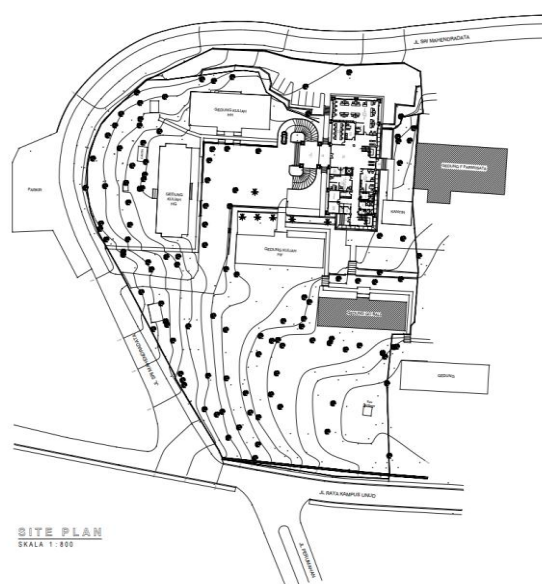
Dinilai juga disaat kebakaran dapat menyebabkan kepanikan yang berlebihan, sehingga para korban menjadi sulit menemukan jalur untuk menyelamatkan diri. Sehingga dengan adanya jalur evakuasi yang terstruktur dan mudah sangat membantu untuk meminimalisasi bertambahnya korban dalam kasus kebakaran.

Bangunan Gedung Dekanat Fakultas Hukum Udayana yang tergolong ke dalam Bangunan Pendidikan (menurut SNI 03-1745-2000), digolongkan sebagai bangunan dengan Bahaya Kebakaran Ringan. Dikarenakan kemungkinan penyebab jika terjadinya kebakaran di gedung ini adalah barang-barang yang berbentuk padat seperti kayu, kertas, kain, plastik dan sebagainya dengan klasifikasi kebakaran jika terjadi pada gedung ini adalah Kebakaran Klas A. Mengingat sering terjadinya kasus kebakaran di Indonesia, sudah seharusnya Gedung Dekanat Fakultas Hukum Udayana memiliki sistem proteksi kebakaran, yang dapat meminimalisir korban jika terjadi kebakaran. Oleh karena itu, melakukan kajian terhadap proteksi kebakaran dari gedung ini adalah pembahasan yang cukup penting sebagai bahan evaluasi untuk gedung ini ke depannya.

2. Data dan metode

2.1. Data objek penelitian

Objek penelitian adalah bangunan Gedung Dekanat dari Fakultas Hukum Universitas Udayana yang berlokasi di Bali tepatnya di Jalan Raya Kampus Universitas Udayana, Jimbaran, Kecamatan Kuta Selatan, Kabupaten Badung seperti yang ditunjukkan pada *site plan* Gambar 1.



Gambar 1. Site gedung Dekanat Fakultas Hukum Udayana
(Sumber: Dokumen Perencanaan PT. Aretas Wicaksana Konsultan Tahun 2022)

Batas-batas dari tapak objek penelitian dapat diperhatikan pada Gambar 1. Pada bagian Utara Lokasi tapak berbatasan dengan Jalan Sri Mahendradata, pada bagian Timur Lokasi berbatasan dengan Gedung F Pariwisata, pada bagian Selatan berbatasan dengan Gedung Go Bali dan Gedung Kuliah HF, pada bagian Barat berbatasan dengan Gedung Kuliah HH dan Gedung Kuliah HG.

2.2. Metode penelitian

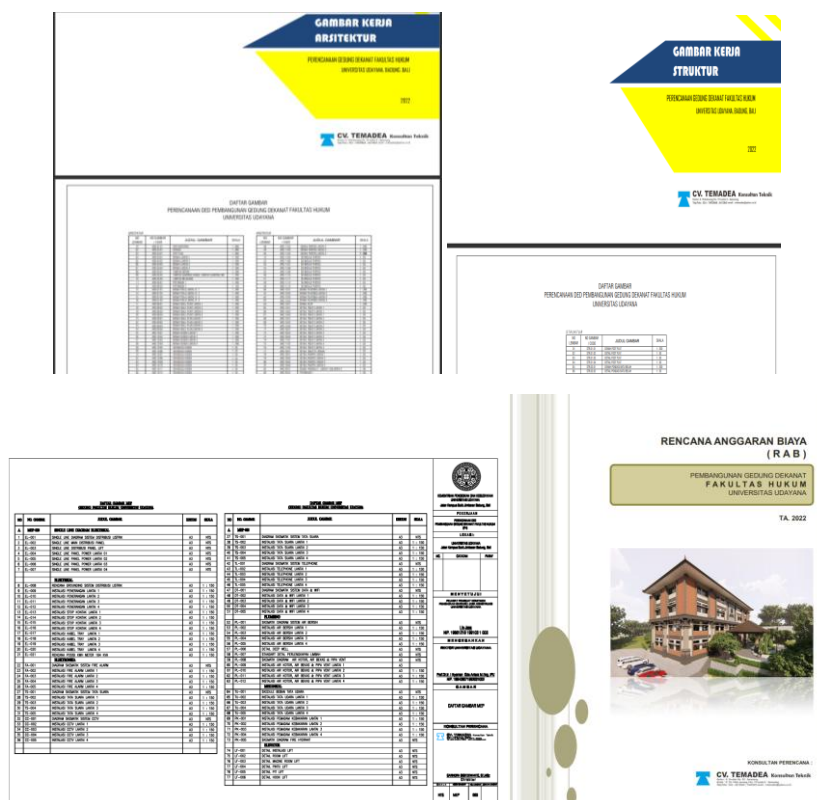
Metode penelitian yang digunakan adalah metode deskriptif kuantitatif, dengan membandingkan data yang dikumpulkan terkait Gedung Dekanat Fakultas Hukum Udayana dengan SNI ataupun peraturan pemerintah yang berkaitan maupun dapat disebut sebagai studi pustaka. Metode penelitian diawali dengan melakukan analisis mengenai Sistem Proteksi Kebakaran pada Bangunan Gedung Dekanat ini. Analisis tersebut dilakukan dengan melakukan pemahaman pada Gambar Kerja Gedung Dekanat ini. Selain itu juga dilakukan riset terkait bangunan tersebut melalui internet, seperti tanggal Pembangunan dan peresmian, proses pembangunan, dan beberapa informasi umum yang berkaitan. Kemudian, hasil riset dan gambar kerja yang dimiliki dibandingkan dengan ketentuan dan peraturan yang berkaitan dengan sistem proteksi kebakaran seperti Standar Nasional Indonesia, Peraturan Menteri, dan *National Fire Protection Association* (NFPA).

2.3. Metode pengumpulan data

Metode penelitian yang digunakan adalah metode deskriptif dengan menjelaskan secara rinci data kualitatif yang diperoleh. Data-data diperoleh dengan menggunakan metode sebagai berikut:

2.3.1. Pengumpulan data bangunan gedung

Pengumpulan data dilakukan dengan mengumpulkan data-data yang berkaitan dengan Data Bangunan Gedung Dekanat Fakultas Hukum Universitas Udayana. Data-data yang dipakai diperoleh dari Konsultan Perencana yaitu "PT Aretas Wicaksana Konsultan" yang mendesain bangunan. Data-data tersebut berupa gambar kerja arsitektur, struktur, dan MEP, Rancangan Anggaran Biaya Perencanaan, *Bill of Quantity*, Rencana Kerja dan Syarat. Adapun sebagian dokumentasi dari data bangunan gedung disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Kumpulan dokumen Gedung Dekanat Fakultas Hukum Universitas
(Sumber: Dokumen Perencanaan PT. Aretas Wicaksana Konsultas Tahun 2022)

2.3.2. Pengumpulan data melalui kajian pustaka

Pengumpulan data dan teori yang digunakan pada penelitian berdasar pada proses literatur terhadap Peraturan Kementerian, Standar Nasional Indonesia, Buku Saku Proteksi Kebakaran, Buku Keselamatan Kebakaran, *National Fire Protection Association Resources*, dan tinjauan pustaka lainnya.

3. Hasil dan pembahasan

Gedung Dekanat Fakultas Hukum Universitas Udayana diresmikan pada tanggal 20 Februari 2023 dengan proses Pembangunan dimulai pada tahun 2022. Dengan desain perencanaan dilakukan oleh PT Aretas Wicaksana. Gedung ini berjumlah 4 lantai, dengan total luas bangunan sekitar $\pm 2560 \text{ m}^2$. Perkiraan luas tiap-tiap lantai berkisar $\pm 640 \text{ m}^2$ dan tinggi bangunan ini berkisar $\pm 23.7 \text{ m}$.

Di lantai pertama terdiri dari Ruang Sub. Bagian Pendidikan dan Kerjasama, Ruang KA. TU, Ruang Kalab, Ruang Sub. Bagian Kemahasiswaan, Ruang Sub. Bagian Perencanaan dan Sistematis Informatika, Ruang Pengemudi, Ruang ATK, Ruang Pramu Kantor, dan *Pantry*. Di lantai 2 terdapat Ruang Guru Besar, Ruang Sub. Bagian Umum dan Keuangan, Ruang KA Unit, dan *Pantry*. Di lantai 3 terdapat Ruang Dosen, Ruang Sekretaris Prodi, Ruang Kaprodi. Dan di lantai 4 terdapat Ruang Wakil Dekan, Ruang Dekan, dan Ruang Rapat. Komponen dari Sistem Proteksi Kebakaran yang akan diteliti pada penelitian kali ini adalah Hydrant, Sistem Alarm Kebakaran, Pintu dan Tangga Darurat, Alat Pemadam Api Ringan (APAR), dan Jalur Evakuasi.

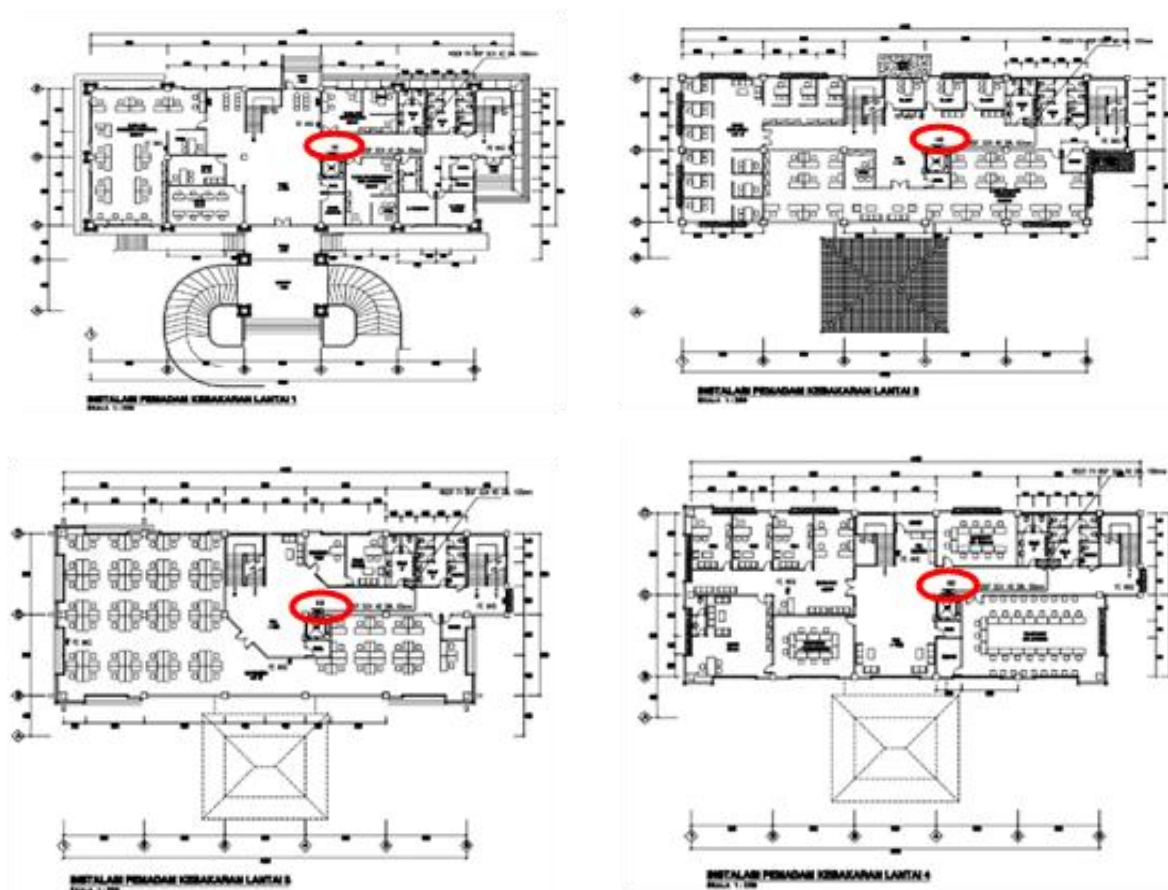
3.1. Hydrant

Hydrant Pemadam Kebakaran merupakan peralatan ataupun terminal yang fungsinya menghubungkan bantuan darurat jika terjadi insiden kebakaran. *Hydrant* merupakan sebuah koneksi berupa alat yang terdapat di permukaan tanah yang menyediakan akses untuk pasokan air dengan tujuan untuk memadamkan jika terjadi kebakaran. Biasanya *hydrant* yang merupakan perlindungan api aktif ini berada di lokasi yang tersedia pasokan air yang memadai dan dapat diakses petugas pemadam kebakaran, ketika terjadi kebakaran di sekitarnya.

Hydrant Pemadam Kebakaran memiliki 3 jenis, yaitu *Hydrant* halaman, *Hydrant* Gedung, dan *Hydrant* Kota. *Hydrant* halaman, disebut juga dengan *hydrant* pilar dan terpasang di luar bangunan. Biasanya *hydrant* halaman digunakan untuk mengambil air, Ketika tangka mobil pemadam kekurangan air. Sehingga peletakan *hydrant* halaman selalu berada pada akses mobil Pemadam Kebakaran. *Hydrant* Gedung yang sering disebut sebagai *Indoor Hydrant Box* (IHB) merupakan instalasi pemadam kebakaran yang pasokan airnya terpasang di dalam bangunan, lokasi peletakan IHB biasanya menempel pada dinding. IHB menggunakan sistem pipa tegak (*stand pipe*) yang terhubung dengan pipa dalam tanah khusus kebakaran. Berdasarkan pada SNI 03-1745-2000 berikut ini merupakan poin-poin yang diatur terkait *Hydrant* sebagai berikut:

- Komponen pada *hydrant* yang digunakan harus tipe yang sesuai dengan aturan yang berlaku. Komponen *hydrant* juga harus dapat menahan tekanan kerja dari tekanan maksimum, khususnya jika *hydrant* terpasang permanen dan cara kerjanya menggunakan katup tertutup.
- Peletakan pipa tegak harus berada di tangga darurat, yang terlindungi oleh tingkat ketahanan api sesuai dengan persyaratan tangga darurat
- Susunan dan jumlah peralatan pipa tegak menyesuaikan dengan kondisi lokal bangunan
- Perancangan system pipa tegak Gedung bergantung pada tinggi bangunan, sistem akses jalan keluar, luas per lantai, jarak sambungan selang dengan sumber air, dan persyaratan laju aliran serta tekanan sisa.

Berdasar pada Standar SNI dan *National Fire Protection Association* (NFPA) jarak pemasangan antar *hydrant* adalah 35-38 m. Ini berdasar pada perhitungan jangkauan *hydrant* yang mencapai 1000 m^2 dan jangkauan semburan *nozzle*-nya mencapai 5 m. Pada bangunan Gedung Dekanat FH Udayana sudah terdapat *hydrant* yang peletakan pipa tegaknya adalah seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Gambar kerja sistem proteksi kebakaran Gedung Dekanat Fakultas Hukum Universitas Udayana
(Sumber: Dokumen Perencanaan PT. Aretas Wicaksana Konsultan Tahun 2022)

Gambar 3 menunjukkan peletakan dari *hydrant* disimbolkan dengan IHB (*Indoor Hydrant Box*), jumlah titik *hydrant* pada bangunan ini juga hanya ada 1 yang terletak dekat dengan lift dan berada di area center dari bangunan tersebut.

Berdasarkan pada SNI 03-1745-2000, dapat diketahui bahwa peletakan dari *hydrant* pada bangunan ini masih belum memenuhi. Dimana menurut standarnya IHB harusnya terletak pada tangga darurat, sementara pada bangunan ini IHB terletak di dekat lift bangunan yang terletak di center bangunan. Kemudian menurut Standar SNI dan *National Fire Protection Association* (NFPA) jarak pemasangan antar *hydrant* dianjurkan 35-38 m, hal ini berdasar pada jarak perhitungan jangkauan *hydrant* yang mencapai 1000 m² dan jangkauan semburan *nozzle*-nya yang mencapai 5 m. lebar bangunan ini mencapai ± 44 m, menyesuaikan dengan standar jarak pemasangan antar *hydrant*, sebaiknya bangunan ini memiliki 2 buah titik *hydrant*.

3.2. Sistem alarm kebakaran

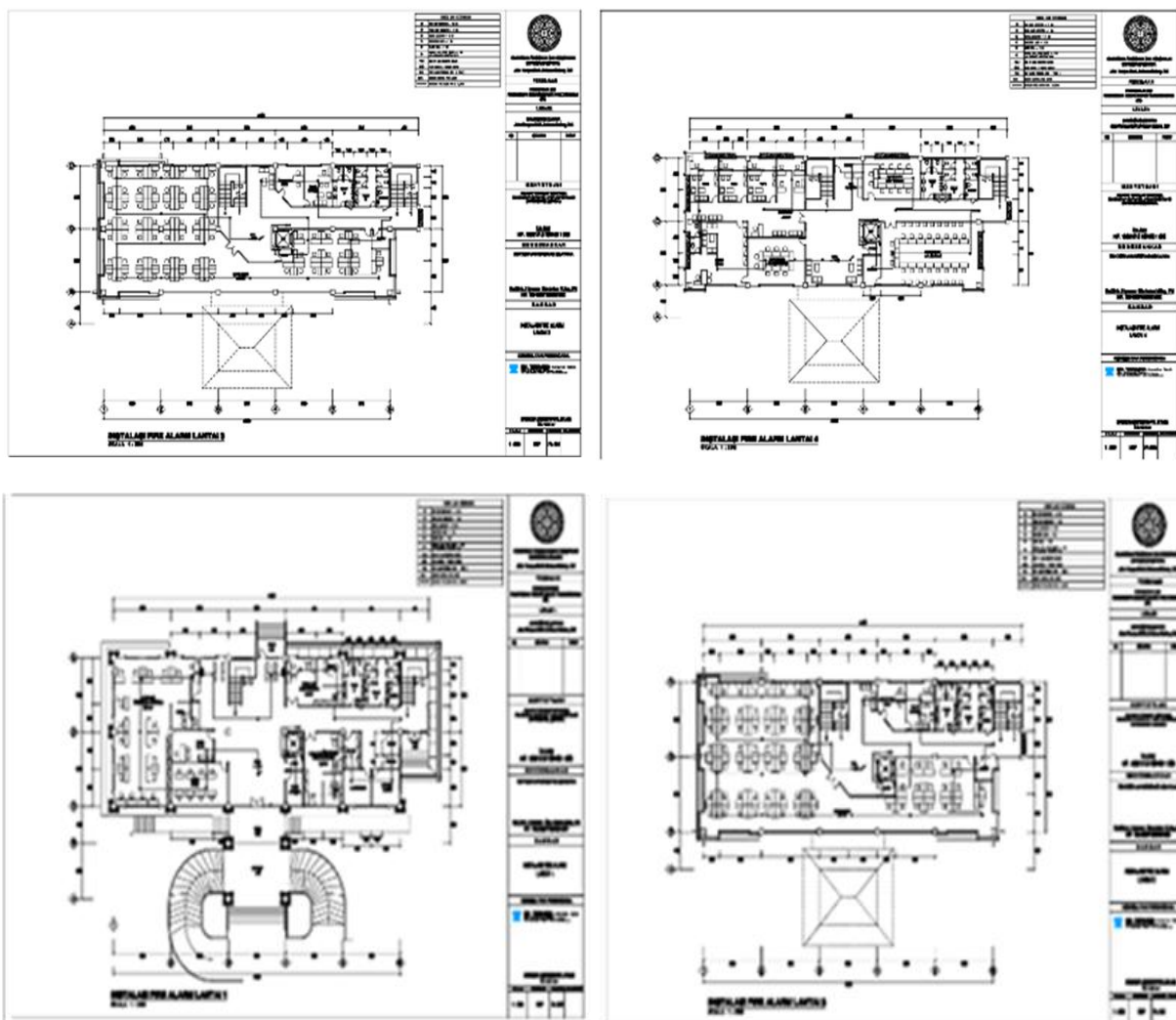
Sistem Alarm Kebakaran atau sering disebut dengan *Fire Alarm System* merupakan sebuah sistem yang berfungsi sebagai penanda bahaya terhadap kebakaran. Cara kerja *fire alarm system* adalah dengan mendeteksi keberadaan api pada ruangan-ruangan yang sudah dipasang alat pendeteksi kebakaran. Alat ini mendeteksi kebakaran dengan memonitor perubahan lingkungan yang berkaitan dengan pembakaran.

Dipasanginya sistem alarm kebakaran dengan tujuan untuk mendeteksi secara dini terjadinya kebakaran dan memberikan sinyal untuk mengumumkan kepada orang disekitar tempat tersebut untuk segera melakukan evakuasi ataupun membantu melakukan pemadaman dan menkontrol penyebaran api dan asap. Sistem alarm kebakaran dapat diaktifkan secara otomatis menggunakan *detector* ataupun secara manual menggunakan *Manual Call Point*. Aturan yang berkaitan dengan pembuatan Sistem Alarm Kebakaran adalah SNI 03-3985-2000.

Menurut penjelasan berikut ini, dapat dilihat Sistem Alarm Kebakaran pada bangunan ini sudah sesuai dengan ketentuan yang berlaku. Seperti berdasarkan pada Standar SNI 03-3985-2000 yang disebutkan:

- Alarm Kebakaran harusnya menggunakan suara dan irama yang khusus, sehingga suara tersebut dapat langsung dikenali merupakan alarm kebakaran. Suara yang dihasilkan oleh alarm kebakaran harus memiliki frekuensi kerja antara 500-1000 Hz dengan Tingkat kekerasan bunyi tidak kurang dari 65 dB (A)
- Irama dari alarm kebakaran harus memiliki sifat yang tidak menimbulkan kepanikan. Tingkat kekerasan suara pada ruang dengan Tingkat kebisingan normal yang tinggi, setidaknya 5 dB (A) lebih tinggi dari kebisingan normal. Sedangkan ruangan yang digunakan untuk beristirahat/tidur, Tingkat kekerasan suara haruslah tidak kurang dari 75 dB (A)
- Alarm Kebakaran dalam bentuk visual haruslah terpasang untuk ruang khusus yang dipergunakan untuk perawatan orang tuli atau sejenisnya
- Alarm Kebakaran harus terpasang pada lokasi yang digunakan untuk panel *control* dan panel bantu
- Tingkat kekerasan bunyi dari alarm kebakaran harus dapat menjangkau semua bagian ruangan dalam bangunan
- Untuk ruang khusus yang menyebabkan suara-suara dari luar tidak terdengar ke dalam ruangan, harus dipasang alarm kebakaran
- Pemasangan alarm kebakaran juga harus dipasang dengan mempertimbangkan suaranya dapat membantu menuntun anggota pemadam kebakaran dari luar untuk memasuki gedung.

Adapun *layout* kerja dari instalasi *fire alarm* ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Gambar kerja sistem alarm kebakaran gedung Dekanat Fakultas Hukum Universitas Udayana
(Sumber: Dokumen Perencanaan PT. Aretas Wicaksana Konsultan Tahun 2022)

3.3. Alat pemadam api ringan (APAR)

Alat Pemadam Api Ringan (APAR) yang juga sering disebut sebagai *Fire Extinguisher* merupakan alat pemadam kebakaran *portable* yang mudah dipergunakan untuk memadamkan kebakaran dengan frekuensi kecil. Jenis-jenis *Fire Extinguisher* diklasifikasikan berdasarkan komposisi bahan yang digunakan. Setiap jenis ini tentu memiliki fungsinya masing-masing. Ada 4 jenis bahan pemadam yang sering digunakan, diantaranya adalah sebagai berikut:

3.3.1. APAR berbahan air

Jenis APAR yang lebih ekonomis karena hanya berisi air dengan tekanan tinggi. Fungsi *Fire Extinguisher* jenis ini digunakan untuk memadamkan api pada tingkat kebakaran kelas A yaitu untuk bahan padat yang sifatnya non logam, seperti kain, kertas, plastik, karet, dan lain sebagainya.

3.3.2. APAR berbahan busa/*foam*

APAR yang komposisinya berasal dari bahan-bahan kimia yang berbentuk busa AFFF (*Aqueous Film Forming Foam*). Busa ini mampu menutupi permukaan yang berapi sehingga tidak dapat dimasuki oleh oksigen yang dapat menyebabkan api bertambah besar. Fungsi *Fire Extinguisher* jenis ini digunakan untuk memadamkan api pada tingkat kebakaran kelas A, sama seperti APAR yang berbahan air. Akan tetapi, jenis ini tidak direkomendasikan bagi tingkat kebakaran jenis B.

3.3.3. APAR berbahan serbuk kimia (*dry chemical powder*)

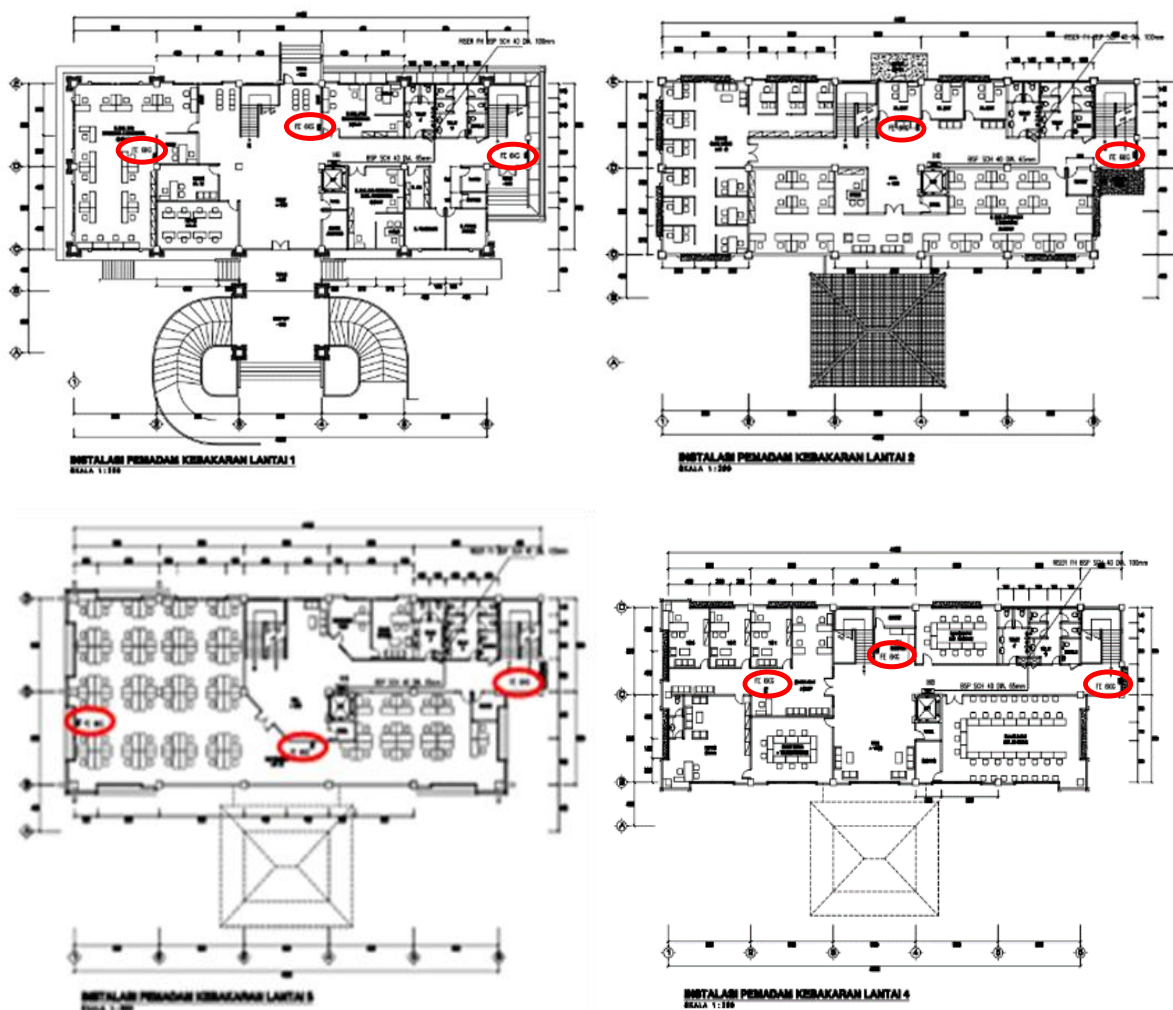
APAR yang bahan dasarnya menggunakan karbon dioksida. Fungsi *Fire Extinguisher* jenis ini digunakan untuk pada kebakaran tingkat B dan C saja khususnya pada bahan cair dan instalasi listrik.

Berdasar PerMen 04-1980 Tentang Syarat-Syarat APAR, disebutkan ketentuan pemasangan APAR adalah sebagai berikut:

- Lokasi penempatan APAR harus terletak pada posisi yang dapat mudah terlihat, mudah diakses dan ditandai dengan tanda pemasangan
- Tanda pemasangan APAR dipasang tepat diatas APAR dengan tinggi tanda pemasangannya yaitu 125 cm
- Pemilihan jenis dan penggolongan kebakaran harus diperhatikan untuk pemasangan dan penempatan APAR
- Jarak penempatan satu APAR dengan yang lainnya maksimal adalah 15 meter
- Warna tabung APAR yang digunakan sebaiknya berwarna merah

Jenis *Fire Extinguisher* atau APAR (Alat Pemadam Api Ringan) yang digunakan pada bangunan Gedung ini adalah APAR *type powder* dengan berat 6 kg. Dimana APAR *type powder* ini merupakan jenis *Fire Extinguisher* yang bahan utamanya berasal dari kombinasi sebuk kering kimia yaitu Mono amonium dan Amonium sulfat. Serbuk kering kimia ini mampu memisahkan oksigen yang menjadi pemicu kebakaran. Sehingga bahan yang terbakar akan terselimuti dan api dapat dipadamkan.

Berdasarkan jenis dan fungsinya, *Fire Extinguisher* diklasifikasikan menjadi 4, untuk *type powder*, merupakan jenis yang sering digunakan untuk memadamkan api pada kebakaran Tingkat A, B, dan C. Pada Bangunan Gedung Dekanat Fakultas Hukum Udayana jenis kelas kebakaran yang memungkinkan adalah Kebakaran Kelas A dan Kebakaran Kelas C. Kebakaran Kelas A adalah kebakaran yang disebabkan oleh bahan-bahan solid non logam seperti kertas, plastik, dan lain sebagainya. Kebakaran Kelas C merupakan kelas kebakaran yang disebabkan oleh permasalahan dalam Instalasi Listrik. Berdasarkan penjelasan tersebut dapat disimpulkan jenis *Fire Extinguisher* yang digunakan sudah tepat seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Gambar kerja sistem alarm kebakaran gedung Dekanat Fakultas Hukum Universitas Udayana
(Sumber: Dokumen Perencanaan PT. Aretas Wicaksana Konsultan Tahun 2022)

Berdasarkan gambar tersebut dan menyesuaikan dengan aturan PerMen 04-1980 Tentang Syarat-Syarat pemasangan *Fire Extinguisher*, yang sudah dicantumkan pada kajian teori sebelumnya, dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut:

- Peletakan *Fire Extinguisher* sudah sesuai, dimana APAR dibuat pada lokasi yang mudah diakses serta sudah dilengkapi dengan penanda pemasangan APAR
- Lokasi dan pemasangan *Fire Extinguisher* sudah sesuai dengan jenis dan penggolongan kelas kebakaran, yaitu menggunakan *type chemical powder*
- Penempatan *Fire Extinguisher* juga sudah sesuai, tidak melebihi 15 meter dan pada lantai 1 terdapat 3, di lantai 2 terdapat 2, di lantai 3 terdapat 3, dan di lantai 4 terdapat 3 *Fire Extinguisher*.

3.4. Jalur evakuasi

Berdasar pada Panduan Diklat Kebakaran Tk I, (2002) dalam Rahmayanti (2007), dijelaskan Jalur Evakuasi atau *Emergency Exit* ataupun Jalan Keluar Penyelamatan merupakan lintasan yang menerus tanpa halangan. Jalur ini dapat digunakan pengguna jika terjadi insiden kebakaran ataupun keadaan darurat seperti gempa bumi. Pada umumnya jalur evakuasi untuk setiap keadaan darurat memiliki ketentuan-ketentuan yang mirip. Seperti ketentuan jalur evakuasi pada keadaan kebakaran dan keadaan gempa bumi, diharuskan memiliki lintasan tanpa halangan. Jalur evakuasi ini haruslah terhubung menuju ke suatu tempat yang aman, dari setiap ruangan dalam bangunan.

Sarana Jalur Evakuasi merupakan sarana pelengkap ketika dilakukan evakuasi penghuni ketika terjadi keadaan darurat. Sarana ini merupakan sebuah keharusan untuk dimiliki suatu bangunan gedung, terkhusus untuk bangunan gedung dengan skala besar. Jenis dan lokasi jalur evakuasi

bergantung pada fungsi, tinggi dan luas bangunan, selain itu tingkat kerawanan bangunan juga berpengaruh. Adapun komponen-komponen jalur evakuasi adalah sebagai berikut:

3.4.1. Pintu keluar, koridor, dan *exit horizontal*

Menurut Juwana (2005), koridor digunakan sebagai jalur keluar darurat harus memiliki Tanda exit yang berfungsi untuk menunjukkan arah dan penempatan pintu keluar. Tanda ini dilengkapi dengan penunjuk arah menuju pintu keluar atau menuju tangga darurat. Tanda tersebut haruslah dapat dilihat dengan jelas, dilengkapi dengan lampu otomatis yang dapat menyala di kondisi darurat, dengan pencahayaan minimal 50 lux.

Berdasar pada Permen PU No. 26 Tahun 2008, disebutkan sebagai berikut: Jalur evakuasi merupakan akses/jalur yang menerus menuju keluar, dapat berbentuk koridor ataupun selasar umum. Dan setiap bangunan Gedung harus dapat mengakses jalur ini dengan mudah. Terkhususnya Gedung kelas 2,3 atau 4 wajib memiliki jalur evakuasi. Berdasarkan pada Permen PU No. 45 Tahun 2007, disebutkan sebagai berikut:

- Lebar koridor yang disarankan sebaiknya minimal 1,80 m dengan ukuran tersebut merupakan ukuran koridor tanpa penghalang ataupun furniture yang menghalangi
- Jarak antara titik koridor dengan pintu darurat atau jalan keluar terdekat maksimal berukuran 25 m
- Koridor pada bangunan sebaiknya menggunakan tanda-tanda penunjuk yang berfungsi mengarahkan ke lokasi pintu darurat ataupun arah keluar bangunan.
- Untuk bangunan yang menggunakan sprinkler, panjang maksimum untuk gang buntunya adalah 15 m, sedangkan untuk bangunan yang tidak menggunakan sprinkler, panjang maksimum gang buntunya adalah 9 m.

3.4.2. Tangga darurat

Jalur Evakuasi atau sering juga disebut *emergency exit* yang sudah ada pada bangunan ini masih belum sesuai dengan aturan yang berlaku terkait pengadaan *emergency exit* pada bangunan 4 lantai. Berdasarkan pada "Panduan Diklat Kebakaran Tk 1, (2002) dalam Rahmayanti (2007)" dijelaskan bahwa Jalur Evakuasi atau Emergency Exit ataupun Jalan Keluar Penyelamatan merupakan jalur yang menerus tanpa halangan. Jalur ini dapat digunakan pengguna apabila terjadi kebakaran ataupun keadaan darurat lainnya seperti gempa bumi. Jalur evakuasi ini haruslah terhubung menuju ke suatu tempat yang aman, dari setiap ruangan dalam bangunan. Sementara pada bangunan ini, tidak terdapat bagian bangunan yang dapat dideskripsikan sebagai lintasan atau jalur jalan keluar menerus, dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Gambar kerja sistem alarm kebakaran gedung Dekanat Fakultas Hukum Universitas Udayana
(Sumber: Dokumen Perencanaan PT. Aretas Wicaksana Konsultan Tahun 2022)

Gambar 6 menunjukkan tidak ada koridor yang berbentuk jalan keluar menerus, pada “Ruang Sub. Bag. Pendidikan & Kerjasama” jalan keluar menuju tangga terhalang furniture dan harus melewati pintu. Selain itu, bangunan ini juga masih belum memenuhi aturan terkait koridor seperti pada PerMen PU No. 45 Tahun 2007, disebutkan sebagai berikut:

- a) Untuk bangunan yang menggunakan sprinkler, Panjang maksimum untuk gang buntunya adalah 15 m, sedangkan untuk bangunan yang tidak menggunakan sprinkler, Panjang maksimum gang buntunya adalah 9 m
- b) Pada bangunan ini, dapat dilihat pada ruangan “Ruang Sub. Bag. Pendidikan & Kerjasama” tergolong kepada jalan buntu dan sudah mencapai jarak 12m. Dan bangunan ini juga masih belum menggunakan sprinkler
- c) Lebar koridor yang disarankan sebaiknya minimal 1,80 m dengan ukuran tersebut merupakan ukuran koridor tanpa penghalang ataupun furniture yang menghalangi
- d) Koridor yang ada pada bangunan ini terletak di dekat teras dan tangga, dengan lebar koridor 2,80 m. Ini sudah sesuai dengan ketentuan yang berlaku
- e) Jarak antara titik koridor dengan pintu darurat atau jalan keluar terdekat maksimal berukuran 25 m
- f) Pada bangunan ini, setiap titik dari ruangan sudah berjarak kurang dari 25 m dengan tangga darurat ataupun jalan keluar.

Selain koridor, komponen *emergency exit* seperti tangga darurat pada bangunan ini juga masih belum sesuai dengan aturan yang berlaku. Menurut Mc. Guinness (1955) berikut merupakan beberapa persyaratan mengenai tangga darurat antara lain:

- a) Tangga darurat wajib mudah ditemukan dan diakses serta memiliki tanda yang menunjukkan arah menuju tangga darurat dengan jelas
- b) Tangga darurat pada bangunan ini sudah termasuk ke area yang mudah dilihat, namun dari beberapa ruangan tangga darurat cukup susah dicapai dikarenakan tidak adanya koridor yang tidak terhalang
- c) Tangga darurat menggunakan smoke vestibule sehingga bebas dari asap
- d) Pada gambar kerja perancangan bangunan yang dimiliki penulis, tidak dijelaskan area tangga darurat dilengkapi dengan sarana *smoke vestibule*
- e) Jalur tangga berukuran minimal 1,20 m dan setidaknya dapat dilalui minimal 2 orang
- f) Jalur tangga pada bangunan ini sudah sesuai dengan gambar kerja lebar tangga disebutkan sebesar 200 cm
- g) Lubang tangga darurat atau yang juga disebut sebagai void, wajib dilengkapi dengan penerangan darurat (minimal 50 lux) dan bersumber dari sumber tenaga cadangan atau sumber tenaga darurat.

Berdasar pada PermenKes No. 48 Tahun 2016 disebutkan beberapa persyaratan tangga darurat yang berkaitan dengan bangunan ini adalah sebagai berikut:

- a) Bangunan gedung bertingkat dengan jumlah lantai lebih dari 3 lantai, diharuskan memiliki tangga darurat dengan jumlah tidak kurang dari 2 buah dan jarak tidak lebih dari 45 m jika gedung tidak menggunakan sprinkler. Dan jika menggunakan sprinkler jarak maksimum tangga daruratnya adalah 67,5 m
- b) Tangga darurat harus menggunakan pintu tahan api, yang dapat bertahan setidaknya 2 jam, dan untuk arah bukaan pintu ke area dalam tangga dan pintu dapat menutup dengan otomatis. Area tangga darurat juga harus dilengkapi dengan fan yang berfungsi untuk memberikan tekanan positif. Pada pintu juga harus lengkap dengan lampu dan tulisan KELUAR atau EXIT yang menyala dengan menggunakan barerai UPS terpusat. Pada bangunan ini, pada tangga darurat masih belum menggunakan pintu darurat. Sehingga masih belum memenuhi point kedua ini
- c) Tangga darurat pada bangunan harus terpisah dari ruangan-ruangan lain dengan menggunakan pintu tahan api. Tangga darurat juga harus bebas asap, dapat dicapai dengan mudah dengan jarak tidak lebih dari 45 m dan tidak kurang dari 9 m antara tangga darurat dengan titik dari tiap-tiap ruangan. Pada bangunan ini, setiap titik dari ruangan sudah berjarak kurang dari 25 m dengan tangga darurat ataupun jalan keluar. Namun, letak dari salah satu tangga darurat berada pada center bangunan, Dimana harusnya tangga darurat terletak terpisah dari ruang-ruang lain. Untuk itu, peletakan tangga darurat masih belum sesuai

- d) Pintu keluar (exit) wajib mengarah langsung ke arah pintu keluar ataupun luar halaman, terkhususnya pada lantai dasar. Pada bangunan ini pintu keluar pada pada lantai dasar langsung mengarah ke luar halaman, sehingga point ini juga sudah terpenuhi.

Dari pembahasan-pembahasan tersebut, dapat disimpulkan bahwa *Emergency Exit* dari Gedung Dekanat Fakultas Hukum Universitas Udayana masih belum sesuai dengan aturan-aturan yang berkaitan dengan *Emergency Exit*.

4. Kesimpulan

Dari setiap analisis yang sudah dilakukan terkait Proteksi Kebakaran pada Bangunan Gedung Dekanat Fakultas Hukum Universitas Udayana, yang meliputi *Hydrant*, *Fire Alarm Systems*, *Fire Extinguisher*, and *Emergency Exit*, penulis memberikan saran perubahan dari denah bangunan. Dari penjelasan-penjelasan sebelumnya dapat disimpulkan beberapa sistem proteksi kebakaran yang masih belum sesuai aturan ataupun SNI yang berlaku, berikut merupakan ringkasannya:

- Peletakan Hydrant yang masih belum sesuai, dikarenakan *Hydrant* sebaiknya ditempatkan di sekitaran tangga darurat, sementara pada Gambar Kerja Gedung Dekanat Fakultas Hukum Universitas Udayana, *hydrant* terletak pada *center* bangunan yaitu di dekat *lift*
- Tangga Darurat Gedung Dekanat Fakultas Hukum Udayana masih belum sesuai standar, membutuhkan penambahan Pintu Darurat tahan api dan pemindahan lokasi salah satu tangga darurat
- Gedung Dekanat Fakultas Hukum merupakan bangunan yang membutuhkan koridor/selasar karna lebar bangunan yang mencapai 40 m. Dan koridor yang sesuai adalah koridor yang tidak terhalang oleh pintu ataupun *furniture*.

Referensi

- Afriansyah & Purbaningrum. (2020). Penelitian Jalur Evakuasi Di Gedung Dekanat Fakultas Teknik Universitas Bengkulu. Retrieved from https://id.scribd.com/embeds/446153258/content?start_page=1&view_mode=scroll&access_key=key-ffexxf7r1bzEfWu3HKwf
- J. Wahyu Kusumosusanto. (2022). Buku Saku Petunjuk Proteksi Kebakaran. 4–5.
- Jaya, F. A. (2022). Skripsi Analisis Jalur Evakuasi Di Gedung Dekanat Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Sriwijaya.
- Lestari, F., Laksita, H., Ike, P., Deni, A., Ivan, H., & Abdul, K. (2021). Keselamatan Kebakaran (Fire Safety). NFPA. (2022). NFPA ® 20. 2021, 2022.
- Pepsiono. (2016). Redesain Pembangunan Gedung Dekanat Fakultas Ilmu Pendidikan Universitas Negeri Semarang (Tugas Akhir, Universitas Negeri Semarang). Retrieved from <https://lib.unnes.ac.id/27364/1/5111312011.pdf>.
- Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 48. (2016). Standar Keselamatan dan Kesehatan Kerja Perkantoran. Jakarta: Menteri Kesehatan Republik Indonesia
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 26. (2008). Persyaratan Teknis Sistem Proteksi Kebakaran pada Bangunan Gedung dan Lingkungan. Jakarta: Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia.
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 45. (2007). Pedoman Teknis Pembangunan Bangunan Gedung Negara. Jakarta: Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia.
- Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Nomor 04. (1980). Syarat-Syarat Pemasangan dan Pemeliharaan Alat Pemadam Api Ringan. Jakarta: Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi.
- Standar Nasional Indonesia 03-1745-2000. (2000). Tata Cara Perencanaan dan Pemasangan Pipa Tegak dan Slang untuk Pencegahan Bahaya Kebakaran pada Bangunan Rumah dan Gedung. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Standar Nasional Indonesia 03-1735-2000. (2000). Tata Cara Perencanaan Akses Bangunan dan Akses Lingkungan untuk Pencegahan Bahaya Kebakaran pada Bangunan Gedung. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Standar Nasional Indonesia 03-3985-2000. (2000). Tata Cara Perencanaan, Pemasangan dan Pengujian Sistem Deteksi dan Alarm Kebakaran untuk Pencegahan Bahaya Kebakaran pada Bangunan Gedung. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Sumardjito, (2010). Emergency Exit sebagai Sarana Penyelamatan Penghuni pada Bangunan-Bangunan Skala Besar. Retrieved from Inersia Volume VI No. 1
- Zaini Miftach. (2018). Analisis Upaya Penanggulangan Kebakaran Di Gedung Bougenville Rumah Sakit Telogorejo Semarang. 4, 53–54.

Perencanaan ulang jembatan Sungai Baging (Tol Solo-Yogyakarta STA 19+648) dengan berbasis *building information modeling* (BIM) 5D

Adna Junius Caesar^{a*}, Irfan Arya Wanata^a, Asri Nurdiana^a, Bambang Setiabudia^a

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

ARTICLE INFO

Corresponding author:

Email:

adnajuniuscaesar@gmail.com

Article history:

Received : 05 August 2024

Accepted : 26 June 2025

Publish : 30 June 2025

Keywords:

Autodesk Navisworks, Autodesk Revit,
BIM, bridge, microsoft project

ABSTRACT

BIM or Building Information Modeling is an integration of modeling for building desain and construction Management that includes methods, Management, and systems in a Project. The use of BIM technology can increase efficiency in various construction works such as bridge construction work. Based on these benefits, the author will apply Building Information Modeling (BIM) to the re-planning of the construction of the Baging River Bridge (Solo - Yogyakarta Toll Road STA 19 + 648). The re-planning includes field data analysis, manual loading calculations, desain determination, desain modeling using Autodesk Revit BIM software, work scheduling with Microsoft Project software, and desain integration into Autodesk Navisworks software. The re-planning resulted in a RAB value of IDR 45.278.932.000,00 with a planned work duration of 36 weeks.

Copyright © 2025 PILARS-UNDIP

1. Pendahuluan

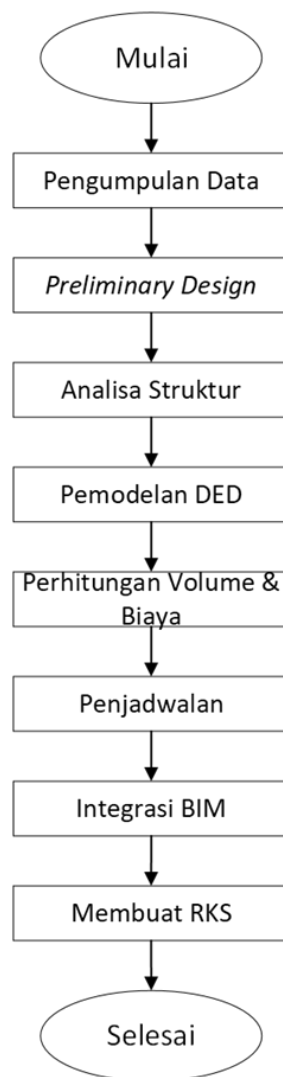
Pada dunia konstruksi, kesalahan dan kelalaian dokumen dapat menyebabkan kerugian di suatu proyek. Jumlah kerugian akibat hal tersebut dapat membengkak hingga cukup banyak, baik dalam hal biaya maupun waktu. Permasalahan yang demikian seringkali diakhiri dengan konflik antar stakeholder di dalam proyek konstruksi (Januar, 2021). Solusi dari masalah tersebut dapat dilakukan dengan mengintegrasikan data-data yang ada di dalam dunia konstruksi dengan cara yang lebih baik. Pembangunan infrastruktur memiliki beberapa tahapan mulai dari tahap pra-perencanaan, perencanaan teknis, konstruksi, dan pemanfaatan bangunan (Direktorat Jenderal Bina Marga No: 25.1/SE/Db/2023). Berbagai tahapan tersebut memiliki beragam informasi yang harus dikelola dengan tepat agar suatu pekerjaan konstruksi dapat berjalan dengan baik. Namun, pada pelaksanaannya seringkali terjadi kesalahan informasi akibat banyaknya informasi dan orang yang terlibat di dalamnya. Hambatan seperti ini dapat meningkatkan kerugian yang dialami oleh pelaku pekerjaan konstruksi di kemudian hari (Lutfi, 2018).

Infrastruktur merupakan salah satu faktor utama yang mendukung pertumbuhan ekonomi. Hal tersebut membuat banyak proyek infrastruktur yang dikerjakan secara masif. Perkembangan teknologi di era industri 4.0 memunculkan berbagai macam inovasi pada bidang pekerjaan konstruksi, dengan salah satunya adalah *Building Information Modeling* (BIM). *Building Information Modeling* merupakan seperangkat teknologi pemodelan yang mengelola informasi pada suatu siklus hidup konstruksi secara terintegrasi, digital, dan *real-time* (PUPR, 2018). Teknologi ini membantu pelaku pekerjaan konstruksi untuk merencanakan, mendesain, dan visualisasi data dengan lebih mudah. Penggunaan BIM memberikan manfaat berupa kinerja pekerjaan meningkat, faktor kesalahan berkurang, dan mempersingkat durasi (dibandingkan metode konvensional). Peralihan metode pengolahan informasi dari metode konvensional ke metode BIM secara bertahap mulai diterapkan secara masif pekerjaan konstruksi di Indonesia. Salah satu hal yang mendukung perubahan tersebut

adalah terbitnya surat edaran no. 25.1/SE/Db/2023 Direktorat Jenderal Bina Marga tentang pedoman implementasi *Building Information Modeling* (BIM) pada lingkup pekerjaan konstruksi jalan dan jembatan. Oleh karena itu, penelitian ini akan melakukan perencanaan ulang Jembatan Sungai Baging, Tol Solo-Yogyakarta STA 19+648 dengan berbasis *Building Information Modeling* (BIM). Perencanaan yang dilakukan menggunakan *software Autodesk Revit* untuk pemodelan 3D (ruang), *Microsoft Project* untuk penjadwalan (4D) dan biaya (5D). Komponen 3D, 4D, dan 5D kemudian diintegrasikan menggunakan *Autodesk Naviswork Manage*.

2. Data dan metode

Perencanaan ulang Jembatan Sungai Baging (Tol Solo–Yogyakarta STA 19+648) secara garis besar menggunakan metode sesuai dengan diagram alir yang berisikan pengumpulan data, *preliminary* desain, analisa struktur, pemodelan DED, perhitungan volume dan biaya, penjadwalan, integrasi BIM, serta pembuatan RKS yang disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir metode penelitian

3. Hasil dan pembahasan

3.1. Analisis struktur

Struktur pada jembatan terbagi menjadi dua yaitu struktur atas dan struktur bawah. Struktur atas terdiri dari parapet, pelat lantai, pelat *deck*, diafragma, PC-I girder, *bearing pad*, dan pelat injak, serta

struktur bawah terdiri dari wing wall, abutmen, dan pondasi. Acuan perencanaan menggunakan Surat Edaran Bina Marga no. 06/SE/Db/2021 tentang panduan praktis perencanaan teknis jembatan.

1) Parapet

Dalam melakukan analisis struktur dapat dilakukan terlebih dahulu perencanaan spesifikasi mutu dan dimensi parapet yang dijabarkan pada Tabel 1. Setelah itu dapat menghitung beban yang bekerja pada parapet untuk perencanaan tulangan sebagaimana dijelaskan pada Tabel 2 dan rekapitulasi beban yang bekerja pada parapet untuk perencanaan tulangan disajikan pada Tabel 3 sedangkan untuk detail penulangan parapet ditunjukkan pada Gambar 2.

Tabel 1. Rencana desain dan spesifikasi mutu parapet

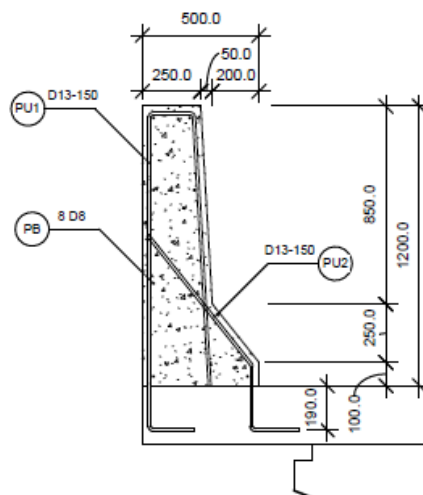
Parameter	Satuan	Nilai
Mutu beton	MPa	30
Mutu baja tulangan	MPa	420
Tebal selimut beton	mm	30
Tinggi parapet	mm	1200

Tabel 2. Beban dan momen yang bekerja pada parapet

No	Jenis beban	Beban (kN)	Lengan gaya (m)	Faktor beban	Momen <i>ultimate</i> (kNm)
1	Tumbukan	20	1,25	1,0	25

Tabel 3. Perencanaan tulangan parapet

No	Parameter	Nilai	
		Tulangan utama	Tulangan bagi
1	Mn	27,778 kNm	14,409 kNm
2	Rn	0,574 N/mm ²	0,213 N/mm ²
3	m	16,471	16,471
4	ρ_b	0,030	0,030
5	ρ_{min}	0,003	0,003
6	ρ_{max}	0,023	0,023
7	ρ	0,001	0,001
8	As minimum tulangan	733,33 mm ²	366,667 mm ²
9	Tulangan rencana	D13-150	8.D8
10	As tulangan rencana	884,882 mm ²	402,124 mm ²



Gambar 2. Detail penulangan parapet

2) Pelat lantai jembatan

Dalam melakukan analisis struktur pada pelat lantai jembatan dapat menggunakan SAP2000, terlebih dahulu perencanaan spesifikasi mutu dan dimensi pelat lantai jembatan yang dijabarkan pada Tabel 4. Adapun setelah dilakukan perhitungan beban mati dan beban hidup yang bekerja dan didapatkan nilai momen dengan menggunakan faktor beban kondisi kuat 1 SNI 1725:2016 dan telah direncanakan kebutuhan tulangan pelat lantai jembatan seperti yang disajikan pada Tabel 5 dan Gambar 3.

Tabel 4. Rencana desain dan spesifikasi mutu pelat lantai jembatan

Parameter	Nilai
Mutu beton (f_c')	30 MPa
Mutu tulangan (f_y)	420 MPa
Selimut beton	50 mm
Bentang jembatan (L_b)	45800 mm
Lebar pelat lantai (w_r)	12600 mm
Lebar pelat ditinjau (b)	1000 mm
Tebal pelat (t_s)	250 mm
Tebal pelat efektif (d_e)	200 mm
Jumlah gelagar (n_g)	6 buah
Jarak antar gelagar (s_g)	2100 mm
Jumlah diafragma (n_d)	7 buah
Jarak antar diafragma (s_d)	6700 mm; 7300 mm; dan 8500 mm
Berat jenis beton (γ_c)	25 kN/m ³
Berat jenis aspal (γ_a)	22 kN/m ³

Tabel 5. Perencanaan tulangan pelat lantai jembatan

No	Parameter	Nilai	
		Tulangan utama	Tulangan bagi
1	As minimum tulangan	1403,984 mm ²	421,195 mm ²
2	Tulangan rencana	D16-100	D13-200
3	As tulangan rencana	2010,619 mm ²	663,661 mm ²



Gambar 3. Pelat lantai

3) Pelat deck

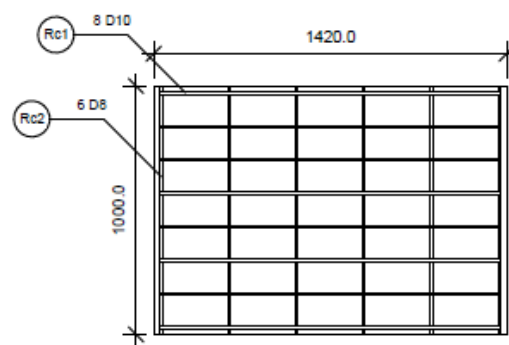
Dalam melakukan analisis struktur dapat dilakukan terlebih dahulu perencanaan spesifikasi mutu dan dimensi pelat deck yang disajikan pada Tabel 6 dan perencanaan tulang pelat deck disajikan pada Tabel 7 dan Gambar 4.

Tabel 6. Rencana desain dan spesifikasi mutu pelat deck

Parameter	Nilai
Mutu beton (f_c')	30 MPa
Mutu tulangan (f_y)	420 MPa
Lebar pelat deck	1420 mm
Panjang pelat deck	1000 mm
Tebal pelat deck	70 mm
Selimut beton	20 mm
Tebal efektif	50 mm
Berat jenis beton	25 kN/m ³

Tabel 7. Perencanaan tulangan pelat *deck*

No	Parameter	Nilai
1	Mn	9,303 kNm
2	Rn	3,721 N/mm ²
3	m	16,471
4	ρ b	0,030
5	ρ min	0,003
6	ρ max	0,023
7	ρ	0,0096
8	As minimum tulangan utama	481,147 mm ²
9	Tulangan utama	8.D10
10	As tulangan utama	628,319 mm ²
11	As minimum tulangan bagi	240,574 mm ²
12	Tulangan bagi	6.D8
13	As tulangan bagi	301,593 mm ²

**Detail RCP**
1 : 20**Gambar 4.** Pelat *deck*

4) Pelat injak

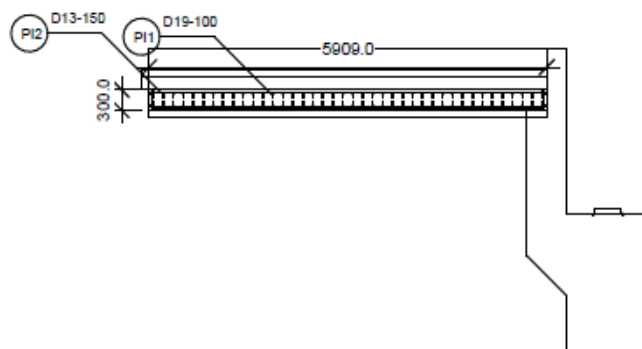
Dalam melakukan analisis struktur dapat dilakukan terlebih dahulu perencanaan spesifikasi mutu dan dimensi pelat injak yang disajikan pada Tabel 8 dan rekapitulasi beban injak pada pelat injak disajikan pada Tabel 9 dan visual pelat injak ditunjukkan pada Gambar 5.

Tabel 8. Rencana desain dan spesifikasi mutu pelat injak

Parameter	Nilai
Mutu beton (f_c')	30 MPa
Mutu tulangan (f_y)	420 MPa
Panjang pelat injak	5909 mm
Lebar pelat injak	12600 mm
Tebal pelat injak	300 mm
Selimut beton	50 mm
Tebal efektif	250 mm
Berat jenis beton	25 kN/m ³
Berat jenis tanah	17 kN/m ³

Tabel 9. Rekapitulasi beban pada pelat injak

Jenis beban	Kode beban	W_i kN/m	P_i kN	M_i kNm
Berat sendiri (pelat injak)	MS	7,500		
Beban mati tambahan (<i>rigid pavement, lean concrete, LPA</i>)	MA	14,265		
Beban lajur "D"	TD	9,00	68,600	
Gaya rem	TB			18,912



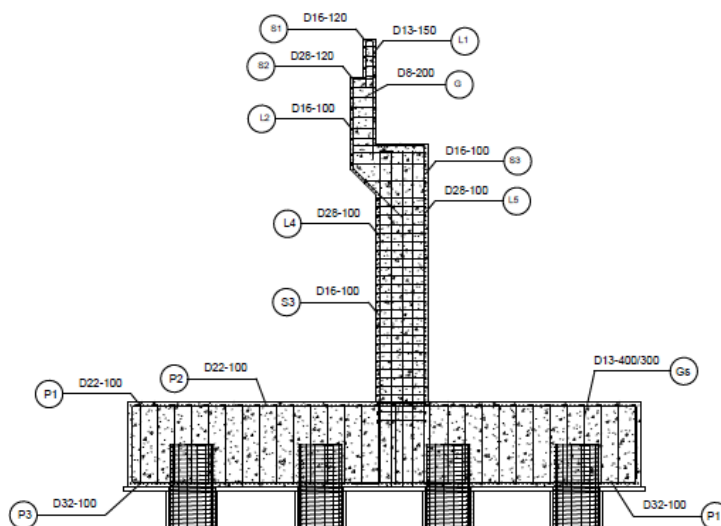
Gambar 5. Pelat injak

5) Abutmen

Dalam melakukan analisis struktur dapat dilakukan terlebih dahulu perencanaan spesifikasi mutu dan dimensi abutmen yang disajikan pada Tabel 10 dan hasil desain abutmen ditunjukkan pada **Error! Reference source not found..**

Tabel 10. Rencana desain dan spesifikasi mutu abutmen

Parameter	Abutmen 1	Abutmen 2
Mutu beton (fc')	25 MPa	25 MPa
Mutu tulangan (fy)	420 MPa	420 MPa
Tinggi abutmen	10500 mm	11600 mm
Lebar <i>pile cap</i>	12000 mm	12000 mm
Tinggi <i>pile cap</i>	2000 mm	2000 mm
Lebar dinding abutmen	1219 mm	1219 mm
Tinggi dinding abutmen	6050 mm	7150 mm



Gambar 6. Abutmen

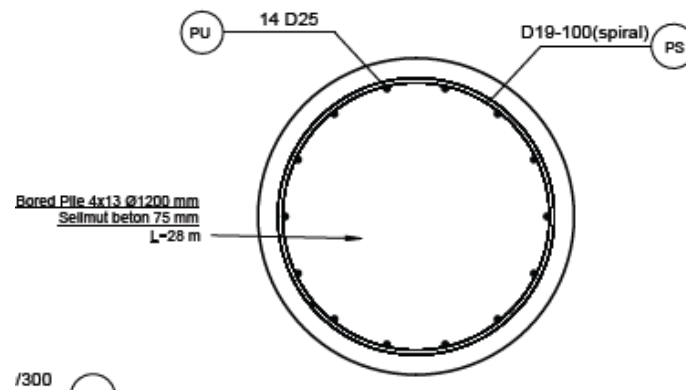
6) Fondasi

Desain fondasi yang digunakan pada perencanaan digunakan data seperti yang disajikan pada Tabel 11 dan visual desain perencanaan ditunjukkan pada Gambar 7.

Tabel 11. Desain fondasi

Parameter fondasi	Nilai	Satuan
Diameter (D)	120	cm
Keliling penampang (kell)	3,770	m
Luas penampang (A)	1,131	m ²

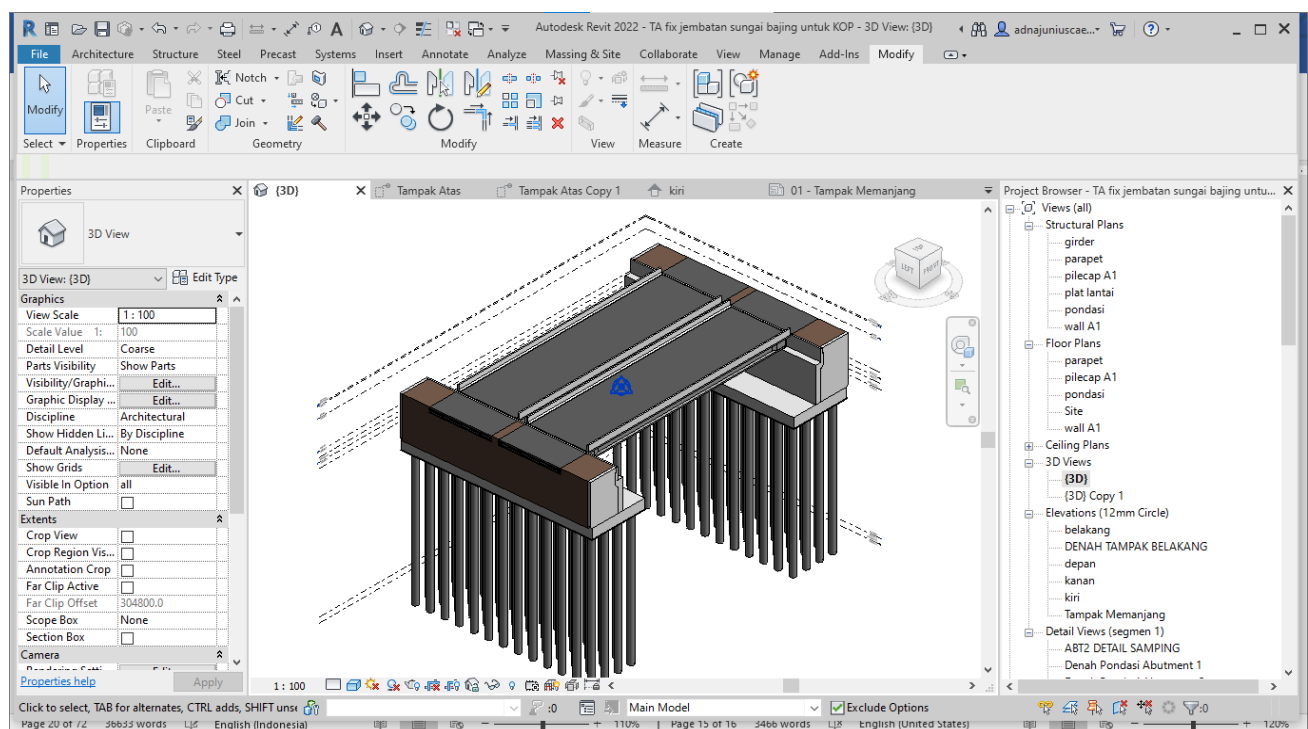
Parameter fondasi	Nilai	Satuan
Panjang (L)	28	m
Jumlah (n_i)	52	buah
konfigurasi (m x n)	4 x 13	buah
Jarak antar tiang (S)	3,00	m
Berat satu tiang (V_p)	791,681	kN



Gambar 7. Fondasi bore pile

3.2. Pemodelan 3 Dimensi

Pemodelan 3D dilakukan menggunakan *software Autodesk Revit* setelah setiap desain yang terbuat dalam perhitungan struktur sudah selesai. Penggunaan Revit menghasilkan pemodelan virtual bangunan atau infrastruktur sebelum direalisasikan yang dapat digunakan untuk berbagai keperluan mulai dari dokumentasi gambar kerja, visualisasi, pembuatan RAB, analisis performa bangunan, sampai memfasilitasi kerja sama antar disiplin yang berbeda dalam suatu proyek. Berikut adalah hasil dari pemodelan 3D menggunakan *Autodesk Revit* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Pemodelan menggunakan revit

Berdasarkan hasil pemodelan yang telah dilakukan akan diperoleh *quantity take off* berupa volume beton dan tulangan secara otomatis. Hasil dari *quantity take off* akan digunakan untuk perhitungan volume pada Rencana Anggaran Biaya (RAB) seperti pada gambar Gambar 9

Item Pekerjaan	type	mutu beton	Volume
Pekerjaan Abutment 1	wingwall kiri tahap 3	fc' 25 mpa	6.76 m ³
Pekerjaan Abutment 1	wingwall kiri tahap 4	fc' 25 mpa	5.80 m ³
Pekerjaan Abutment 1	wingwall kiri tahap 5	fc' 25 mpa	0.75 m ³
15			407.25 m ³
Pekerjaan Abutment 2	backwall 1	fc' 25 mpa	123.20 m ³
Pekerjaan Abutment 2	backwall 2	fc' 25 mpa	39.20 m ³
Pekerjaan Abutment 2	backwall 3	fc' 25 mpa	14.49 m ³
Pekerjaan Abutment 2	breast wall 1	fc' 25 mpa	147.38 m ³
Pekerjaan Abutment 2	breast wall 2	fc' 25 mpa	95.08 m ³
Pekerjaan Abutment 2	wingwall kanan tahap 1	fc' 25 mpa	9.74 m ³
Pekerjaan Abutment 2	wingwall kanan tahap 2	fc' 25 mpa	6.31 m ³
Pekerjaan Abutment 2	wingwall kanan tahap 3	fc' 25 mpa	6.76 m ³
Pekerjaan Abutment 2	wingwall kanan tahap 4	fc' 25 mpa	5.80 m ³
Pekerjaan Abutment 2	wingwall kanan tahap 5	fc' 25 mpa	0.75 m ³
Pekerjaan Abutment 2	wingwall kiri tahap 1	fc' 25 mpa	9.74 m ³
Pekerjaan Abutment 2	wingwall kiri tahap 2	fc' 25 mpa	6.31 m ³
Pekerjaan Abutment 2	wingwall kiri tahap 3	fc' 25 mpa	6.76 m ³
Pekerjaan Abutment 2	wingwall kiri tahap 4	fc' 25 mpa	5.80 m ³
Pekerjaan Abutment 2	wingwall kiri tahap 5	fc' 25 mpa	0.75 m ³
15			478.05 m ³
Pekerjaan Diafragma	kanan D1	fc' 30 mpa	1.60 m ³
Pekerjaan Diafragma	kanan D1	fc' 30 mpa	1.60 m ³
Pekerjaan Diafragma	kanan D1	fc' 30 mpa	1.60 m ³
Pekerjaan Diafragma	kanan D1	fc' 30 mpa	1.60 m ³

Gambar 9. Quantity take off

3.3. Rencana anggaran biaya

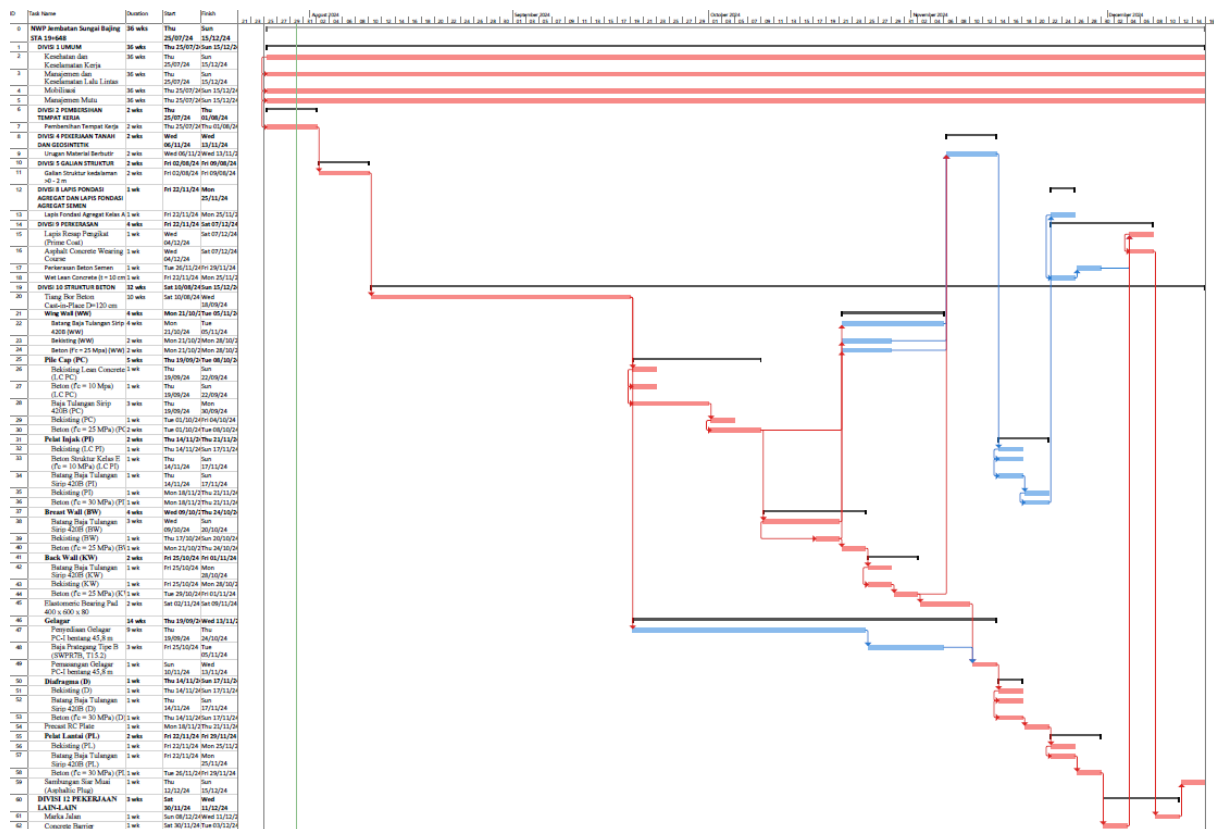
Pembuatan Rencana Anggaran Biaya dilakukan setelah pemodelan 3D dan mendapatkan hasil berupa *quantity take off*. Dasar perencanaan saat penyusunan harga menggunakan Spesifikasi Umum Jalan Bebas Hambatan dan Jalan Tol 2020, Peraturan Wali Kota Semarang Nomor 40 Tahun 2023, dan HSP Konstruksi Bina Marga Mas Petruk Edisi Ke-1 Tahun 2024 Kabupaten Klaten. Dari perhitungan anggaran biaya didapatkan nilai Rp 45.278.932,00 untuk membangun proyek Jembatan Sungai Baging. Rincian hasil perhitungan rencana anggaran biaya (RAB) yang dihitung berdasarkan divisi-divisi pekerjaan seperti pada Tabel 12.

Tabel 12. Rencana anggaran biaya jembatan sungai baging

No. Divisi	Uraian	Jumlah harga pekerjaan (rupiah)
1	Umum	232.378.475
2	Pembersihan Tempat Kerja	24.474.537
4	Pekerjaan Tanah Dan <i>Geosynthetic</i>	1.127.881.930
5	Galian Struktur	1.010.108.613
8	Lapis Fondasi Agregat dan Lapis Fondasi Agregat Semen	30.805.542
9	Perkerasan	553.680.827
10	Struktur Beton	37.593.053.983
12	Pekerjaan Lain-Lain	219.447.268
	(a) jumlah harga pekerjaan	40.791.831.174
	(b) pajak pertambahan nilai (ppn) = 11% x (a)	4.487.101.429
	(c) JUMLAH TOTAL HARGA PEKERJAAN = (a) + (b)	45.278.932.603
	DIBULATKAN	45.278.932.000
Terbilang: Empat Puluh Lima Miliar Dua Ratus Tujuh Puluh Delapan Juta Sembilan Ratus Tiga Puluh Dua Ribu Rupiah		

3.4. Penjadwalan proyek konstruksi

Pada perencanaan perkiraan jadwal pelaksanaan proyek Jembatan Sungai Baging diperoleh total waktu pelaksanaan selama 36 minggu dimulai dari 25 Juli 2024 hingga 15 Desember 2024 ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Penjadwalan

4. Kesimpulan

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

- Dari hasil analisa struktur disimpulkan bahwa desain Jembatan Sungai Baging aman untuk menanggung beban-beban yang bekerja
- Dari hasil pemodelan 3D menggunakan Revit Autodesk dapat disimpulkan bahwa penggunaan software tersebut dapat meningkatkan efisiensi dalam perencanaan konstruksi, terutama dalam proses perhitungan volume
- Dari hasil perhitungan rencana anggaran biaya menggunakan Microsoft Excel diperoleh nilai untuk keseluruhan biaya proyek Jembatan Sungai Baging sebesar rp 45.278.932,00
- Dari hasil perencanaan jadwal proyek Jembatan Sungai Baging menggunakan Microsoft Project didapatkan perkiraan waktu pelaksanaan selama 36 minggu dimulai dari tanggal 25 Juli 2024 hingga 15 Desember 2024.

Referensi

- Abdul R., Hendra C., Fathurrahman. (2021). Analisis Daya Dukung Pondasi Bore Pile Menggunakan Data Sondir dan SPT pada Proyek Pembangunan Reservoir Sungai Loban. Universitas Islam Kalimantan.
- Alfian, M. Taufiq. (2020). Perencanaan Pondasi Bored Pile pada Proyek Gedung Retail Mitra 10 Solo. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Anandita, Dianya Puan. (2023). Perencanaan Jembatan Beton Prategang RSUD Temanggung dengan Berbasis Building Information Modeling (BIM). Universitas Diponegoro.
- Badan Standarisasi Nasional. (2016). SNI-1154-2016 Tujuh Kawat Baja Tanpa Lapisan Dipili untuk Konstruksi Beton Pratekan (PC Strand/KBJP-P7). Jakarta: Badan Standar Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional. (2016). SNI-1725-2016 Pembebanan untuk Jembatan. Jakarta: Badan Standar Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional. (2016). SNI-2833-2016 Perencanaan jembatan terhadap beban gempa. Jakarta: Badan Standar Nasional.
- Himawan, Adam M. (2022). Perbandingan Penggunaan PC-I-Girder H-210 dan H-170 pada Bentang 40 meter Jembatan HKS. Universitas Islam Indonesia.

- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2020). Spesifikasi Umum untuk Jalan Bebas Hambatan dan Jalan Tol. Jakarta: Direktorat Jenderal Bina Marga.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2021). Panduan Praktis Perencanaan Teknis Jembatan. Jakarta: Direktorat Jenderal Bina Marga.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2023). Pedoman Implementasi Building Information Modelling (BIM) pada Lingkup Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan. Jakarta: Direktorat Jenderal Bina Marga.
- Kristanto, Ridwan. (2012). Perencanaan Ulang Jembatan Sardjito II dengan Struktur Gelagar Pelat Baja. Universitas Islam Indonesia.
- Luthfi, M. (2018). Sistem Informasi Pengendalian Pekerjaan Konstruksi Bangunan Sipil. Universitas Ibnu Khaldun.
- Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2015). SE NO:07/SE/M/2015 tentang Pedoman Persyaratan Umum Perencanaan Jembatan. Jakarta.
- Pantiga, J., Soekiman, A. (2021). Kajian Implementasi Building Information Modeling (BIM) di Dunia Konstruksi Indonesia.
- Wang, S., Chong, H. Y., Zhang, W. (2024). The impact of BIM-based integration Management on megaProject performance in China. Alexandria Engineering Journal (Volume 94), halaman 34-43.

Perencanaan pembangunan gedung laboratorium Teknik Komputer Fakultas Teknik Universitas Diponegoro dengan Integrasi BIM (*Building Information Modelling*)

Kinanti Dianing Pramudya^{a*}, Bambang Setiabudi^a, Asri Nurdiana^a

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

ARTICLE INFO

Corresponding author:

Email:

kinantidpw@gmail.com

Article history:

Received : 04 March 2025

Accepted : 26 June 2025

Publish : 30 June 2025

Keywords:

Autodesk Navisworks, Autodesk Revit, BIM, bridge, microsoft project

ABSTRACT

Rapid technological advancements have also influenced the construction industry, necessitating improvements in construction design through more efficient project management innovations. Currently, many construction project planning tasks are still performed using conventional software, which is less efficient and prone to errors. The integration of Building Information Modeling (BIM) in construction project planning represents a significant innovation, offering a solution to reduce misinterpretations that could lead to issues during the construction process. This study aims to redesign the Computer Engineering Laboratory Building at the Faculty of Engineering, Diponegoro University, using BIM-based planning methods to enhance quality, cost efficiency, and time management. A quantitative descriptive method is applied, starting with an understanding of design fundamentals and data collection through a literature review. Structural design calculations and analyses are conducted using CSI SAP2000, which is also used for modeling loading conditions. Three-dimensional modeling and scheduling is performed using Tekla Structure, followed by cost estimation using Microsoft Excel. This redesign results in an earthquake-resistant structural system utilizing the Special Moment Resisting Frame (SMRF) system. By integrating BIM, building design and planning are expected to become more efficient, reliable, and durable.

Copyright © 2025 PILARS-UNDIP

1. Pendahuluan

Perencanaan struktur merupakan kegiatan yang bertujuan merancang struktur bangunan agar memiliki kekuatan, ketahanan, stabilitas, serta dapat memenuhi standar kelayakan yang ada. Struktur bangunan dinilai kuat apabila tidak terjadi kegagalan struktur maupun kehilangan fungsinya selama masa layan bangunan. Faktor-faktor yang memengaruhi kekuatan struktur berupa ketahanan dan keamanan struktur bangunan dalam menopang beban-beban yang diberikan (Samiaji, 2021). Disrupsi teknologi terutama dalam dunia konstruksi mendorong adaptasi dari penggunaan teknologi konvensional menjadi penerapan Building Information Modeling (BIM). Pemanfaatan BIM akan mengurangi masalah yang umum terjadi pada saat pelaksanaan konstruksi karena kurangnya integritas sistem yang ada. Dengan implementasi ini akan meningkatkan efisiensi, produktifitas, dengan metode pekerjaan yang lebih efektif. Keunggulan lain yang didapat yaitu tingkat akurasi dan efisiensi dokumen serta administrasi selama proses konstruksi (Heryanto, 2020).

Perencanaan kembali dilakukan pada gedung Laboratorium Komputer Fakultas Teknik Universitas Diponegoro dengan fokus penerapan BIM 4D dan menggunakan SRPMK atau Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus. Penggunaan sistem tersebut juga diiringi dengan pertimbangan letak

geografis Indonesia yang berada di daerah rawan gempa. SRPMK memiliki daktilitas tinggi sehingga dapat dipakai untuk zona gempa 1 sampai 6.

Penekanan utama dalam perencanaan ini adalah analisis struktur, mencakup perhitungan atap baja, struktur atas seperti kolom, balok, dan pelat, serta struktur bawah berupa pondasi, yang kemudian dimodelkan dalam bentuk 3D menggunakan *software Tekla Structures*. Integrasi BIM 4D dalam software ini dilakukan melalui perhitungan volume untuk RAB, penjadwalan, serta simulasi berupa status *project visualization*. Luaran yang diharapkan dari perencanaan ini adalah implementasi BIM dalam perencanaan struktur bangunan gedung dengan SRPMK yang memiliki ketahanan terhadap risiko beban gempa.

2. Data dan metode

Metode perencanaan deskriptif kuantitatif digunakan dengan mempelajari pustaka acuan dasar mengenai teknologi-teknologi digital untuk perencanaan struktur gedung *high rise*. Selain itu, standar-standar nasional yang menjadi acuan perencanaan ini di antaranya untuk perhitungan tulangan pada struktur bangunan memakai SNI 2847:2019 tentang persyaratan beton struktur untuk bangunan gedung. Kemudian, acuan lain yang digunakan adalah SNI 1726:2019 tentang tata cara perencanaan ketahanan gempa, SNI 1727:2020 dimana mengatur tentang beban desain minimum, dan SNI 1729:2020 yang berisi spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural.

2.1. Data dan studi literatur

Data-data yang didapat untuk perencanaan Gedung Laboratorium Komputer Fakultas Teknik Universitas Diponegoro di antaranya adalah sebagai berikut:

a) DED (*Detail Engineering Design*)

b) Data Uji Tanah

c) Data umum proyek:

Nama Proyek : Pembangunan Gedung Laboratorium Teknik Komputer
Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.

Alamat Proyek : Kompleks Kampus Universitas Diponegoro, Jl. Prof. Soedarto,
Kecamatan Tembalang, Kota Semarang, Jawa Tengah.

Fungsi Bangunan : Gedung Laboratorium Komputer dan Perkuliahan

Luas Tanah : $\pm 1149,12 \text{ m}^2$

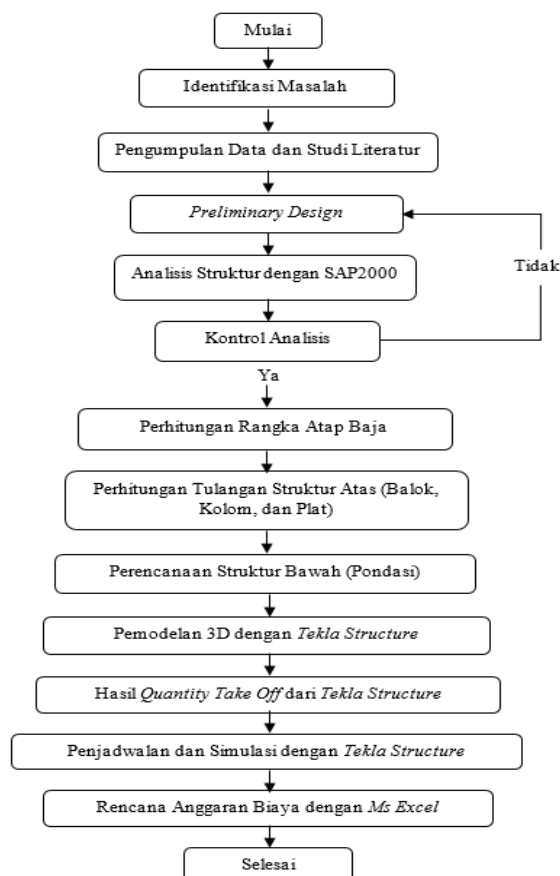
Luas Bangunan : $\pm 773,28 \text{ m}^2$

Struktur Bangunan : Beton Bertulang

Studi literatur yang dijadikan acuan maupun pedoman yaitu peraturan SNI yang berkaitan dengan perencanaan struktur gedung, serta modul perencanaan sebagai tambahan.

2.2. Tahapan perencanaan

Alur perencanaan terdapat dimulai dengan identifikasi masalah, pengumpulan data dan literatur, analisis struktur, model 3D, perhitungan RAB, hingga simulasi penjadwalan seperti disajikan pada Gambar 1.

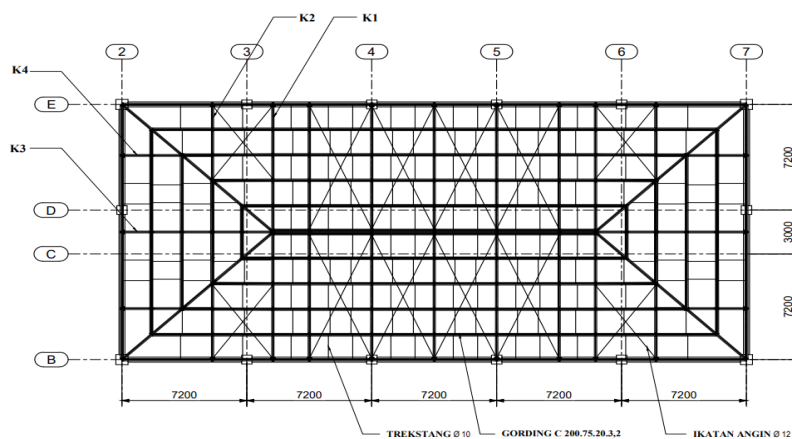


Gambar 1. Alur perencanaan ulang gedung laboratorium komputer FT Undip

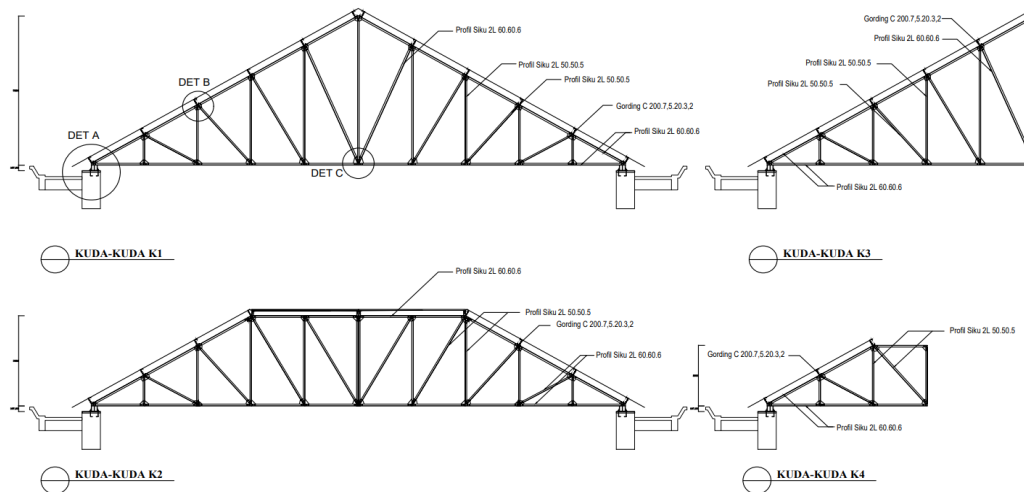
3. Hasil dan pembahasan

3.1. Perencanaan atap baja

Rangka kuda-kuda atap menggunakan profil baja ringan yaitu *double angle* 2L 60x60x6 mm untuk diagonal luar dan batang dan 2L 50x50x5 mm untuk diagonal dalam dan batang vertikal. Untuk gording dipilih baja profil *Lip Channels* C 200x75x20x3,2 dengan mutu keseluruhan baja yaitu BJ37 yang memiliki f_u 2400 kg/cm dan f_y 3700 kg/cm. Pemilihan jenis genteng berupa genteng tanah liat dengan berat jenis 0,57 KN/m². Perencanaan jarak dan ukuran kuda-kuda yang memiliki bentang 17,4 m sehingga ditentukan jarak antar kuda-kuda yaitu 3,6 m dengan jarak miring gording 2 m seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2 dan Gambar 3.

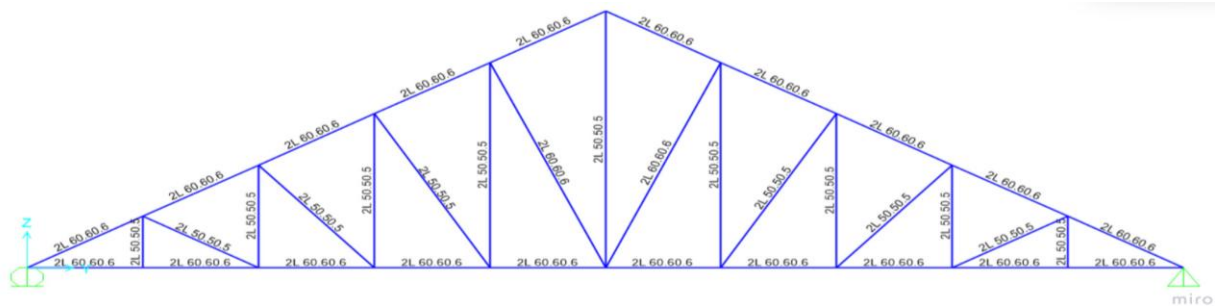


Gambar 2. Denah atap baja



Gambar 3. Detail kuda-kuda atap baja

Analisis struktur rangka atap baja menggunakan *software* SAP2000 dengan memperhitungkan beban-beban terfaktor. Beberapa beban yang diinput seperti beban mati, beban hidup, dan beban angin untuk atap. Kemudian didapat nilai gaya aksial (Pu) pada batang tarik dan tekan untuk menghitung nilai kuat tarik dan tekannya sehingga didapatkan hasil seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Profil baja pada rangka kuda-kuda

3.2. Preliminary desain struktur atas

3.2.1. Preliminary desain balok

Penentuan dimensi balok dilakukan sesuai SNI 2847:2019 tabel 9.3.1.1 untuk tinggi balok minimum dan untuk lebar balok dalam pasal 18.6.2.1 yaitu 0,3h atau 250 mm. Adapun tinggi minimum balok disajikan pada dan rencana desain dimensi balok disajikan pada Tabel 2 dan Gambar 5.

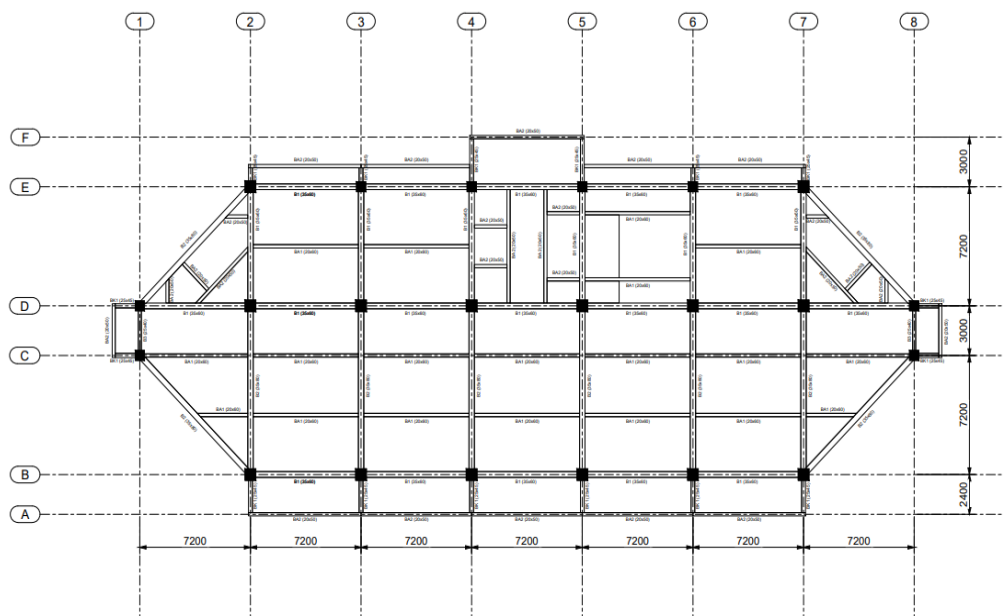
Tabel 1. Tinggi minimum balok

Kondisi Perlekatan	Minimum h
Perlekatan sederhana	L/16
Menerus satu sisi	L/18,5
Menerus dua sisi	L/21
Kantilever	L/8

Tabel 2. Rencana desain dimensi balok

NO	L	hmin (mm)	bmin (mm)	b pakai (mm)	h pakai (mm)	Jenis
1	7200	450,00	225,00	300	600	TB1
2	5000	312,50	156,25	250	500	TB2
3	7200	450,00	225,00	350	600	B1

NO	L	hmin (mm)	bmin (mm)	b pakai (mm)	h pakai (mm)	Jenis
4	10200	637,50	318,75	350	800	B2
5	3000	187,50	93,75	250	400	B3
6	5800	362,50	181,25	250	400	B3
7	7200	342,86	171,43	200	600	BA1
8	7200	342,86	171,43	200	500	BA2
9	7200	342,86	171,43	200	500	BA2
10	3500	166,67	83,33	200	500	BA2
11	2400	114,29	57,14	200	500	BA2
12	3500	437,5	218,75	250	450	BK1
13	2900	362,5	181,25	250	450	BK1
14	2500	312,5	156,25	250	450	BK1
15	2100	262,5	131,25	250	450	BK1
16	1700	212,5	106,25	250	450	BK1
17	1700	212,5	106,25	350	550	BK2



Gambar 5. Denah rencana balok (lantai tipikal)

3.2.2. Preliminary desain kolom

Perencanaan desain dimensi kolom ditentukan sesuai dengan **Persamaan 1**

$$\frac{L_{kolom}}{\frac{1}{12} \times b_k \times h_k^3} = \frac{L_{balok}}{\frac{1}{12} \times b_b \times h_b^3}$$

Perencanaan

desain dimensi kolom ditentukan sesuai dengan Persamaan 1)

L kolom merupakan tinggi kolom yang ditinjau, Lbalok yaitu panjang bentang balok yang ditopang, bk dan hk adalah dimensi kolom yang dicari, sedangkan bb dan hb merupakan lebar dan tinggi balok. Sehingga didapat dimensi h kolom yaitu K1 600x600 mm, K2 700x700 mm, dan K3 400x400 mm.

3.2.3. Preliminary desain pelat

Tebal minimum desain pelat ditentukan berdasarkan Tabel 8.3.1.2 SNI 2847:2019 yang mengatur ketebalan minimum pelat dua arah non prategang dengan balok tumpuan pada semua sisi.

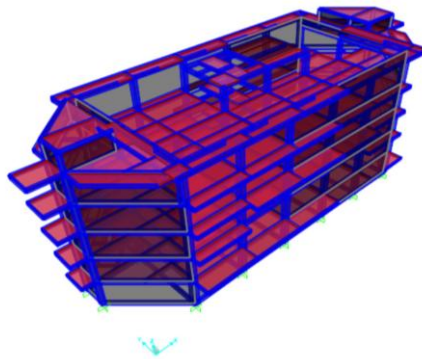
Perhitungan nilai rata-rata rasio kekakuan lentur balok terhadap kekakuan pelat menunjukkan nilai α_{fm} untuk S1 11,207 dan S2 5,272. Dimana keduanya lebih dari 2, sehingga dipakai tebal h untuk S1 140 mm dan S2 120 mm seperti yang disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Ketebalan minimum pelat dua arah nonprategang

α_{fm}	h minimum (mm)
$\alpha_{fm} \leq 0,2$	Tabel 8.3.1.1
$0,2 < \alpha_{fm} \leq 2,0$	Terbesar dari: $\frac{\ln\left(0,8 + \frac{f_y}{1400}\right)}{36 + 5\beta(\alpha_{fm} - 0,2)}$ 125
$\alpha_{fm} > 2,0$	Terbesar dari: $\frac{\ln\left(0,8 + \frac{f_y}{1400}\right)}{36 + 9\beta}$ 90

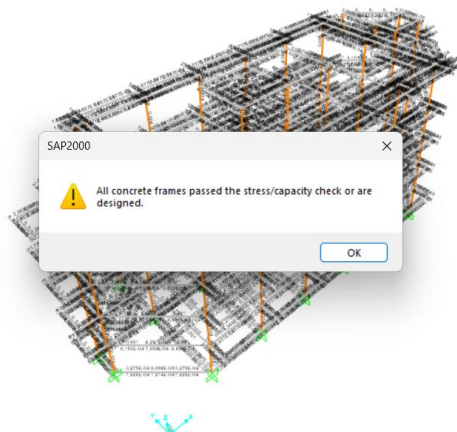
3.3. Analisis struktur

Struktur bangunan Lab Komputer FT Universitas Diponegoro dimodelkan dengan *software SAP2000* untuk dilakukan analisis kekuatan strukturnya. Pemodelan desain struktur atas berupa kolom, balok, dan pelat sesuai dengan perhitungan *preliminary design* dan input beban-beban terfaktor yang memengaruhi struktur seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Model 3D bangunan pada SAP2000

Hasil dari analisis struktur menggunakan SAP2000 berupa gaya-gaya dalam pada rangka struktur yang dapat digunakan untuk perhitungan tulangan struktur atas. Gaya-gaya dalam yang dihasilkan diantaranya gaya aksial, momen, dan torsi. Penggunaan software ini juga menunjukkan apakah rangka struktur lolos uji stress atau kapasitas yang dirancang (*stress/ capacity check*). Seperti yang dapat dilihat pada Gambar 7, dimana struktur aman dan tidak mengalami *overstressed* sehingga layak untuk digunakan.



Gambar 7. Kontrol kelayakan rangka struktur**3.4. Perhitungan tulangan struktur atas****3.4.1. Perhitungan tulangan balok**

Perhitungan tulangan utama balok diambil dari nilai kebutuhan luas tulangan dari *output SAP2000* atau disebut juga As perlu. Nilai tersebut kemudian dibandingkan dengan hasil perhitungan luas tulangan minimum (As min) sesuai dengan acuan SNI 2847:2019. Selanjutnya ditentukan dimensi luas tulangan yang terpasang (As pasang) yang diambil lebih besar seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Rekapitulasi tulangan utama balok

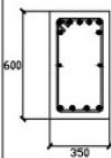
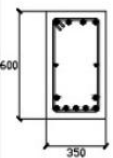
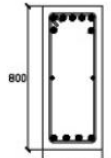
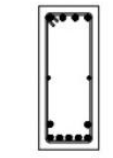
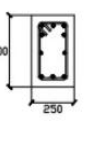
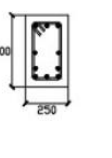
Nama	b (mm)	h (mm)	d (mm)	Letak	As perlu SAP200 0 (mm ²)	As min (mm ²)	As pasang (mm ²)	As pasang > As Perlu & Asmin	Dipasang		
B1	350	600	539	T. atas	2356	628,83	2660,93	OK	7	D	22
				T.bawah	1099	628,83	1520,53	OK	4	D	22
				L. atas	644	628,83	1520,53	OK	4	D	22
				L.bawah	1574	628,83	2660,93	OK	7	D	22
B2	350	800	735,5	T. atas	3497	858,08	4623,64	OK	7	D	29
				T.bawah	1619	858,08	2642,08	OK	4	D	29
				L. atas	873	858,08	2642,08	OK	4	D	29
				L.bawah	1899	858,08	4623,64	OK	7	D	29
B3	250	400	342	T. atas	686	285,00	1005,31	OK	5	D	16
				T.bawah	329	285,00	603,19	OK	3	D	16
				L. atas	215	285,00	603,19	OK	3	D	16
				L.bawah	254	285,00	1005,31	OK	5	D	16
BA1	200	600	540,5	T. atas	780	360,33	1701,17	OK	6	D	19
				T.bawah	376	360,33	1134,11	OK	4	D	19
				L. atas	246	360,33	1134,11	OK	4	D	19
				L.bawah	430	360,33	1701,17	OK	6	D	19
BA2	200	500	442	T. atas	263	294,67	603,19	OK	3	D	16
				T.bawah	130	294,67	603,19	OK	3	D	16
				L. atas	65	294,67	603,19	OK	3	D	16
				L.bawah	254	294,67	603,19	OK	3	D	16
BK1	250	450	390,5	T. atas	1197	325,42	1417,64	OK	5	D	19
				T.bawah	560	325,42	1417,64	OK	5	D	19
				L. atas	708	325,42	1417,64	OK	5	D	19
				L.bawah	337	325,42	1417,64	OK	5	D	19
BK2	350	550	489	T. atas	1757	570,50	1900,66	OK	5	D	22
				T.bawah	831	570,50	1140,40	OK	3	D	22
				L. atas	1121	570,50	1140,40	OK	3	D	22
				L.bawah	541	570,50	1900,66	OK	5	D	22
TB1	300	600	540,5	T. atas	336	540,50	1134,11	OK	4	D	19
				T.bawah	167	540,50	567,06	OK	2	D	19
				L. atas	83	540,50	567,06	OK	2	D	19
				L.bawah	173	540,50	1134,11	OK	4	D	19
TB2	250	500	442	T. atas	378	368,33	804,25	OK	4	D	16
				T.bawah	245	368,33	402,12	OK	2	D	16
				L. atas	296	368,33	402,12	OK	2	D	16
				L.bawah	122	368,33	804,25	OK	4	D	16

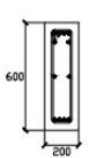
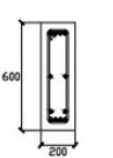
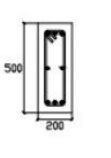
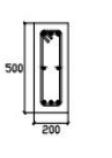
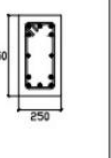
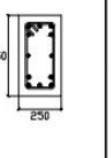
Perhitungan tulangan sengkang menggunakan nilai kebutuhan tulangan sengkang dari *output (Av/S) software SAP2000*. Ketentuan jarak sengkang sesuai dengan acuan Pasal 18.6.4.4 SNI 2847:2019, dimana spasi maksimum sengkang untuk tumpuan yaitu $d/4$, enam kali diameter tulangan pokok, dan 150 mm. sedangkan untuk sengkang pada posisi lapangan spasi maksimum $d/2$ sepanjang

bentang (Pasal 18.6.4.6). keseluruhan perhitungan tulangan sengkang balok dapat dilihat pada Tabel 5 sedangkan untuk detail penulangan ditunjukkan pada Gambar 8.

Tabel 5. Rekapitulasi tulangan sengkang balok

Nama	b (mm)	h (mm)	d (mm)	Letak	Av/ Sperl (mm ² /mm)	Ø	Smax1 (mm)	Smax2 (mm)	Smax3 (mm)	Dipasang
B1	350	600	539	Tump.	1,169	10	134,75	132	150	2D10 - 100
				Lap.	0,181	10	269,5	-	-	2D10 - 150
B2	350	800	735,5	Tump.	1,517	10	183,875	174	150	2D10 - 100
				Lap.	1,152	10	367,75	-	-	2D10 - 150
B3	200	400	342	Tump.	0,980	10	85,5	96	150	2D10 - 75
				Lap.	0,729	10	171	-	-	2D10 - 150
BA1	200	600	540,5	Tump.	0,299	10	135,125	114	150	2D10 - 100
				Lap.	0,133	10	270,25	-	-	2D10 - 150
BA2	200	500	442	Tump.	0,669	10	110,5	96	150	2D10 - 75
				Lap.	0,707	10	221	-	-	2D10 - 150
BK1	250	450	390,5	Tump.	1,156	10	97,625	114	150	2D10 - 75
				Lap.	1,402	10	195,25	-	-	2D10 - 150
BK2	350	550	489	Tump.	2,788	10	122,25	132,00	150,00	2D10 - 75
				Lap.	2,668	10	244,50	-	-	2D10 - 150
TB1	300	600	540,5	Tump.	0,250	10	135,13	114,00	150,00	2D10 - 100
				Lap.	0,250	10	270,25	-	-	2D10 - 200
TB2	250	500	442	Tump.	0,386	10	110,50	96,00	150,00	2D10 - 75
				Lap.	0,358	10	221,00	-	-	2D10 - 150

TYPE	B1 (35x60)		TYPE	B2 (35x80)		TYPE	B3 (25x40)	
	TUMPUAN	LAPANGAN		TUMPUAN	LAPANGAN		TUMPUAN	LAPANGAN
								
DIMENSI BALOK	350 x 600	350 x 600	DIMENSI BALOK	350 x 800	350 x 800	DIMENSI BALOK	250 x 400	250 x 400
TULANGAN ATAS	7D22	4D22	TULANGAN ATAS	7D29	4D29	TULANGAN ATAS	5D16	3D16
TULANGAN BAWAH	2D13	2D13	TULANGAN BAWAH	2D13	2D13	TULANGAN BAWAH	2D13	2D13
TULANGAN BAWAH	4D22	7D22	TULANGAN BAWAH	4D29	7D29	TULANGAN BAWAH	3D16	5D16
SENGKANG	2D10-100	2D10-150	SENGKANG	2D10-100	2D10-150	SENGKANG	2D10-75	2D10-150

TYPE	BA1 (20x60)		TYPE	BA2 (20x50)		TYPE	BK1 (25x45)	
	TUMPUAN	LAPANGAN		TUMPUAN	LAPANGAN		TUMPUAN	LAPANGAN
								
DIMENSI BALOK	200 x 600	200 x 600	DIMENSI BALOK	200 x 500	200 x 500	DIMENSI BALOK	250 x 450	250 x 450
TULANGAN ATAS	6D19	4D19	TULANGAN ATAS	3D16	3D16	TULANGAN ATAS	5D19	5D19
TULANGAN BAWAH	2D13	2D13	TULANGAN BAWAH	2D13	2D13	TULANGAN BAWAH	2D13	2D13
TULANGAN BAWAH	4D19	6D19	TULANGAN BAWAH	3D16	3D16	TULANGAN BAWAH	5D19	5D19
SENGKANG	2D10-100	2D10-150	SENGKANG	2D10-75	2D10-150	SENGKANG	2D10-75	2D10-150

Gambar 8. Detail penulangan balok

3.4.2. Perhitungan tulangan kolom

Penulangan kolom dilakukan dengan hasil *output* luas tulangan (As perlu) dari *software SAP2000*. Sebelumnya perlu dipastikan bahwa dimensi kolom juga telah memenuhi syarat SNI 2847:2019 Pasal 18.7.2, yaitu dimensi minimal 300 mm dan rasio b/h lebih dari 0,4. Perhitungan luas tulangan (As perlu) dibandingkan dengan As pasang untuk menentukan kebutuhan tulangan yang dipakai. Berikut merupakan hasil perhitungan tulangan kolom disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Rekapitulasi tulangan utama kolom

Nama	b (mm)	h (mm)	As perlu SAP2000 (mm ²)	As pasang (mm ²)	As pasang $\geq$ As perlu	Dipasang		
K1	600	600	3600	4536,46	OK	16	D	19
K2	700	700	4900	5103,517	OK	18	D	19
K3	400	400	1600	3402,345	OK	12	D	19

Tulangan geser pada kolom dihitung dari hasil *output* luas tulangan perlu (A_v perlu) pada analisis *software SAP2000*. Spasi tulangan geser atau sengkang pada kolom menurut Pasal 18.7.5.3, SNI 2847:2019 yang ana maksimum seperempat dimensi penampang terkecil, enam kali diameter tulangan utama, dan S_o maksimal 150 mm minimal 100 mm. Tabel 7 menampilkan rekapitulasi perhitungan tulangan geser pada kolom.

Tabel 7. Rekapitulasi tulangan geser kolom

Nama	b (mm)	h (mm)	Letak	A_v /Sperlu (mm ² /mm)	$\emptyset$	Luas mm ²	Sperlu mm	S_{max1} (mm)	S_{max2} (mm)	Dipasang
K1	600	600	Tump.	1,333	10	314,16	235,68	150	114	4D10 - 100
			Lap.	0,99	10	314,16	317,33	150	114	4D10 - 150
K2	700	700	Tump.	0,958	13	530,93	554,21	175	114	4D13 - 100
			Lap.	0,698	13	530,93	760,64	175	114	4D13 - 150
K3	400	400	Tump.	0,392	10	314,16	801,43	100	114	4D10 - 100
			Lap.	0,349	10	314,16	900,17	100	114	4D10 - 150

3.5. Perhitungan tulangan struktur bawah

3.5.1. Perhitungan daya dukung fondasi

Daya dukung pondasi dihitung berdasarkan data hasil uji tanah, dimana untuk proyek pembangunan Laboratium Komputer FT Undip ini dilakukan dua uji yakni sondir dan bor mesin. Dari uji sondir dilakukan dua titik dengan masing-masing kedalaman 6 dan 8 meter dan didapatkan nilai q_c (*conus resistance*) 250 kg/cm². Perhitungan daya dukung tanah dilakukan dengan metode *Mayerhoff* menggunakan nilai *safety factor* 3 dan 5 dan hasil rekapitulasi daya dukung tanah disajikan pada Tabel 8.

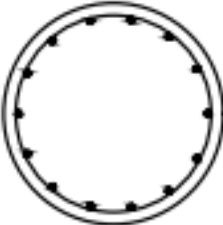
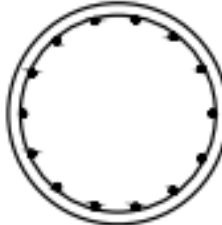
Tabel 8. Daya dukung tanah

No	Jenis daya dukung	Daya Dukung (ton)
1	S1	327,13
2	S2	332,23
3	BH-1	467,97
Dipakai nilai min		327,13

3.5.2. Desain penulangan fondasi *bore pile*

Dimensi pondasi *bore pile* yang direncanakan berdiameter 700 mm dengan kedalaman 8 meter. Perhitungan tulangan dilakukan dengan perbandingan nilai kebutuhan luas tulangan yang dipakai dengan luas tulangan minimum. Setelah dilakukan *trial and error* didapatkan jumlah tulangan yang sesuai. Sehingga tulangan longitudinal yang dipakai yaitu 14D19 dan tulangan transversal dipasang

D13-100 seperti pada Gambar 9 . Untuk kebutuhan jumlah tiang yang yang diperlukan dalam satu titik *pile cap* disajikan pada Tabel 9.

TYPE	BOREPILE Ø700 mm	
	TUMPUAN	LAPANGAN
		
TULANGAN POKOK	14D19	14D19
SENGKANG	D13-100	D13-100

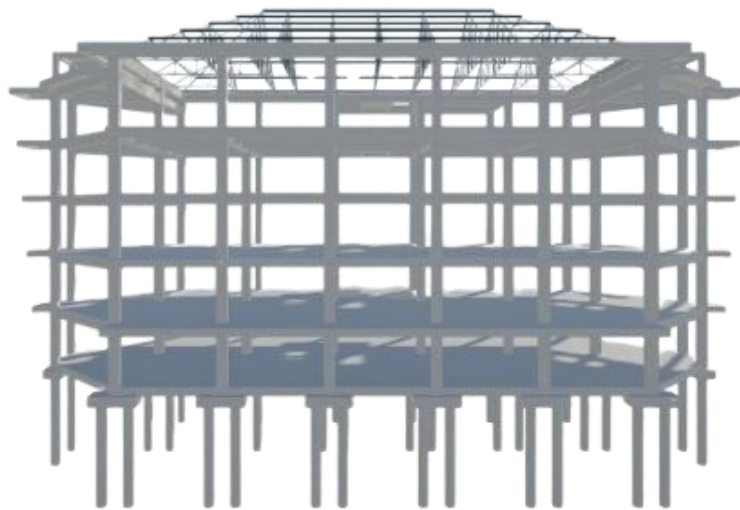
Gambar 9. Detail penulangan *bore pile*

Tabel 9. Kebutuhan jumlah tiang fondasi pada *pile cap*

Titik Pondasi	Joint	Pu (kN)	Jumlah tiang (bh)
B2	50	3626,13	2
B3	92	3378,28	2
B4	134	3273,78	2
B5	176	3296,53	2
B6	218	3400,52	2
B7	260	3589,15	2
C1	15	2139,9	1
C8	309	2126,37	1
D1	22	1930,83	1
D2	64	4352,05	2
D3	106	4146,97	2
D4	148	3921,09	2
D5	190	4135,68	2
D6	232	4257,74	2
D7	274	4343,15	2
D8	316	1946,48	1
E2	71	2767,28	1
E3	113	2588,87	1
E4	155	2572,21	1
E5	197	2972,24	1
E6	239	2686,17	1
E7	281	2828,21	1

3.6. Model 3D pada *software tekla structure*

Model 3D Gedung Laboratorium Komputer FT Universitas Diponegoro disusun sesuai dengan perhitungan struktur yang telah dilakukan sebelumnya. Pemodelan 3D ini menggunakan *software Tekla Structure* sehingga didapat gambar 3D dan *Detail Engineering Design* atau DED. Berikut merupakan model 3D yang telah dibuat dalam *Tekla Structure* dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Model 3D pada *Tekla Structure*

3.7. Rencana anggaran biaya

Penyusunan RAB didapatkan dari nilai volume dikalikan dengan harga satuan pekerjaan. Untuk nilai volume berasal dari output pemodelan pada *software Tekla Structure*. Sedangkan harga satuan pekerjaan didapatkan dari Analisis Harga Satuan Pekerjaan. Dalam perhitungan rencana anggaran biaya ini meliputi pekerjaan persiapan, pekerjaan tanah, dilanjutkan dengan pekerjaan struktur bawah, struktur atas, dan pekerjaan atap baja ringan. Rekapitulasi nilai RAB untuk perencanaan Gedung Lab Komputer FT Universitas Diponegoro disajikan pada Tabel 10/

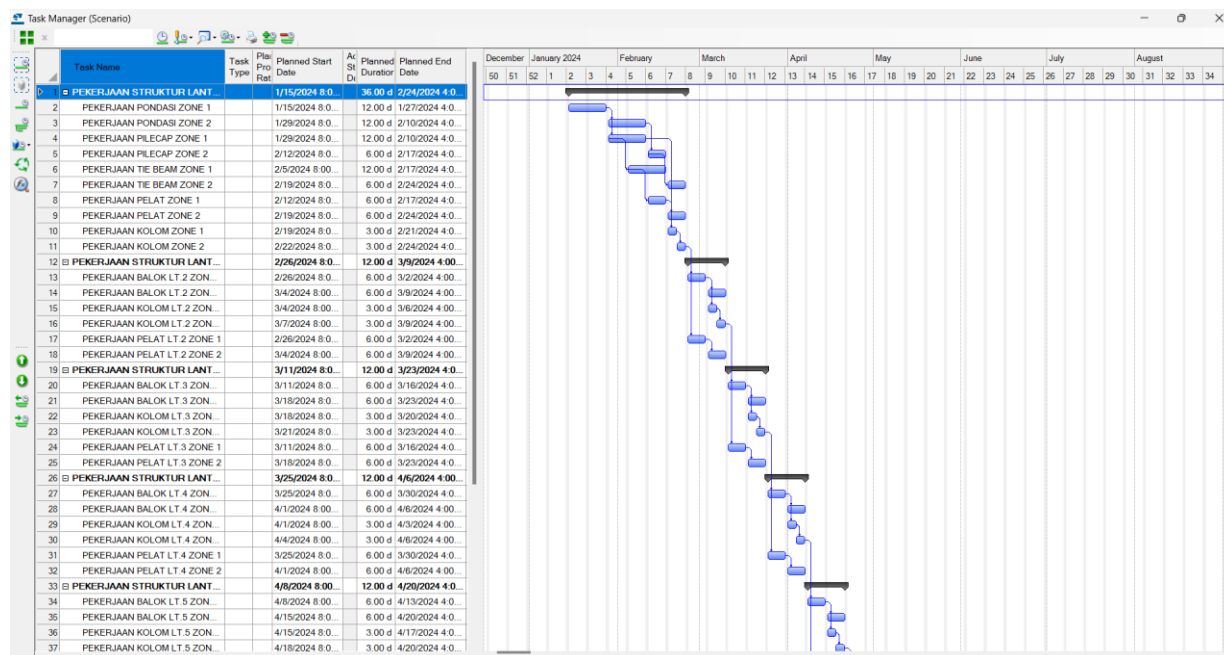
Tabel 10. Rekapitulasi rencana anggaran biaya

No	Jenis Pekerjaan	Jumlah Harga	
1	Pekerjaan Persiapan	Rp	117.054.618,21
2	Pekerjaan Tanah dan Galian	Rp	18.569.690,37
3	Pekerjaan Struktur Lantai Dasar	Rp	1.482.289.392,52
4	Pekerjaan Struktur Lantai 2 (+4,32)	Rp	2.111.734.371,77
5	Pekerjaan Struktur Lantai 3 (+8,64)	Rp	2.016.084.313,77
6	Pekerjaan Struktur Lantai 4 (+12,96)	Rp	2.112.989.025,85
7	Pekerjaan Struktur Lantai 5 (+17,28)	Rp	2.064.851.626,09
8	Pekerjaan Struktur Lantai Mesin Lift (+21,37)	Rp	797.025.508,15
9	Pekerjaan Struktur Lantai Talang Beton (+22,68)	Rp	576.414.482,84
10	Pekerjaan Struktur Lantai Atap Dak Beton (+24,12)	Rp	125.247.206,46
11	Pekerjaan Struktur Atap Baja Ringan	Rp	454.196.028,00
Jumlah		Rp	11.876.456.264,03
PPN (11%)		Rp	1.306.410.189,04
Jumlah Total		Rp	13.182.866.453,07
Jumlah Dibulatkan		Rp	13.182.867.000,00
Terbilang: Tiga belas miliar seratus delapan puluh dua juta delapan ratus enam puluh tujuh ribu rupiah			

3.8. Penjadwalan dan simulasi dengan *software Tekla Structure*

Penjadwalan atau *Time Schedule* dapat disusun langsung dengan *software Tekla Structure* pada menu *Task Manager*. Penyusunan jadwal ini disesuaikan dengan jenis pekerjaan atau *task* yang diolah dengan input elemen pekerjaan dan durasi yang diberikan. Untuk elemen pekerjaan yang dimasukkan berupa pekerjaan struktur baik atas maupun bawah. Dimana total pekerjaan struktur direncanakan selesai dalam durasi 5

bulan atau sekitar 18 minggu. Sedangkan dengan penambahan pekerjaan persiapan maka durasi pekerjaan menjadi 20 minggu, yaitu dari 1 Januari 2024 hingga 18 Mei 2024. Berikut dapat dilihat pada Gambar 11 *scheduling* yang dilakukan dengan *software Tekla Structure*.



Gambar 11. *Project status visualization* pada *Tekla Structure*

4. Kesimpulan

Berdasarkan perencanaan struktur pada Gedung Laboratorium Komputer Fakultas Teknik Universitas Diponegoro dapat diambil kesimpulan berupa:

- Perhitungan dimensi dan penulangan struktur bawah (pondasi *bore pile* dan *pile cap*), struktur atas (balok, kolom, dan pelat), serta rancangan kuda-kuda struktur atap baja ringan telah dilaksanakan sesuai dengan hasil analisis SAP2000 dan sudah dilakukan pengecekan sehingga dinyatakan layak maupun memenuhi kriteria aman terhadap batasan acuan perencanaan yang ada
- Jumlah anggaran yang direncanakan dalam pembangunan struktur Gedung Laboratorium Komputer Fakultas Teknik Universitas Diponegoro adalah sebesar Rp 13.182.867.000,00.
- enjadwalan untuk pelaksanaan pembangunan struktur Gedung Laboratorium Komputer Fakultas Teknik Universitas Diponegoro direncanakan terlaksana dalam kurun waktu 5 bulan atau sekitar 18 minggu.

Ucapan terima kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada pihak-pihak yang terkait dalam pembangunan Gedung Laboratorium Komputer Fakultas Teknik Universitas Diponegoro yang telah mendukung dan memberikan izin pengambilan data guna penyusunan perencanaan ini.

Referensi

- Badan Standarisasi Nasional. (2019). SNI 1726:2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk struktur Bangunan Gedung dan Non-Gedung. Jakarta: BSN Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional. (2020). SNI 1727:2020 Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain. Jakarta: BSN Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional. (2020). SNI 1729:2020 Spesifikasi untuk Bangunan Baja Struktural. Jakarta: BSN Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional. (2019). SNI 2847:2019 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan. Jakarta: BSN Badan Standarisasi Nasional.

- Heryanto, S. and Subroto, G., 2020. KAJIAN PENERAPAN BUILDING INFORMATION MODELLING (BIM) DI INDUSTRI JASA KONSTRUKSI INDONESIA. *Architecture Innovation*, 4(2), pp.193-212.
- Samiaji, B. and Winarno, B.A., 2021. Redesain Gedung Innovative Program Cluster (IPC) Universitas Katolik Soegijapranata sebagai Sistem Rangka Baja Pemikul Momen.

Implementasi BIM 5D pada *re-design* gedung dekanat Fakultas Pertanian Peternakan Universitas Diponegoro

Caroline Audrey Kendra Dewi^{a*}, Wahyu Budi Antoa, Bambang Setiabudia, Asri Nurdiana^a

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

ARTICLE INFO

Corresponding author:

Email:

audreykendra472@gmail.com

Article history:

Received : 03 June 2025

Accepted : 26 June 2025

Publish : 30 June 2025

Keywords:

Earthquake Resistance Structure, Cost Estimate, BIM 5D

ABSTRACT

Indonesia's geographical condition is in the Ring of Fire area, which has a fairly high earthquake potential. In line with the population density in Indonesia and according to seismicity. The right system to use for this area is to use the Special Moment Resisting Frame System (SRPMK). It is planned to recalculate the FPP Undip Dean's Building by implementing BIM 5D integration. Starting from the 2D modeling stage with Autocad, structural analysis with SAP2000, 3D modeling with Revit, the scheduling process using Microsoft Project, and 5D integration with Navisworks. The load review carried out includes dead load, live load, wind load, rain load, and earthquake load using SNI 1727:2020 and PPIUG 1983. Reference provisions for calculating reinforced concrete structures use SNI 2847:2013 and 2847:2019, and earthquake-resistant building structures use SNI 1726:2019. The re-planning of the Dean Building of the Faculty of Agriculture and Animal Husbandry, Diponegoro University with BIM 5D provides a final output plan in the form of project visualization which includes 3D design results, scheduling, and budget design. This activity is expected to increase the efficiency of building project construction.

Copyright © 2025 PILARS-UNDIP

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan salah satu negara di Asia Tenggara yang memiliki jumlah penduduk dengan percepatan kenaikan angka penduduk yang cukup besar. Dibuktikan dengan data dari Badan Pusat Statistik, Indonesia mengalami kenaikan jumlah penduduk di tiga tahun terakhir yaitu pada tahun 2021, Indonesia memiliki jumlah penduduk sebanyak 272.682,5 juta jiwa. Pada tahun 2022, Indonesia mengalami pertambahan jumlah penduduk menjadi 275.773,8 juta jiwa, dan di pertengahan tahun 2023 Indonesia mengalami pertambahan penduduk sebanyak 278.696,2 juta jiwa (BPS, 2023). Dengan kondisi jumlah penduduk yang padat, para penduduk memerlukan adanya fasilitas yang memadai.

Menurut Rambe (2022), Indonesia berada di daerah yang memiliki zona rekahan dan merupakan negara yang memiliki jalur gempa yang aktif secara seismik nomor dua di dunia. Dengan demikian, dibutuhkan suatu struktur bangunan yang kuat dan mampu menahan beban gempa yang diterima oleh struktur bangunan. Struktur bangunan yang ada di Indonesia harus memenuhi ketentuan dan dibangun berdasarkan peraturan keamanan yang berlaku, sehingga suatu gedung bangunan dapat bertahan dalam waktu yang lama. Berdasarkan SNI 2847:2013, terdapat beberapa sistem struktur bangunan tahan gempa, salah satunya yaitu Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).

Didukung oleh Modul PUPR No. 18 tahun 2018, perencanaan ulang gedung bertingkat dapat disempurnakan menggunakan *Building Information Modeling* (BIM). BIM memiliki beberapa integrasi dimensi modeling, meliputi 3D (*Building Data & Information*), 4D (*Schedule*), 5D (*Work Breakdown Structure*), 6D (*Energy Analysis*), dan 7D (*Building Life Cycles*) (Rachmawati, 2022).

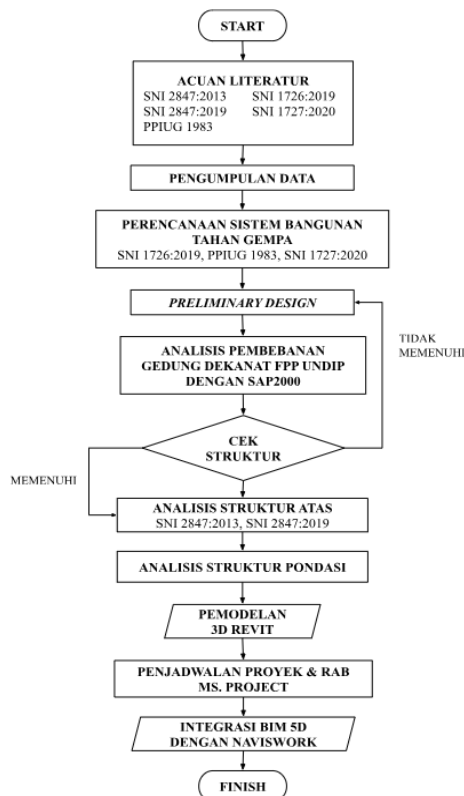
Oleh karena itu, dilakukan perencanaan ulang terhadap Gedung Dekanat Fakultas Pertanian dan Peternakan Undip sebagai objek penelitian menggunakan BIM 5D. Gedung ini telah dibangun sebagai sarana perkuliahan serta pengembangan bagi mahasiswa dan tenaga pendidik. Tujuan adanya perencanaan ulang adalah untuk memperhitungkan kuat struktur yang terintegrasi dengan BIM 5D. Selain itu, perencanaan struktur ditinjau sesuai struktur bangunan tahan gempa berdasarkan perhitungan pembebanan. Perencanaan ulang ini diharapkan menghasilkan output berupa hasil reaksi gaya dalam struktur, hasil kebutuhan tulangan, pemodelan 3D, Rencana Anggaran Biaya (RAB) proyek, dan penjadwalan proyek. Proses ini selanjutnya diintegrasikan menggunakan *software Navisworks* untuk menghasilkan sebuah simulasi visualisasi proyek.

2. Data dan metode

Gedung Dekanat Fakultas Pertanian dan Peternakan Universitas Diponegoro akan direncanakan ulang menjadi 6 lantai dengan menggunakan sistem bangunan tahan gempa berdasarkan SNI 1726:2019. Proses perencanaan diperhitungkan menggunakan struktur beton bertulang sesuai SNI 2847:2019 dan SNI 2847:2013 tentang persyaratan beton struktural. Pembebanan pada bangunan ini memperhitungkan beban mati, beban hidup, beban angin, dan beban hujan yang mengacu pada SNI 1727:2020 dan PPIUG 1983 tentang beban minimum dan pembebanan Indonesia.

Berdasarkan data observasi, diperoleh bahwa bangunan ini termasuk ke dalam kategori risiko IV untuk bangunan perkuliahan. Sesuai dengan data penyelidikan tanah yang merupakan tanah mediterania coklat tua atau tanah keras batuan lunak, bangunan ini tergolong ke dalam kelas situs C dengan kategori desain seismik (KDS) D yaitu tingkat risiko tinggi terhadap gempa. Oleh karena itu, dirancang sistem bangunan tahan gempa menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).

Perencanaan dilakukan dengan analisis struktur dengan SAP2000 menggunakan hasil *preliminary design* untuk menentukan tulangan pakai (Sari, dkk, 2024). Dilanjutkan dengan pemodelan 3D dengan *Autodesk Revit* untuk output berupa *quantity take off* untuk perhitungan volume dan anggaran biaya (Pratama, 2022). Pembangunan direncanakan akan dijadwalkan menggunakan *Microsoft Project*. Kemudian, hasil 3D, anggaran biaya, dan penjadwalan diintegrasikan menjadi visualisasi dengan *Navisworks* (Prayoga, 2023). Adapun alur perencanaan ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir perencanaan ulang

3. Hasil dan pembahasan

3.1. Preliminary design struktur atas

3.1.1. Preliminary design balok

Preliminary design diperhitungkan untuk menentukan dimensi struktur balok sesuai bentang yang telah ditentukan pada setiap bagian pelat lantai. Dimensi balok dihitung menurut SNI 2847:2013 tabel 9.5(a) yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Perencanaan dimensi balok

Perletakkan Komponen Sederhana	h Min
Tertumpu Sederhana	L/16
Satu Ujung Menerus	L/18,5
Kedua Ujung Menerus	L/21
Kantilever	L/8

Perhitungan dimensi tinggi balok (h) untuk balok induk h/12, balok anak h/16, kantilever h/8, dan tie beam h/18,5 dengan lebar balok (b) sesuai SNI 2847:2019 menggunakan 0,5h dengan hasil *preliminary design* sesuai Tabel 2.

Tabel 2. Daftar dimensi balok

Tipe	b Min (mm)	h Min (mm)	Dimensi (mm)	Jenis Balok
B1	270,83	541,67	450 x 700	Balok Induk
B2	250,00	500,00	450 x 700	Balok Induk
B3	333,33	666,67	450 x 700	Balok Induk
Ba1	203,13	406,25	250 x 400	Balok Anak
Ba2	187,50	375,00	250 x 400	Balok Anak
Ba3	93,75	187,50	250 x 400	Balok Anak
Ba4	125,00	250,00	250 x 400	Balok Anak
BSL	250,00	500,00	400 x 600	Balok Anak
BK1	250,00	500,00	350 x 500	Balok Anak
BK2	203,13	406,25	350 x 500	Balok Anak
BB	93,75	187,50	200 x 400	Balok Bordes
BAT1	216,22	432,43	300 x 450	Balok Atap
BAT2	203,13	406,25	300 x 450	Balok Atap
TB	216,22	432,43	400 x 600	Tie Beam
TB1	175,68	351,35	400 x 600	Tie Beam

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. Hasil daftar cek syarat dimensi ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Daftar cek dimensi balok

Tipe	Dimensi (mm)	Bentang (mm)	b Kolom	Syarat 1 ($\ell_n \geq 4d$)	Syarat 2 ($bw \geq 0,3h$)	Syarat 3 ($bw < b$ kolom)
B1	450 x 700	6500	650	OK	OK	OK
B2	450 x 700	6000	700	OK	OK	OK
B3	450 x 700	8000	650	OK	OK	OK
Ba1	250 x 400	3250	650	OK	OK	OK
Ba2	250 x 400	3000	650	OK	OK	OK

Tipe	Dimensi (mm)	Bentang (mm)	b Kolom	Syarat 1 (Ln $\geq$ 4d)	Syarat 2 (bw $\geq$ 0,3h) (bw < b kolom)	Syarat 3
Ba3	250 x 400	3000	350	OK	OK	OK
Ba4	250 x 400	4000	650	OK	OK	OK
BSL	400 x 600	4000	650	OK	OK	OK
BK1	350 x 500	8000	650	OK	OK	OK
BK2	350 x 500	6500	650	OK	OK	OK
BB	200 x 400	3000	650	OK	OK	OK
BAT1	300 x 450	8000	650	OK	OK	OK
BAT2	300 x 450	6500	650	OK	OK	OK
TB	400 x 600	8000	650	OK	OK	OK
TB1	400 x 600	6500	650	OK	OK	OK

3.1.2. Preliminary design pelat lantai dan atap

Design pelat diperhitungkan berdasarkan SNI 2847:2019 pasal 8.3.1.1 dengan memperhitungkan bentang terpanjang pelat (L_y) dan bentang terpendek pelat (L_x). Perhitungan dirumuskan berdasarkan ketentuan untuk pelat dua arah dengan $L_y/L_x < 2$ dan pelat satu arah dengan $L_y/L_x \geq 2$. Didapatkan daftar pelat lantai dan pelat atap yang ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Daftar tipe pelat lantai dan pelat atap

Tipe	L_y (mm)	L_x (mm)	L_{ny} (mm)	L_{nx} (mm)	L_{ny}/L_{nx}	Tipe Pelat
P1	400	325	375	280	1,339	2 arah
P2	400	325	375	280	1,254	2 arah

Diperoleh hasil tipe pelat 2 arah, ketebalan pelat dihitung berdasarkan rumus SNI 2847:2019 pasal 9.3.3.3 bahwa $afm > 2$ untuk $h_{min} = (L_n \times (0,8 + (f_y/1400))) / (36 + 9\beta)$ dengan h_{min} harus lebih besar dari 90 mm. Jika diperoleh hasil $0,2 < afm \leq 2$ maka digunakan $h_{min} = (L_n \times (0,8 + (f_y/1400))) / (36 + 5\beta \times (afm - 0,2))$ dengan nilai h_{min} harus lebih besar dari 125 mm. Ketebalan pelat yang dipakai harus lebih besar dari ketebalan pelat minimum berdasarkan nilai rasio kuat lentur balok dengan pelat (afm) seperti yang ditunjukkan pada

Tabel 5. Daftar tebal pelat lantai dan pelat atap

Tipe	Letak	afm	h_{Min}	h_{Pakai}
P1	Pelat Lantai	4,058	87,62	120
P2	Pelat Atap	8,779	84,2	100

3.1.3. Preliminary design tangga dan bordes

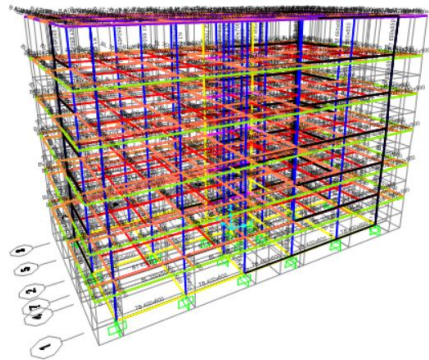
Tangga diperhitungkan berdasarkan syarat kemiringan yang harus dipenuhi. Menurut Silitonga, dkk (2023), tangga memiliki kemiringan ideal yang harus dipenuhi yaitu sebesar $25^\circ < \alpha < 40^\circ$ dengan perhitungan $\alpha = \arctan (0,5h \text{ tangga} / \text{panjang datar tangga})$. Pada perhitungan Gedung Dekanat Fakultas Pertanian dan Peternakan Undip diperoleh α tangga sebesar $37,51^\circ$ dengan ketebalan pelat tangga sebesar 120 mm.

3.2. Analisis struktur atas

3.2.1. Analisis struktur balok, pelat, dan kolom

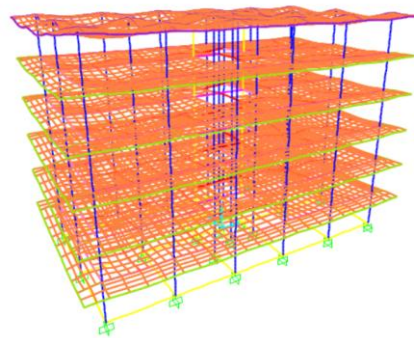
Analisis struktur pada perencanaan ulang Gedung Dekanat Fakultas Pertanian dan Peternakan Undip dilakukan menggunakan SAP2000 dengan melakukan input dimensi tiap struktur dan material sesuai hasil daftar yang telah diperhitungkan. Perencanaan ulang Gedung Dekanat Fakultas Pertanian dan Peternakan Undip menggunakan mutu beton f'_c 30 MPa untuk struktur atas dan f'_c 25 MPa untuk struktur bawah (tie beam dan pile cap). Selain itu digunakan mutu baja tulangan menggunakan f_y 420 MPa. Digunakan analisis struktur atas dengan melakukan input pembebanan sesuai SNI 2847:2019,

SNI 1727:2020, PPIUG 1983 dan pembebanan gempa menurut SNI 1726:2019. Hasil input dimensi dan material struktur ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Input dimensi struktur

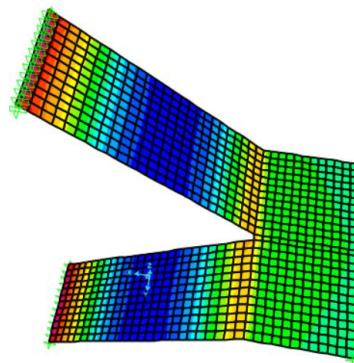
Selanjutnya, melakukan *input* beban mati pada pelat dan balok. Beban mati tambahan meliputi beban dinding pada struktur balok, beban mekanikal elektrik, beban keramik, beban spesi sebagai beban mati tambahan pada pelat lantai. Selain itu, berdasarkan PPIUG 1983, beban hidup bangunan sesuai fungsi ruang kuliah sebesar $2,5 \text{ kN/m}^2$. Beban angin sesuai perhitungan SNI 1727:2020 dan pembebanan gempa berdasarkan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) yang meliputi nilai S_{ds} dan S_{d1} . Proses analisis struktur berfungsi untuk memastikan bahwa struktur telah memenuhi kapasitas dari beban yang bekerja. Hasil analisis struktur Gedung Dekanat Fakultas Pertanian dan Peternakan Undip ditunjukkan pada Gambar 3.



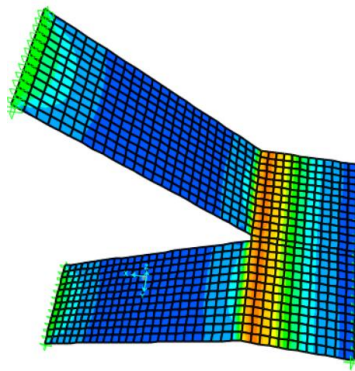
Gambar 3. Hasil analisis struktur

3.2.2. Analisis struktur tangga

Pada struktur tangga Gedung Dekanat Fakultas Pertanian dan Peternakan Undip diperoleh hasil analisis gaya momen arah memanjang dan melintang berdasarkan pembebanan dan ketebalan pelat tangga. Berdasarkan kemiringan tangga sebesar $37,51^\circ$ diperoleh hasil analisis struktur tangga yang ditunjukkan pada Gambar 4 dan Gambar 5.



Gambar 4. Momen melintang tangga



Gambar 5. Momen memanjang tangga

3.3. Preliminary desain struktur atas

3.3.1. Perhitungan tulangan balok

Menurut Afnaldi (2022), balok sebagai penyalur beban momen harus direncanakan tulangan lentur dan geser. Tulangan lentur balok dihitung sesuai SNI 2847:2013 pasal 21.5.2.1 dengan memperhitungkan Batasan tulangan $\rho < 0,025$ dengan nilai koefisien ketahanan R_n jika $f'_c > 28$ MPa dirumuskan ρ perlu = $1/m(1-(\sqrt{1-(2 \times m \times R_n/f_y)}))$. Untuk batasan ρ min = $1,4/f_y$ dan ρ maks = $0,75 \rho_b$. Syarat As perlu sesuai SNI 2847:2013 pasal 21.3 digunakan rumus $A_s \text{ perlu} = \rho \times b \times d$. Syarat luas tulangan As pakai > As min SNI dan As perlu hasil output SAP2000. Daftar tulangan balok ditunjukkan dalam Tabel 6.

Tabel 6. Daftar tulangan lentur balok

Tipe	Dimensi (mm)	Daerah	Letak Tulangan	As Perlu SAP2000 (mm ²)	As Hitung (mm ²)	As Min (mm ²)	As Pakai (mm ²)	Tulangan Pasang
B1	450 x 700	Tump.	Atas	1709	960,75	960,75	2268,23	8D19
			Bawah	975	960,75	960,75	1134,11	4D19
		Lap.	Atas	549	960,75	960,75	1134,11	4D19
			Bawah	804	960,75	960,75	1417,64	5D19
B2	450 x 700	Tump.	Atas	1581	960,75	960,75	1984,70	7D19
			Bawah	975	960,75	960,75	1134,11	4D19
		Lap.	Atas	547	960,75	960,75	1134,11	4D19
			Bawah	678	960,75	960,75	1417,64	5D19
B3	450 x 700	Tump.	Atas	2109	954	954	2660,93	7D22
			Bawah	1022	954	954	1140,40	3D22
		Lap.	Atas	688	954	954	1140,40	3D22
			Bawah	975	954	954	1520,53	4D22
Ba1	250 x 400	Tump.	Atas	583	285	285	804,25	4D16
			Bawah	295	285	285	402,12	2D16
		Lap.	Atas	186	285	285	402,12	2D16
			Bawah	445	285	285	603,19	3D16
Ba2	250 x 400	Tump.	Atas	388	285	285	603,19	3D16
			Bawah	254	285	285	402,12	2D16
		Lap.	Atas	126	285	285	402,12	2D16
			Bawah	164	285	285	603,19	3D16
Ba3	250 x 400	Tump.	Atas	439	285	285	603,19	3D16
			Bawah	361	285	285	402,12	2D16
		Lap.	Atas	158	285	285	402,12	2D16
			Bawah	185	285	285	603,19	3D16
Ba4	250 x 400	Tump.	Atas	333	285	285	804,25	4D16
			Bawah	218	285	285	402,12	2D16
		Lap.	Atas	108	285	285	402,12	2D16
			Bawah	295	285	285	603,19	3D16
BAT1	300 x 450	Tump.	Atas	1292	390,5	390,5	1701,17	6D19
			Bawah	618	390,5	390,5	850,59	3D19

Tipe	Dimensi (mm)	Daerah	Letak Tulangan	As Perlu SAP2000 (mm ²)	As Hitung (mm ²)	As Min (mm ²)	As Pakai (mm ²)	Tulangan Pasang
BAT2	300 x 450	Lap.	Atas	403	390,5	390,5	567,06	2D19
			Bawah	897	390,5	390,5	1134,11	4D19
		Tump.	Atas	1058	390,5	390,5	1701,17	6D19
			Bawah	509	390,5	390,5	567,06	2D19
BK1	350 X 500	Lap.	Atas	336	390,5	390,5	567,06	2D19
			Bawah	822	390,5	390,5	1134,11	4D19
		Tump.	Atas	445	515,67	515,67	804,25	4D16
			Bawah	220	515,67	515,67	603,19	3D16
BK2	350 X 500	Lap.	Atas	165	515,67	515,67	603,19	3D16
			Bawah	199	515,67	515,67	804,25	4D16
		Tump.	Atas	295	515,67	515,67	804,25	4D16
			Bawah	147	515,67	515,67	603,19	3D16
BSL	400 x 600	Lap.	Atas	73	515,67	515,67	603,19	3D16
			Bawah	212	515,67	515,67	804,25	4D16
		Tump.	Atas	1418	787,33	787,33	1984,70	7D19
			Bawah	801	787,33	787,33	850,59	3D19
BB	200 x 400	Lap.	Atas	147	787,33	787,33	850,59	2D19
			Bawah	718	787,33	787,33	1701,17	6D19
		Tump.	Atas	434	228,00	228,00	603,19	3D16
			Bawah	315	228,00	228,00	402,12	2D16
TB	400 x 600	Lap.	Atas	145	228,00	228,00	402,12	2D16
			Bawah	385	228,00	228,00	603,19	3D16
		Tump.	Atas	748	720,67	720,67	1417,64	5D19
			Bawah	371	720,67	720,67	1134,11	4D19
TB1	400 x 600	Lap.	Atas	185	720,67	720,67	1134,11	4D19
			Bawah	371	720,67	720,67	1417,64	5D19
		Tump.	Atas	492	720,667	720,667	1417,644	5D19
			Bawah	245	720,667	720,667	1134,115	4D19
		Lap.	Atas	122	720,667	720,667	1134,115	4D19
			Bawah	240	720,667	720,667	1417,644	5D19

3.3.2. Perhitungan tulangan pelat

Tulangan pelat ditinjau berdasarkan batasan yang mengacu pada SNI 2847:2019 dengan digunakan rumus As perlu = $\rho \times b \times d$ dan As pakai = $\frac{1}{4} \times n \times \pi \times D^2$. Pada pelat lantai diperhitungkan syarat terhadap momen lentur terfaktor (Mlx, Mly, Mtx, dan Mty) dengan momen nominal hitung $\phi M_n = A_s \text{ pakai} \times f_y \times (d - (a/2))$ dengan kapasitas momen $\phi M_n > M_u$. Hasil daftar tulangan pelat lantai dan atap ditunjukkan dalam Tabel 7.

Tabel 7. Daftar tulangan pelat

Tipe	Tebal (mm)	Daerah	Letak Tulangan	Mu (kNm)	As Perlu SAP2000 (mm ²)	As Pakai (mm ²)	ϕM_u (kNm)	Cek Kapasitas Momen	Tulangan Pasang
P1	120	Arah X	Tumpuan	7,453	316,67	392,70	15,96	OK	D10-200
			Lapangan	3,514	316,67	392,70	15,96	OK	D10-200
		Arah Y	Tumpuan	6,496	283,33	392,70	15,96	OK	D10-200
			Lapangan	3,318	283,33	392,70	15,96	OK	D10-200
P2	120	Arah X	Tumpuan	4,524	250,00	314,16	10,21	OK	D10-200
			Lapangan	2,111	250,00	314,16	10,21	OK	D10-200
		Arah Y	Tumpuan	4,478	216,67	314,16	10,21	OK	D10-200
			Lapangan	2,582	216,67	314,16	10,21	OK	D10-200

3.3.3. Perhitungan tulangan kolom

Ouput SAP2000 untuk perhitungan kolom berupa beban aksial total (Pu), gaya momen, gaya geser, dan As tulangan karena kolom meneruskan beban menuju pondasi (Rumbyarso, 2021). Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.6.1, dimensi kolom harus memenuhi syarat luas penampang $\times f'_c < \text{beban aksial (Pu)}$ dengan dimensi penampang terpendek ≥ 300 mm. Rasio dimensi kolom harus

memenuhi $b/h > 0,4$. Apabila telah memenuhi, perhitungan tulangan digunakan rumusan $A_s \text{ pakai} = \frac{1}{4} \times n \times \pi \times D^2 > A_s \text{ perlu}$ (output SAP2000). Rasio tulangan yang digunakan sesuai SNI 2847:2019 yaitu $1\% < A_s \text{ pakai}/(b \times h) < 6\%$. Daftar tulangan longitudinal kolom ditunjukkan pada Tabel 8.

Tabel 8. Daftar tulangan longitudinal kolom

Tipe	Dimensi (mm)	As Perlu SAP2000 (mm ²)	As Pakai (mm ²)	Syarat As Pakai > As Perlu	Syarat Dimensi Kolom	Tulangan Pakai	Rasio Tulangan
K1	650 x 650	4225	4253	OK	OK	15D19	1,01%
K2	700 x 700	4900	4942	OK	OK	13D22	1,01%
K3	350 x 700	3771	3969	OK	OK	14D19	1,62%

Syarat jarak tulangan geser kolom mengacu pada SNI 2847:2013 pasal 21.6.4 dengan $S_{\min} = 100$ mm, $S_{\max 1} = 1/4h$, $S_{\max 2} = 6D$, $S_{\max 3} = 150$ mm. Luas tulangan pakai $A_v \text{ pakai} > A_v \text{ perlu}$, dengan $A_v \text{ pakai} = \frac{1}{4} \times n \times \pi \times n \text{ kaki}$. Daftar tulangan geser kolom ditunjukkan pada **Error! Reference source not found..**

Tabel 9. Daftar tulangan geser

Tipe	Dimensi (mm)	A_v/S Perlu SAP2000 (mm ² /mm)	Gaya Geser V_u SAP2000 (kN)	Gaya Geser V_n (kN)	A_v Perlu (mm ²)	A_v Pakai (mm ²)	$S_{\min}$ (mm)	$S_{\max}$ (mm)	Cek Kapasitas Geser	Tulangan Pasang
K1	650 x 650	1,311	127,66	271,19	524,57	530,93	100	150	OK	4D13-150
K2	700 x 700	1,359	237,20	385,66	572,79	530,93	100	150	OK	4D13-150
K3	350 x 700	1,329	66,08	165,70	254,57	398,20	100	150	OK	4D13-150

3.3.4. Perhitungan tulangan tangga dan bordes

Perhitungan tangga direncanakan pada pelat miring tangga dan bordes, perhitungan tulangan mengacu pada SNI 2847:2019 tentang pelat datar dengan $A_s \text{ pakai} = \frac{1}{4} \times n \times \pi \times D^2$. Untuk $A_s \text{ pakai} > A_s \text{ perlu}$ (output SAP2000) yang ditunjukkan pada

Tabel 10. Daftar tulangan tangga dan bordes

Tipe	Tebal (mm)	Daerah	Letak Tulangan	μ (kNm)	As Perlu SAP2000 (mm ²)	As Pakai (mm ²)	$\phi\mu$ (kNm)	Cek Kapasitas Momen	Tulangan Pasang
Tangga	120	Melintang	Tumpuan	11,459	320,00	523,60	19,75	OK	D10-150
			Lapangan	5,591	316,67	663,66	24,23	OK	D13-200
		Memanjang	Tumpuan	2,292	320,00	523,60	19,75	OK	D10-150
			Lapangan	0,484	316,67	663,66	24,23	OK	D13-200
Bordes	120	Melintang	Tumpuan	1,274	320,00	523,60	19,75	OK	D10-150
			Lapangan	0,128	316,67	663,66	24,23	OK	D13-200
		Memanjang	Tumpuan	6,639	320,00	523,60	19,75	OK	D10-150
			Lapangan	0,885	316,67	663,66	24,23	OK	D13-200

3.4. Perencanaan struktur bawah

Menurut Yasin (2022), fondasi tiang pancang harus digunakan pada tanah batuan lunak dengan kedalaman tanah yang cukup dalam. Oleh karena itu, digunakan fondasi tiang pancang dengan perhitungan daya dukung pondasi berdasarkan metode Meyerhoff dengan menggunakan hasil data tanah berupa nilai *qon* *us resistance* (q_c) dan *total frictions* (t_f). Dirumuskan daya dukung tiang pondasi (Q) ult = $((q_c \times A)/3) + ((t_f \times K)/5)$ dengan daya dukung netto (Q) netto = $Q_{\text{ult}} - \text{berat 1 tiang (W)}$. Diperoleh nilai efisiensi untuk perhitungan Q izin > beban aksial yang bekerja pada fondasi (P_u). Daftar jumlah tiang dan nilai efisiensi tiang pancang ditunjukkan dalam

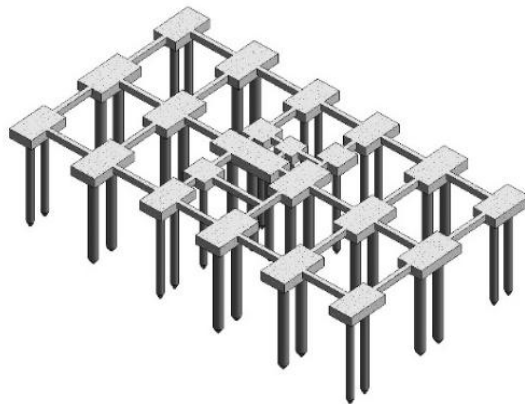
Tabel 11. Daftar tiang dan efisiensi kelompok tiang

Tipe	Gaya Aksial P_u SAP2000 (kN)	Diamete r Tiang (cm)	Daya Dukung Netto Tiang (kN)	Jumlah Tiang Perlu	Jumlah Tiang Pakai	Effisiensi (%)	Daya Dukung Izin Kelompok (kN)	Cek Daya Dukung Q izin $\geq P_u$
PC2	3670,18	60	2390,66	1,535	2	99,44%	4754,75	OK
PC1	4244,33	80	4207,83	1,009	2	99,44%	8368,91	OK
PC2	3573,72	60	2390,66	1,495	2	99,44%	4754,75	OK

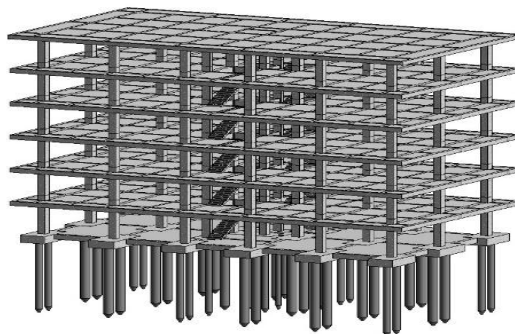
Tipe	Gaya Aksial Pu SAP2000 (kN)	Diamete r Tiang (cm)	Daya Dukung Netto Tiang (kN)	Jumlah Tiang Perlu	Jumlah Tiang Pakai	Effisiensi (%)	Daya Dukung Izin Kelompok (kN)	Cek Daya Dukung Q izin ≥ Pu
PC2	3759,23	60	2390,66	1,572	2	99,44%	4754,75	OK
PC1	4254,51	80	4207,83	1,011	2	99,44%	8368,91	OK
PC2	3683,39	60	2390,66	1,541	2	99,44%	4754,75	OK
PC3	1677,68	60	2390,66	0,702	1	100%	2390,66	OK
PC4	1204,23	45	1362,56	0,884	1	100%	1362,56	OK
PC3	2221,89	60	2390,66	0,929	1	100%	2390,66	OK
PC1	4650,09	80	4207,83	1,105	2	99,44%	8368,91	OK
PC1	5153,26	80	4207,83	1,225	2	99,44%	8368,91	OK
PC1	4244,72	80	4207,83	1,009	2	99,44%	8368,91	OK
PC3	2107,75	60	2390,66	0,882	1	100%	2390,66	OK
PC2	3220,32	60	2390,66	1,347	2	99%	4754,75	OK
PC1	5106,99	80	4207,83	1,214	2	99,44%	8368,91	OK
PC1	4689,02	80	4207,83	1,114	2	99,44%	8368,91	OK
PC3	1895,17	60	2390,66	0,793	1	100%	2390,66	OK
PC2	3677,83	60	2390,66	1,538	2	99,44%	4754,75	OK
PC1	4289,57	80	4207,83	1,019	2	99,44%	8368,91	OK
PC1	4275,30	80	4207,83	1,016	2	99,44%	8368,91	OK
PC2	3723,53	60	2390,66	1,558	2	99,44%	4754,75	OK
PC1	4237,79	80	4207,83	1,007	2	99,44%	8368,91	OK
PC2	3694,54	60	2390,66	1,545	2	99,44%	4754,75	OK
PC2	3670,18	60	2390,66	1,535	2	99,44%	4754,75	OK

3.5. Pemodelan 3D

Pemodelan 3D pada perencanaan ulang Gedung Dekanat Fakultas Pertanian dan Peternakan Universitas Diponegoro menggunakan *Autodesk Revit* menggunakan dimensi struktur hasil analisis yang sudah memenuhi. Pemodelan struktur bawah ditunjukkan pada Gambar 6 sedangkan pemodelan 3D struktur atas ditunjukkan pada Gambar 6 dan Gambar 7.

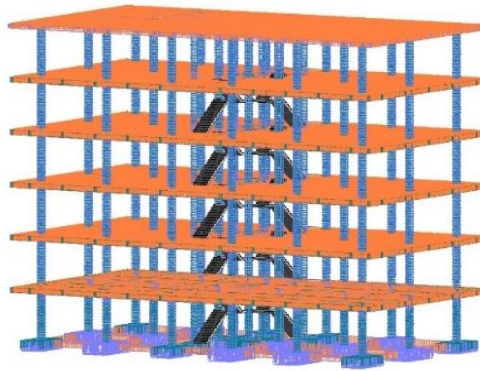


Gambar 6. Pemodelan 3D Struktur Bawah



Gambar 7. Pemodelan 3D struktur atas gedung dekanat FPP

Tulangan revit didesain sesuai dengan perhitungan tulangan struktur. Tulangan disusun dari struktur atas kemudian dilanjutkan untuk struktur bawah. Desain tulangan Gedung Dekanat FPP sebagai pada Gambar 8.



Gambar 8. Pemodelan tulangan

3.6. Rencana anggaran biaya

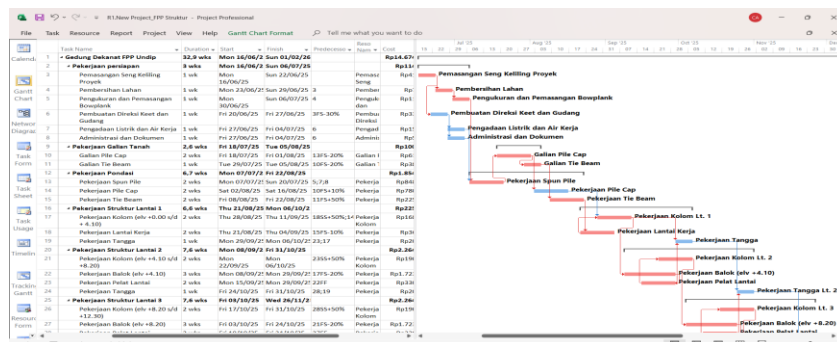
Berdasarkan hasil analisis *quantity take off Revit Structures*, dilakukan perhitungan volume untuk selanjutnya diperhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB) dengan hasil seperti yang ditunjukkan pada Tabel 12.

Tabel 12. Daftar rencana anggaran biaya

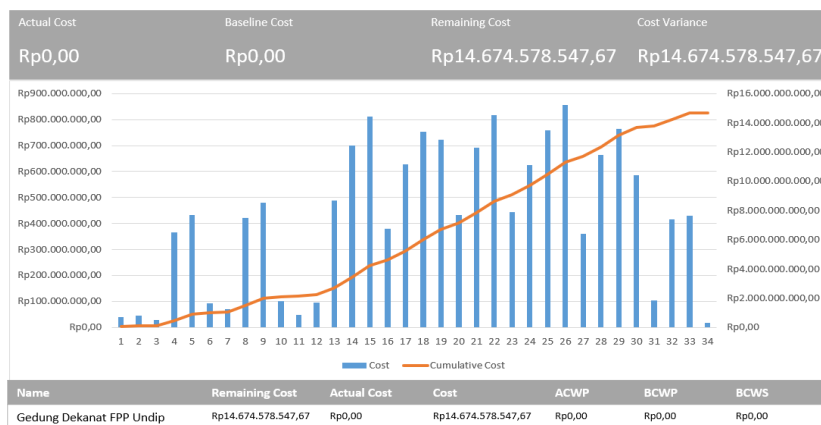
No.	Uraian Pekerjaan	Rekap Biaya (Rp)
1	Pekerjaan Persiapan	114.341.165,80
2	Pekerjaan Tanah	948.783.945,27
3	Pekerjaan Struktur Bawah	1.006.164.916,09
4	Pekerjaan Struktur Atas	12.605.288.520,51
Jumlah Biaya		14.674.578.547,67
PPN 12%		1.760.949.425,72
Total Biaya		16.435.527.973,39
Dibulatkan		16.435.527.000,00
Terbilang: Enam Belas Miliar Empat Ratus Tiga Puluh Lima Juta Lima Ratus Dua Puluh Tujuh Ribu Rupiah		

3.7. Penjadwalan proyek

Hasil rencana *time schedule* pembangunan Gedung Dekanat Fakultas Pertanian dan Peternakan Undip diperoleh hasil lama pembangunan sebanyak 32,9 minggu yang dimulai pada 16 Juni 2025 dan selesai pada 1 Februari 2026. Estimasi waktu pekerjaan dilaksanakan selama 7 hari dalam seminggu dengan total jam kerja per hari pukul 08.00–12.00, 13.00–17.00, 18.00–21.00 WIB. Adapun penjadwalan proyek Gedung Dekanat Fakultas Pertanian dan Peternakan Undip ditunjukkan pada Gambar 9 dan Gambar 10.



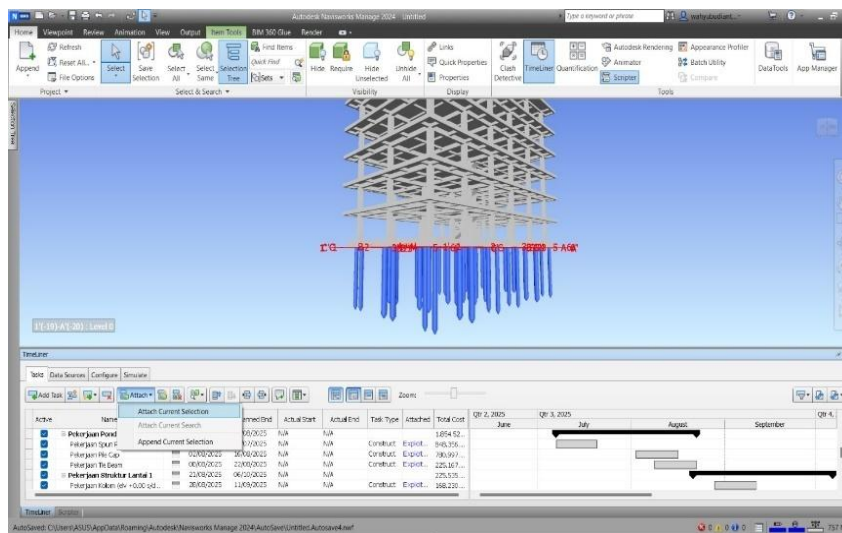
Gambar 9. Penjadwalan proyek



Gambar 10. Kurva S rencana proyek

3.8. Integrasi BIM 5D

Proses integrasi dilakukan menggunakan *software Autodesk Navisworks*. Proses integrasi BIM 5D dilakukan dengan menggabungkan hasil pemodelan 3D, Rencana Anggaran Biaya (RAB), dan hasil penjadwalan untuk dibuat sebuah simulasi pekerjaan proyek. Adapun hasil integrasi menggunakan *Navisworks* ditunjukkan pada Gambar 11



Gambar 11. Proses integrasi penjadwalan dan RAB proyek

4. Kesimpulan

Terdapat beberapa kesimpulan yang dapat diambil dalam perencanaan ulang Gedung Dekanat Fakultas Pertanian dan Peternakan Undip sebagai berikut:

- Perencanaan dimensi pada *preliminary design* Gedung Dekanat Fakultas Pertanian dan Peternakan Universitas Diponegoro sebanyak 6 lantai dinyatakan memenuhi terhadap kekuatan struktur pada analisis menggunakan SAP2000.
- Sesuai dengan hasil perhitungan beban gempa, wilayah Gedung Dekanat Fakultas Pertanian dan Peternakan Universitas Diponegoro termasuk dalam wilayah IV dengan kategori desain seismik D. Sehingga wilayah ini termasuk dalam wilayah dengan resiko kegempaan tinggi. Oleh karena itu, direncanakan pembangunan menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).
- Berdasarkan hasil *quantity take off*, diperoleh perhitungan volume dan Rencana Anggaran Biaya (RAB) proyek sebesar Rp 16.435.527.000,-.
- Diperoleh hasil penjadwalan proyek Gedung Dekanat Fakultas Pertanian dan Peternakan Undip yang direncanakan selama 32,9 minggu dengan jumlah jam kerja selama 11 jam per hari.

Referensi

- Badan Standardisasi Nasional. (2019). SNI 1726:2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk struktur Afnaldi, Ade., Masril., Dewi, & Selpa. (2022). Perencanaan Struktur Atas Pembangunan Kantor Camat Kecamatan Kinali Pasaman Barat Provinsi Sumatera Barat. *Jurnal Ensiklopediaku*, 1(2), (2022)
- Badan Pusat Statistik. (2023). Jumlah Penduduk Pertengahan Tahun (Ribuan Jiwa) 2021-2023. Diambil dari Badan Pusat Statistik: <https://www.bps.go.id/indicator/12/1975/1/jumlah-penduduk-pertengahan-tahun.html>
- Badan Standardisasi Nasional. (2013). Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung (SNI 2847:2013). Standar Nasional Indonesia
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan (SNI 2847:2019). Standar Nasional Indonesia
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726:2019). Standar Nasional Indonesia
- Badan Standardisasi Nasional. (2020). Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait Untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727:2020). Standar Nasional Indonesia
- Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR). (2018). Pelatihan Perencanaan Konstruksi Dengan Sistem Teknologi Building Information Modeling (BIM). https://simantu.pu.go.id/epel/edok/29a17_MODUL_3-PRINSIP_DASAR_SISTEM_TEKNOLOGI_BIM.pdf
- PPIUG. (1983). Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung
- Pratama, Ahmad Fawzi & Dr. Ir. Budi Witjaksana, S.t., M.t., Nipu, ASEAN Eng. (2022). Implementasi Autodesk Revit Untuk Quantity Take Off Pada Pekerjaan Struktur Jembatan. *Jurnal Kacapuri Keilmuan Teknik Sipil*, 5(1), (2022)
- Prayoga, Dedek. (2021). Evaluasi Perencanaan Struktur Atas Hotel Grand Central Premier Medan. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 10(1), (2021). <https://jurnal.darmaagung.ac.id/index.php/tekniksipil/article/view/2208/1958>
- Rachmawati, Septiana. (2022). Implementasi Konsep BIM 4D Dalam Perencanaan Time Schedule Dengan Analisis Resources Levelling. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia
- Rambe, A. R. (2022). Desain Struktur Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) di Wilayah Gempa. Medan: Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
- Rumbyarso, Yonas Prima Arga. (2021). Perencanaan Struktur Bangunan Atas (Upper Structure) Gedung STIE Bank BPD Jateng Kota Semarang. *Jurnal Teknokris*, 24(1), (2021)
- Sari, Citra A. P., Taufiq, Pramono, & Khamid. (2024). Analisis Perhitungan Struktur Kolom dengan Menggunakan Program SAP2000 (Studi Kasus Pondok Pesantren Assalafiyah 05 Kligangsa Kulon Kabupaten Brebes. *Jurnal Ilmiah, Teknik, dan Sistem Informasi*, 2(3), (2024)
- Silitonga, Rinaldi A. P., Simatupang, & Messah. (2023). Studi Pengaruh Tangga pada Pemodelan Struktur Bangunan Tak Beraturan Akibat Beban Gempa. *Jurnal Teknik Sipil*, 12(1), (2023). <https://www.sipil.ejournal.web.id/index.php/jts/article/view/548/387>
- Yasin, Mochammad. (2022). Analisis Kuat Dukung dan Penurunan Pondasi Tiang Pancang ini pada Gedung Rawat Jalan Poliklinik Terpadu di Kecamatan Pangkalan Kerinci. Tugas Akhir, Universitas Islam Riau: Riau: Tugas Akhir tidak diterbitkan

Penerapan strategi desain pasif sebagai optimalisasi pencahayaan alami dalam kenyamanan visual bangunan

Sintikhe Grace Sirait^{a*}, Bintang Natalina^a, Chely Novia Bramiana^a, Mohammad Sahid Indraswara^b

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

^b Departemen Arsitektur, Universitas Diponegoro, Indonesia

ARTICLE INFO

Corresponding author:

Email:

sintikhegs@gmail.com

Article history:

Received : 04 June 2025

Accepted : 26 June 2025

Publish : 30 June 2025

Keywords:

Educational building, lighting visual comfort, revit lighting analysis

ABSTRACT

The Education Building is one of the public spaces that must pay attention to the need for visual comfort needed by students to study productively. The author researched to evaluate visual comfort in the Dean's Building, Faculty of Public Health, Diponegoro University. The method used in this study is a quantitative approach which is carried out by conducting simulations using Revit Lighting Analysis software as data collection to determine the performance of the building. The resulting data was in the form of a diagram of the lighting level in the building. The data from the study explained that the dean's building of the Faculty of Public Health has not met the lighting standards, the building tends to receive excessive sunlight on the west and east sides but the lighting does not stretch on the building, so that some sides of the building lack lighting which the author can conclude that the intensity of space lighting is influenced by the natural lighting obtained from the opening of each room. The design of sun shaders and sun filters in the form of secondary skin is an effort to minimize excess light that enters and expands openings on the sides of buildings that do not receive sunlight. After the redesign, the lighting intensity on the west and east parts began to decrease and was close to the lighting standard. This study explains that the provision of sun shaders and sun filters in the form of secondary skin can optimize natural lighting in a building.

Copyright © 2025 PILARS-UNDIP

1. Pendahuluan

Sekarang ini, konsep arsitektur hijau semakin dikedepankan untuk menjaga efisiensi energi dalam pembangunan suatu bangunan. Salah satu faktor pemicu yaitu permasalahan yang ditimbulkan emisi karbon yang besar pada pembangunan. *International Energy Agency* (IEA) memaparkan bahwasanya kegiatan pembangunan memberikan dampak lebih dari sepertiga penggunaan energi dan seperempat dari emisi gas rumah. Hal yang perlu dilakukan untuk mengatasi permasalahan ini adalah dengan mengurangi penggunaan energi dan memakai sumber daya alami. Selain berdampak pada penghematan energi, pencahayaan alami merupakan salah satu aspek penting yang berpengaruh terhadap kenyamanan visual dan produktivitas penghuni.

Arsitektur Hijau adalah konsep desain bangunan yang bertujuan untuk mempertahankan kualitas lingkungan di sekitar bangunan tersebut dengan berusaha menggunakan energi seminimal mungkin dan menghindari kerusakan lingkungan (Sailendra & Lahji, 2021). *World Green Building Council* menyatakan arsitektur hijau dapat diartikan sebagai strategi perencanaan yang melindungi dan meningkatkan kesejahteraan individu dan lingkungan bersamaan dengan menurunkan emisi gas rumah kaca untuk mengatasi krisis iklim.

Di Indonesia, penerapan konsep arsitektur hijau mulai mendapatkan perhatian terutama pada

sektor pendidikan. Gedung-gedung kampus memiliki potensi besar untuk dioptimalkan dalam hal efisiensi energi, khususnya pada aspek pencahayaan alami. Salah satu institusi pendidikan yaitu Universitas Diponegoro memiliki tantangan terkait efisiensi energi yaitu pada Gedung Dekanat Fakultas Kesehatan Masyarakat. Tantangan efisiensi energi tersebut ditemukan pada aspek pencahayaan alami. Desain yang kurang optimal menyebabkan ketergantungan tinggi terhadap sumber daya listrik.

Permasalahan diatas dapat menjadi alasan untuk melakukan upaya redesain terhadap Gedung Dekanat Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Diponegoro dengan menerapkan strategi desain pasif pada optimalisasi pencahayaan alami yang diharapkan dapat meningkatkan kenyamanan visual dan kualitas ruang secara fungsional tetapi juga mengutamakan efisiensi energi dalam lingkungan kampus.

2. Data dan metode

2.1. Metode penelitian

Penelitian dilaksanakan pada Gedung Dekanat Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Diponegoro Gambar 1 Proses perancangan penelitian dilakukan melalui analisis terhadap kondisi pencahayaan alami yang terdapat pada seluruh ruang pada bangunan.

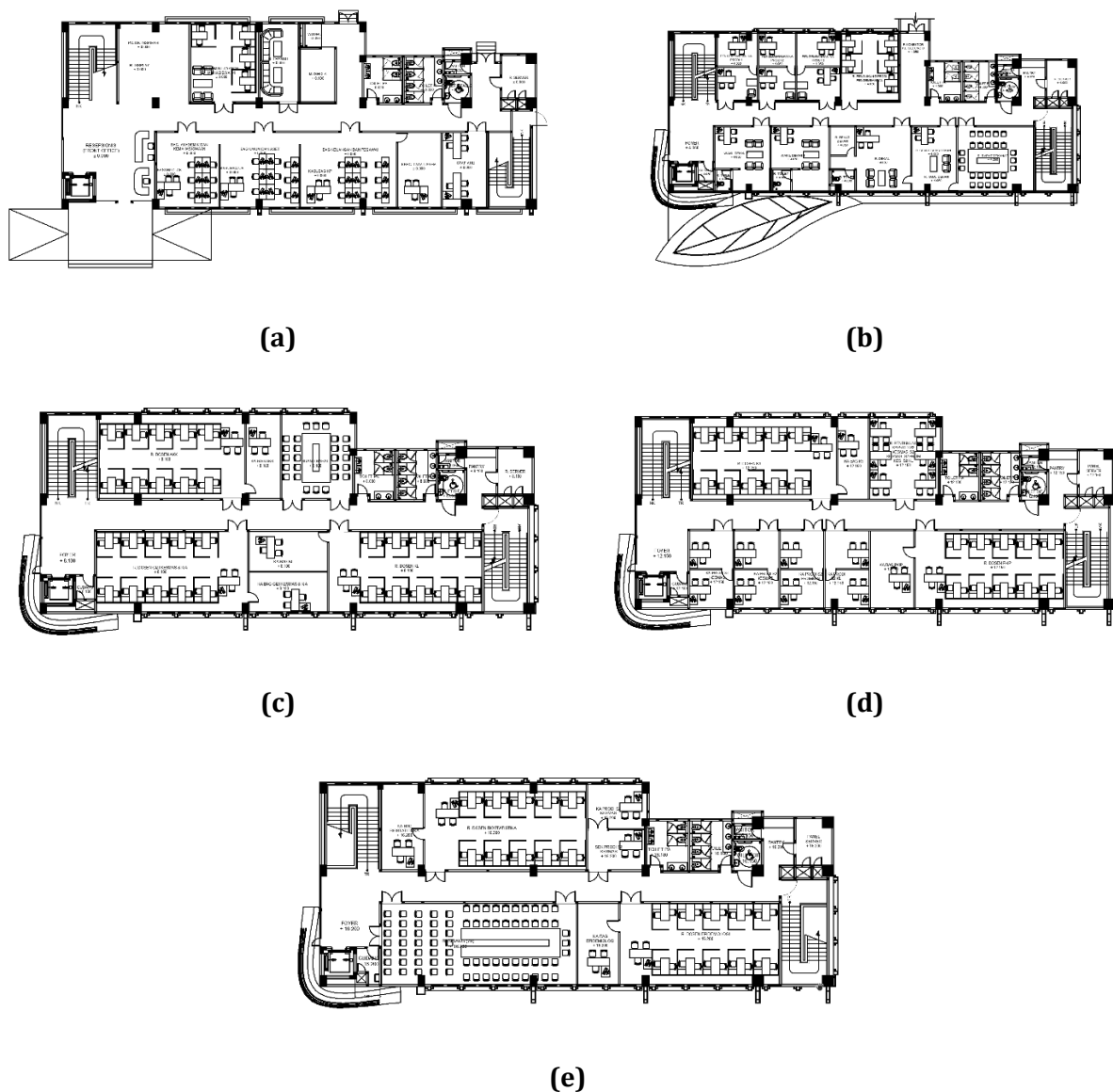


Gambar 1. Dekanat fakultas Kesehatan Masyarakat Undip

Pengumpulan data terkait pencahayaan alami dilakukan dengan simulasi menggunakan fitur Lighting Analysis yang tersedia pada Software Revit, sehingga dapat memungkinkan visualisasi dan pengukuran tingkat pencahayaan alami. Hasil simulasi yang didapat akan menjadi dasar dalam mengevaluasi terkait kesesuaian pencahayaan alami serta strategi desain yang lebih optimal.

3. Hasil dan pembahasan

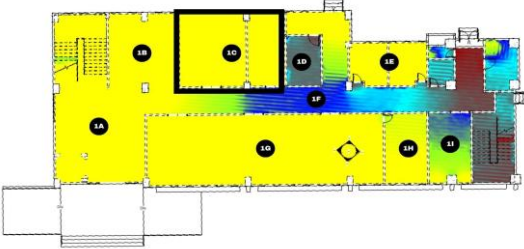
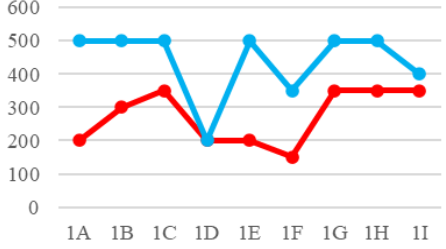
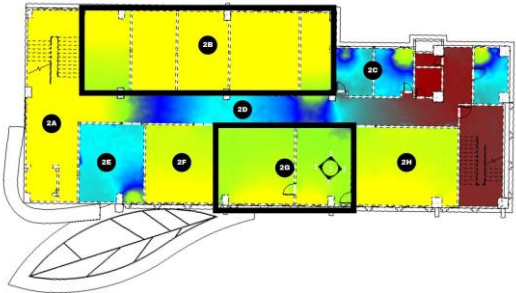
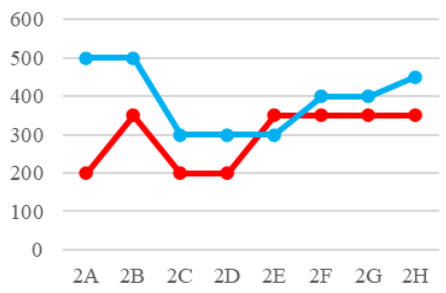
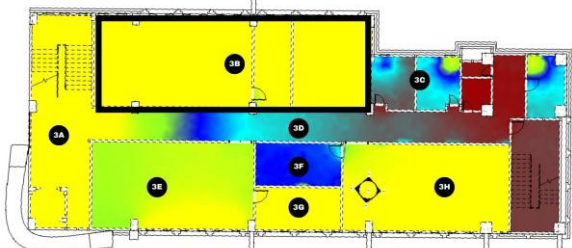
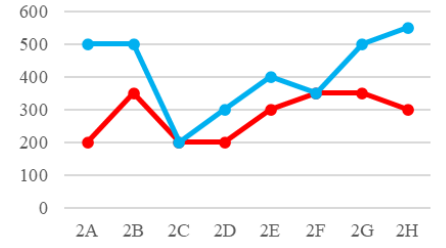
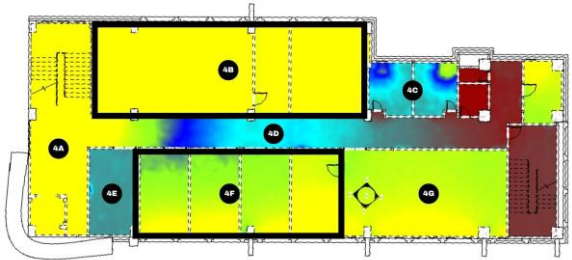
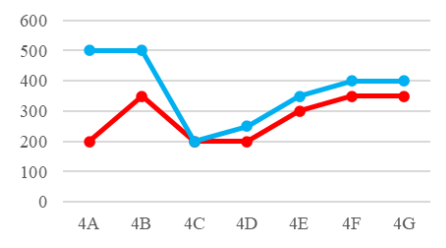
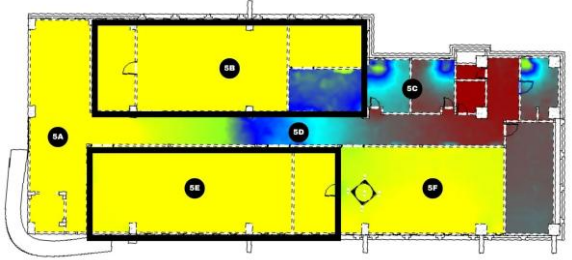
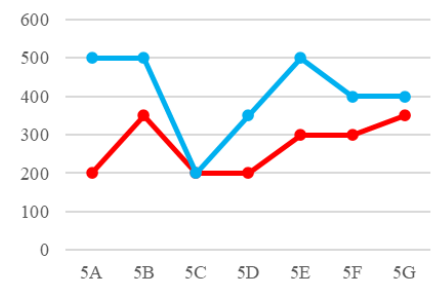
Gedung Dekanat Fakultas Kesehatan Masyarakat memiliki luas bangunan 504 m² dengan orientasi bangunan menghadap ke arah barat. Gedung ini merupakan gedung kantor akademik dan administrasi untuk melayani mahasiswa dengan lima lantai yang sebagian besar digunakan sebagai ruang kerja dosen dan tenaga kependidikan. Terdapat satu ruang kelas pada lantai lima, sehingga gedung ini bukan hanya difungsikan untuk dosen, namun juga dapat dimanfaatkan oleh mahasiswa yang ditunjukkan pada Gambar 2.



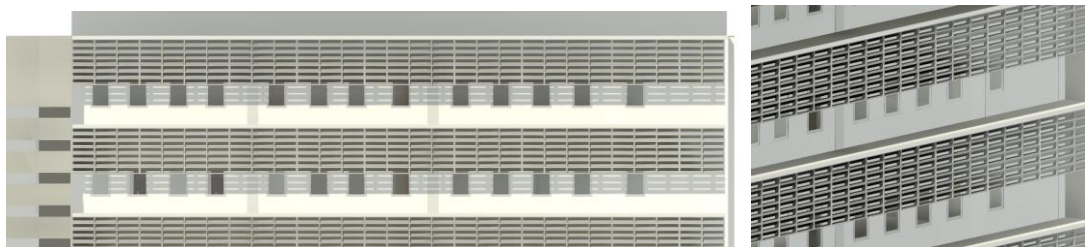
Gambar 2. Denah Gedung Dekanat Fakultas Kesehatan Masyarakat
(a) lantai 1 (b) lantai 2 (c) lantai 3 (d) lantai 4 (e) lantai 5

Pada simulasi eksisting bangunan gedung Dekanat Fakultas Kesehatan Masyarakat menganalisis pencahayaan pada bangunan. Simulasi eksisting yang dilakukan pada bangunan dilakukan dengan menganalisis bangunan dengan kondisi langit cerah, endela yang dibuka, dan alat mekanik yang tidak digunakan Tabel 1.

Tabel 1. Hasil simulasi eksisting menggunakan Revit Lighting Analysisis

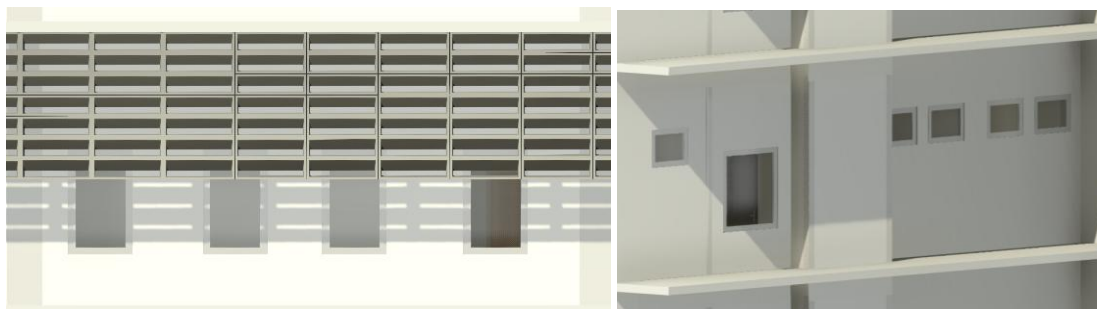
Lantai	Hasil Simulasi	Keterangan																														
Lantai 1		 <table border="1"><thead><tr><th>Point</th><th>Blue Line</th><th>Red Line</th></tr></thead><tbody><tr><td>1A</td><td>500</td><td>200</td></tr><tr><td>1B</td><td>500</td><td>300</td></tr><tr><td>1C</td><td>500</td><td>350</td></tr><tr><td>1D</td><td>200</td><td>200</td></tr><tr><td>1E</td><td>500</td><td>200</td></tr><tr><td>1F</td><td>350</td><td>150</td></tr><tr><td>1G</td><td>500</td><td>350</td></tr><tr><td>1H</td><td>500</td><td>350</td></tr><tr><td>1I</td><td>400</td><td>350</td></tr></tbody></table>	Point	Blue Line	Red Line	1A	500	200	1B	500	300	1C	500	350	1D	200	200	1E	500	200	1F	350	150	1G	500	350	1H	500	350	1I	400	350
Point	Blue Line	Red Line																														
1A	500	200																														
1B	500	300																														
1C	500	350																														
1D	200	200																														
1E	500	200																														
1F	350	150																														
1G	500	350																														
1H	500	350																														
1I	400	350																														
Lantai 2		 <table border="1"><thead><tr><th>Point</th><th>Blue Line</th><th>Red Line</th></tr></thead><tbody><tr><td>2A</td><td>500</td><td>200</td></tr><tr><td>2B</td><td>500</td><td>350</td></tr><tr><td>2C</td><td>300</td><td>200</td></tr><tr><td>2D</td><td>300</td><td>200</td></tr><tr><td>2E</td><td>300</td><td>350</td></tr><tr><td>2F</td><td>400</td><td>350</td></tr><tr><td>2G</td><td>400</td><td>350</td></tr><tr><td>2H</td><td>450</td><td>350</td></tr></tbody></table>	Point	Blue Line	Red Line	2A	500	200	2B	500	350	2C	300	200	2D	300	200	2E	300	350	2F	400	350	2G	400	350	2H	450	350			
Point	Blue Line	Red Line																														
2A	500	200																														
2B	500	350																														
2C	300	200																														
2D	300	200																														
2E	300	350																														
2F	400	350																														
2G	400	350																														
2H	450	350																														
Lantai 3		 <table border="1"><thead><tr><th>Point</th><th>Blue Line</th><th>Red Line</th></tr></thead><tbody><tr><td>2A</td><td>500</td><td>200</td></tr><tr><td>2B</td><td>500</td><td>350</td></tr><tr><td>2C</td><td>200</td><td>200</td></tr><tr><td>2D</td><td>300</td><td>200</td></tr><tr><td>2E</td><td>400</td><td>300</td></tr><tr><td>2F</td><td>350</td><td>350</td></tr><tr><td>2G</td><td>500</td><td>350</td></tr><tr><td>2H</td><td>550</td><td>300</td></tr></tbody></table>	Point	Blue Line	Red Line	2A	500	200	2B	500	350	2C	200	200	2D	300	200	2E	400	300	2F	350	350	2G	500	350	2H	550	300			
Point	Blue Line	Red Line																														
2A	500	200																														
2B	500	350																														
2C	200	200																														
2D	300	200																														
2E	400	300																														
2F	350	350																														
2G	500	350																														
2H	550	300																														
Lantai 4		 <table border="1"><thead><tr><th>Point</th><th>Blue Line</th><th>Red Line</th></tr></thead><tbody><tr><td>4A</td><td>500</td><td>200</td></tr><tr><td>4B</td><td>500</td><td>350</td></tr><tr><td>4C</td><td>200</td><td>200</td></tr><tr><td>4D</td><td>250</td><td>200</td></tr><tr><td>4E</td><td>350</td><td>300</td></tr><tr><td>4F</td><td>400</td><td>350</td></tr><tr><td>4G</td><td>400</td><td>350</td></tr></tbody></table>	Point	Blue Line	Red Line	4A	500	200	4B	500	350	4C	200	200	4D	250	200	4E	350	300	4F	400	350	4G	400	350						
Point	Blue Line	Red Line																														
4A	500	200																														
4B	500	350																														
4C	200	200																														
4D	250	200																														
4E	350	300																														
4F	400	350																														
4G	400	350																														
Lantai 5		 <table border="1"><thead><tr><th>Point</th><th>Blue Line</th><th>Red Line</th></tr></thead><tbody><tr><td>5A</td><td>500</td><td>200</td></tr><tr><td>5B</td><td>500</td><td>350</td></tr><tr><td>5C</td><td>200</td><td>200</td></tr><tr><td>5D</td><td>350</td><td>200</td></tr><tr><td>5E</td><td>500</td><td>300</td></tr><tr><td>5F</td><td>400</td><td>300</td></tr><tr><td>5G</td><td>400</td><td>350</td></tr></tbody></table>	Point	Blue Line	Red Line	5A	500	200	5B	500	350	5C	200	200	5D	350	200	5E	500	300	5F	400	300	5G	400	350						
Point	Blue Line	Red Line																														
5A	500	200																														
5B	500	350																														
5C	200	200																														
5D	350	200																														
5E	500	300																														
5F	400	300																														
5G	400	350																														

Menurut data simulasi eksisting bangunan dekanat Fakultas Kesehatan Masyarakat menunjukkan pencahayaan pada bangunan yang kurang merata dan memiliki intensitas pencahayaan yang cukup tinggi serta belum memenuhi standar. Pada grafik garis warna biru menunjukkan intensitas cahaya yang masih jauh dari garis warna merah yang menunjukkan batas standar (**Lihat tabel 2**). Dalam merespon data simulasi eksisting, gedung dekanat Fakultas Kesehatan Masyarakat memerlukan *sunshade* dan *sun filter* pada bangunan berupa *secondary skin*. *Secondary skin* pada gedung ini dapat meminimalkan intensitas cahaya yang masuk pada bangunan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Redesain *Secondary skin* Gedung Dekanat Fakultas Kesehatan Masyarakat

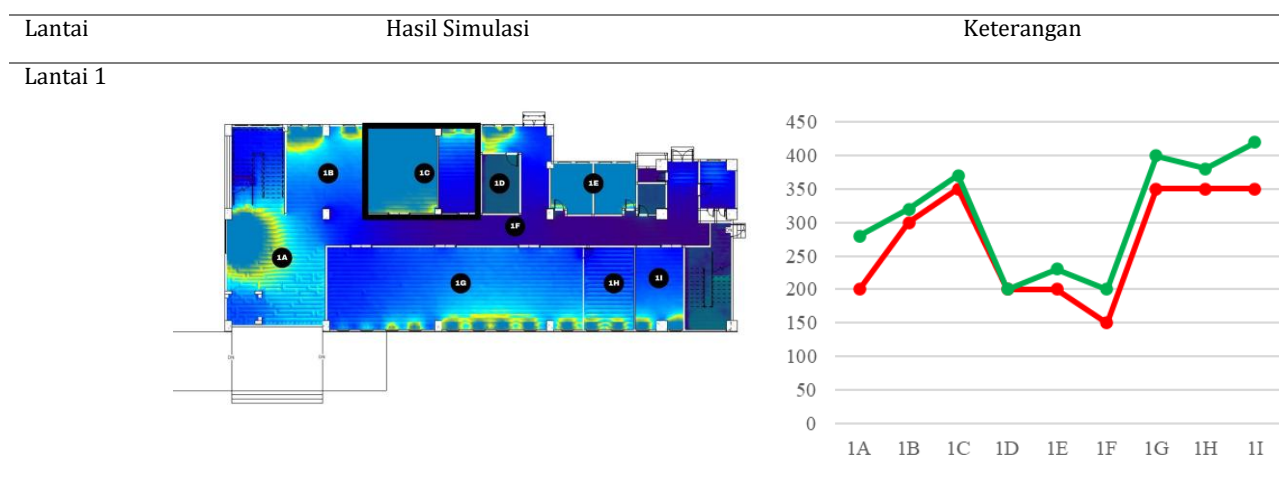
Selain menggunakan *secondary skin* sebagai upaya mengoptimalkan pencahayaan alami pada bangunan, merubah dimensi bukaan juga merupakan upaya dalam meratakan pencahayaan pada bangunan seperti yang ditunjukkan pada



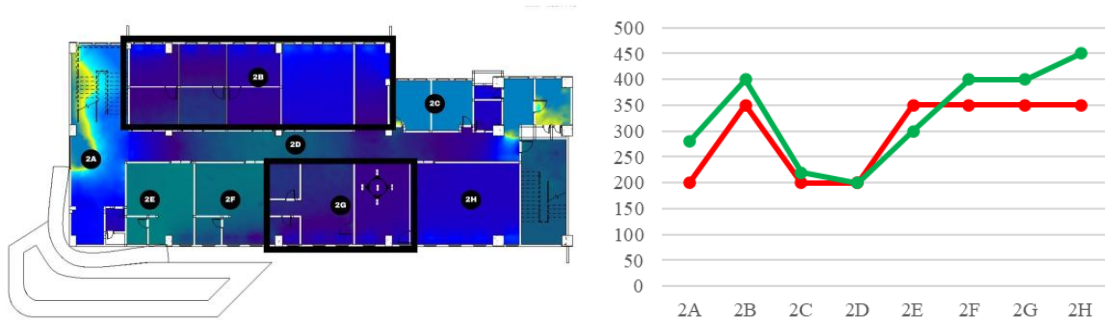
Gambar 4. Redesain *Secondary skin* Gedung Dekanat Fakultas Kesehatan Masyarakat

Berdasar hasil redesain bangunan dengan penambahan *sun shade* dan *sun filter* berupa *secondary skin* dan merubah dimensi bukaan pada bangunan, intensitas cahaya yang diperoleh mendekati batas standar kenyamanan visual dengan data hasil simulasi menggunakan *Revit Lighting Analysis* seperti yang disajikan pada

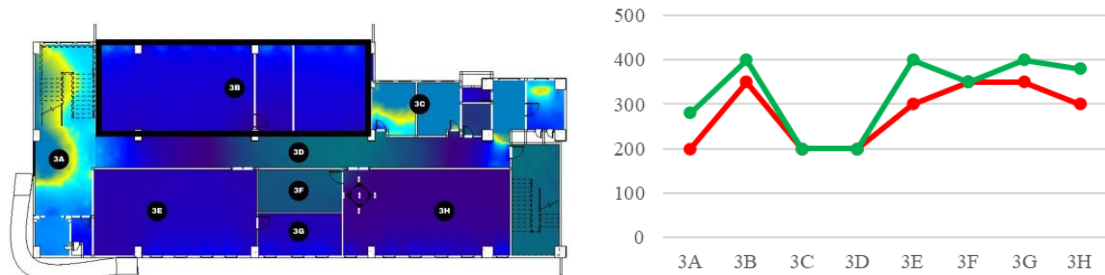
Tabel 2. Hasil simulasi redesain gedung dekanat fkm menggunakan *revit lighting analysis*



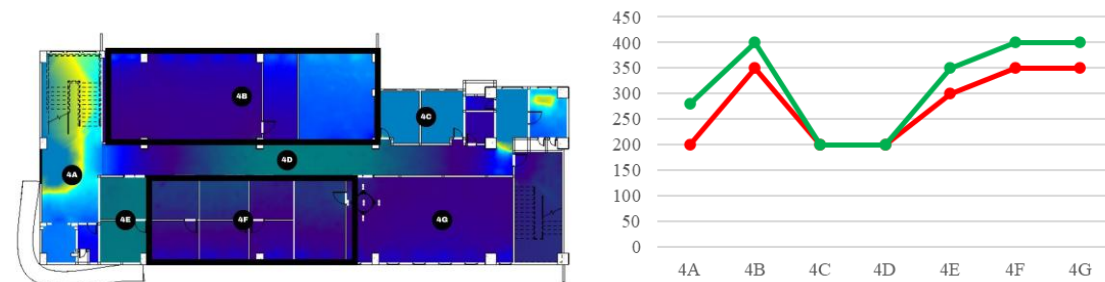
Lantai 2



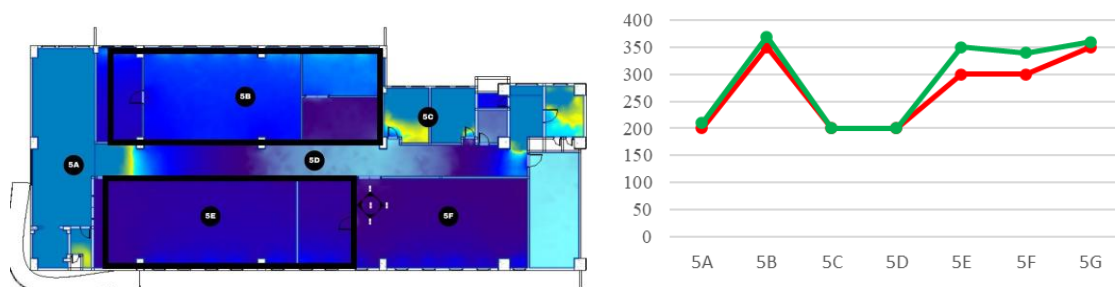
Lantai 3



Lantai 4



Lantai 5



Pada **Tabel 2** menunjukkan penurunan intensitas pencahayaan dari redesain Gedung dekanat Fakultas Kesehatan Masyarakat dimana ruangan pada bangunan hampir mencapai batas standar pencahayaan.

4. Kesimpulan

Gedung Dekanat Fakultas Kesehatan Masyarakat yang memiliki luas 504 m² dengan orientasi bangunan menghadap ke arah barat memiliki kondisi bangunan eksisting yang cenderung menerima cahaya matahari berlebih dan belum memenuhi standar pencahayaan, Penyebaran cahaya yang kurang merata pada bangunan yang mengganggu kenyamanan pengguna bangunan. Solusi yang diberikan penulis dalam menyelesaikan permasalahan tersebut adalah dengan memberi penambahan

sunshade dan sun filter berupa secondary skin dan mengubah dimensi bukaan pada bangunan. Hasil dari simulasi redesain menggunakan Revit Lighting Analysis menunjukkan bahwa strategi desain yang direncanakan dapat menurunkan intensitas cahaya pada bangunan dan mendekati batas standar pencahayaan. Dengan demikian, penerapan strategi desain pasif berupa *secondary skin* dapat mengapitalisasikan pencahayaan pada bangunan yang dapat memberi kenyamanan pada pengguna bangunan.

Referensi

- Avesta, R., Putri, A., & Hanifah, R. (2017). Strategi Desain Bukaan terhadap Pencahayaan Alami untuk Menunjang Konsep Bangunan Hemat Energi pada Rusunawa Jatinegara Barat. *Jurnal Rekayasa Hijau*, 2.
- Baharessa, V., Winandari, M., & Tundono, S. (2023). PENERAPAN STRATEGI DESAIN PASIF DI BANGUNAN PUSAT KREATIF. *PAWON: Jurnal Arsitektur*, 7.
- Bashir, F. M., Dodo, Y. A., Mohamed, M. A. said, Norwawi, N. M., Shannan, N. M., & Afghan, A. A. (2024). Effects of natural light on improving the lighting and energy efficiency of buildings: toward low energy consumption and CO2 emission. *International Journal of Low-Carbon Technologies*, 19, 296–305. <https://doi.org/10.1093/ijlct/ctad130>
- Dwi Harda, I., & Kridarso, E. R. (2022). Konsep Arsitektur Berkelanjutan Pada Gedung Menara Lemhannas RI Di Jakarta Pusat. *Prosiding Seminar Intelektual Muda*, 3 (2), 140–147. <https://e-journal.trisakti.ac.id/index.php/sim/article/view/14595>
- Marzuki, Z., & Purwanto, L. (2024). Peningkatan Efisiensi Energi Bangunan Melalui Modifikasi Fasad Menggunakan Software Ecotect Gedung Fakultas Teknik Universitas Krisnadwipayana: Sebuah Pendekatan Eksperimental. *Jurnal Arsitekta*, Volume 6.
- Nugraha, B., Mulyadi, R., & Ishak, R. (2023). Apartemen Hijau dengan Pendekatan Energi Pasif di Kota Makassar. *Temu Ilmiah Ikatan Peneliti Lingkungan Binaan Indonesia*.
- Permadi, H., Wicaksono, M. R., Sujatini, S., & Dewi, E. P. (2024). Implementasi Konsep Arsitektur Pasif Pada Bangunan di Negara Tropis Dalam Rangka Mengendalikan Kerusakan Lingkungan. <https://doi.org/10.37817/jurnalmenara.v12i3>
- Sailendra, K. N., & Lahji, K. (n.d.). Kajian Prinsip Arsitektur Hijau pada Bangunan Perkantoran United Tractors Head Office dan Gedung BI Solo. <https://doi.org/https://doi.org/10.25105/psia.v2i2.10319>
- Samosir, H. (2020). ANALISIS KENYAMANAN VISUAL PADA GEDUNG OLAHRAGA (Studi Kasus: GOR PT. Arun Lhokseumawe). Universitas Malikussaleh.

Perencanaan ulang struktur gedung *technopole* Politeknik Manufaktur Bandung dengan sistem rangka pemikul momen khusus menggunakan konsep BIM 5D

Nurhafiza Seftina ^{a*}, Romero Rilo Paksi Danurwinda ^a, Bambang Setiabudi ^a, Asri Nurdiana ^a

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

ARTICLE INFO

Corresponding author:

Email:

hafiza2609h@gmail.com

Article history:

Received : 14 June 2025

Accepted : 26 June 2025

Publish : 30 June 2025

Keywords:

Autodesk Revit, budget planning ,
building redesign, building information
modeling, SRPMK

ABSTRACT

The first step before carrying out a construction project is the planning of the development. To ensure the process results in a building that meets the criteria and is livable, a high level of accuracy is required. Structural design standards are necessary to ensure the safety of building occupants. This final project focuses on BIM-based planning with real-time 3D modeling for a high level of collaboration, efficiency, reducing errors, better decision-making based on data, and the application of SRPMK (Special Moment Frame System) based on seismic area mapping. This final project will present the design results of the SRPMK building structure, which take into account a high level of safety and resilience against earthquake risks. The redesign of the Technopole Polman Majalengka building uses BIM supporting software, namely Autodesk Revit 2025 and Navisworks. This planning method is based on literature studies related to 5D BIM analysis according to applicable regulations. The results obtained indicate that the planned structure meets the requirements and is safe. This planning is scheduled for 21 weeks with a total budget value of IDR 25.008.044.000, including an 12% VAT. The planning can be well integrated into the 5D BIM modeling involving 3D structure, costs, and scheduling, resulting in a more accurate analysis related to costs and time in construction.

Copyright © 2025 PILARS-UNDIP

1. Pendahuluan

Langkah pertama sebelum melaksanakan proyek konstruksi adalah perencanaan pembangunan. Agar proses menghasilkan bangunan yang memenuhi kriteria dan layak huni, diperlukan tingkat akurasi yang tinggi. Perencanaan struktur gedung harus mematuhi standar untuk menyediakan lingkungan yang aman bagi penghuni bangunan (Arifah dkk, 2017). Masalah – masalah pada konstruksi sering kali muncul dalam tahap perencanaan atau implementasi proyek konstruksi. Konflik dalam pelaksanaan proyek sering disebabkan oleh proyeksi biaya yang salah perhitungan, keterlambatan pengiriman persediaan bahan dan peralatan, dan kesalahan dalam desain (Susila dkk, 2015).

Building Information Modeling (BIM) merupakan sebuah sistem yang dapat mendukung proses dari konstruksi hingga pasca-pemrosesan, merupakan hasil dari pengembangan teknologi konstruksi yang inovatif. Dengan mengintegrasikan data penting secara akurat dari proses desain konstruksi ke dalam pemodelan 3D, *Building Information Modeling* (BIM) dapat digunakan sebagai solusi terbaru untuk memecahkan berbagai masalah potensial dalam industri konstruksi. Dengan menggunakan BIM 5D dapat mengetahui informasi mengenai manajemen konstruksi yang baik dan tepat sehingga meningkatkan ketelitian dalam proses perencanaan. Waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan desain lebih pendek ketika BIM digunakan serta output yang dihasilkan juga akan jauh lebih instruktif.

Selain itu, penggunaan BIM membantu mengurangi kejadian kesalahan yang disebabkan oleh human error (Kevin, 2022).

Pada penelitian ini akan dibahas mengenai Perencanaan Ulang Gedung *Technopole* Polman Majalengka dengan sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK) dengan konsep BIM 5D, dengan bantuan software perencanaan. Perencanaan ulang yang akan dilakukan bertujuan untuk menghasilkan perencanaan struktur bawah yang meliputi pondasi tiang pancang dan pilecap dan struktur atas yang meliputi kolom, balok, dan pelat lantai yang kemudian akan dihasilkan Analisa struktur, desain 3D, RAB, penjadwalan proyek, serta integrasi BIM 5D. Dengan demikian diharapkan menghasilkan perencanaan yang lebih akurat, efektif, dan efisien dari segi kekuatan struktur, waktu dan biaya dari bangunan tersebut.

2. Data dan metode

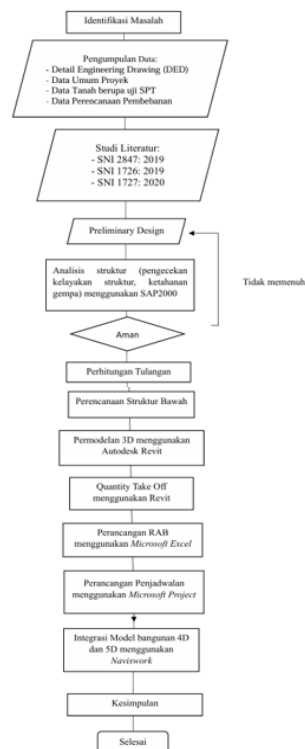
2.1. Informasi proyek

Data-data perencanaan dalam melakukan perancangan Gedung *Technopole* Polman Majalengka antara lain sebagai berikut:

Nama Proyek	: Pembangunan Kampus Politeknik Manufaktur Negeri Bandung, Majalengka
Lokasi Proyek	: Jatisawit, Kasokandel, Majalengka, Jawa Barat
Jenis Bangunan	: Beton Bertulang
Fungsi Bangunan	: Gedung perkuliahan
Tinggi Bangunan	: ± 21 m
Jumlah Lantai	: 5 Lantai

2.2. Diagram alir perencanaan

Pada perencanaan ulang Gedung *Technopole* menerapkan konsep BIM (Building Information Modeling) yang menggunakan metode SRPMK. Penerapan BIM dilakukan pada tahap Pemodelan 3D dengan *Autodesk Revit* 2025, Analisa Struktur dengan *SAP 2000 V.22*, Perencanaan Anggaran Biaya dengan *Microsoft Excel*, Penjadwalan dengan *Naviswork* dan *Ms.Project*. Berikut merupakan alur dari perencanaan disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir perencanaan

2.3. Pedoman perencanaan

Perencanaan ulang struktur Gedung ICT Universitas Diponegoro didasarkan pada studi literatur sebagai berikut:

- Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan (SNI 2847 : 2019)
- Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan non-Gedung (SNI 1726 : 2019)
- Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727: 2020)

3. Hasil dan pembahasan

3.1. Preliminary design

Preliminary design ini dibuat menurut acuan SNI 2847-2019 tentang persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung ataupun studi literatur yang lainnya. Pada tahap ini direncanakan dimensi struktur atas meliputi struktur Balok, Pelat Lantai, dan Kolom.

3.1.1. Preliminary design balok

Adapun Batasan dimensi dari balok harus memenuhi SNI 2847:2019 Pasal 18.6.2.1:

- Bentang bersih, l_n , nilainya harus lebih dari $4d$
- Lebar penampang b_w , harus lebih dari $0,3h$
- Lebar muka balok b , harus lebih dari 250 mm

Persyaratan ketebalan balok sesuai SNI 2847-2019, tabel 9.3.1.1. adapun syarat *preliminary* balok disajikan pada Tabel 1 dan

Tabel 1. Syarat *preliminary* balok

Kondisi Perletakan	h minimum
Perletakan Sederhana	$L / 16$
Menerus Satu Sisi	$L / 18,5$
Menerus Dua Sisi	$L / 21$
Kantilever	$L / 8$

Tabel 2. Rekapitulasi *preliminary design* balok

No	Tipe Balok	Bentang	Tinggi	Lebar	Syarat Tinggi	Syarat Lebar
1	B1	9915	700	400	Ok	Ok
2	B2	8000	700	400	Ok	Ok
3	B3	9238	700	400	Ok	Ok
4	B4	8000	700	400	Ok	Ok
5	B5	3381	500	300	Ok	Ok
6	B6	8000	650	300	Ok	Ok
7	Ba1	8000	400	250	Ok	Ok
8	Ba2	8000	400	250	Ok	Ok
9	Ba3	8000	500	300	Ok	Ok
10	Bc1	3349	700	400	Ok	Ok
11	Bc2	2475	700	400	Ok	Ok
12	Bca	1836	500	300	Ok	Ok
13	Bl	9463	500	200	Ok	Ok

3.1.2. Preliminary struktur kolom

Dalam perencanaan ini untuk menentukan dimensi kolom mengacu pada SNI 2847-2019 Pasal 18.7.2 yang hasilnya disajikan pada Tabel 3.

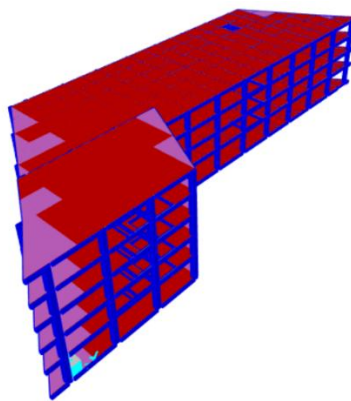
Tabel 3. Rekapitulasi *preliminary* desain kolom

No.	Tipe Kolom	Bentang balok (mm)	Tinggi kolom (mm)	Dimensi balok (mm)		h kolom minimum (mm)	Dimensi Kolom (mm)	
				H	B		h	b

No.	Tipe Kolom	Bentang balok (mm)	Tinggi kolom (mm)	Dimensi balok (mm)		h kolom minimum (mm)	Dimensi Kolom (mm)	
				H	B		h	b
1	K1	8000	5000	700	400	461	800	700
2	K2	8000	5000	700	400	461	800	700
3	K3	8000	5000	700	400	461	800	700
4	K4	8000	5000	700	400	461	800	700
5	K5	8000	5000	700	400	461	600	600
6	K6	8000	5000	700	400	461	800	650

3.2. Analisis struktur

Analisis struktur Gedung Technopole Polman Majalengka menggunakan software SAP2000. Pada tahap ini dilakukan pengecekan terhadap kekuatan struktur bangunan tersebut dalam keadaan aman Tabel 4.



Tabel 4. Model Struktur dalam SAP2000

3.2.1. Analisis beban gempa

1) Analisis jumlah partisipasi masa

Analisis partisipasi massa menurut SNI 1726-2019 pasal 7.9.1.1 adalah proses evaluasi untuk menetapkan ragam getar alami yang harus tersimulasi dalam desain struktur bangunan. Persyaratan minimum partisipasi massa sesuai SNI adalah 90% atau diizinkan untuk mengambil semua ragam dengan periode di bawah 0,05 detik. Berikut adalah hasil dari analisis partisipasi massa Tabel 5.

Tabel 5. Hasil analisis partisipasi masa

	StepNum	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ
Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	1491	0,04508	1,043E-07	0,00000389	0,000005	0,86655	0,86657	0,88167
MODAL	1492	0,04506	3,539E-10	0,00001287	0,0001	0,86655	0,86658	0,88177
MODAL	1493	0,04503	6,631E-08	0,000001851	0,000084	0,86656	0,86659	0,88185
MODAL	1494	0,04500	2,739E-08	3,668E-08	0,0007	0,86656	0,86659	0,88255
MODAL	1495	0,04500	2,649E-07	0,000009393	0,00039	0,86656	0,86659	0,88294
MODAL	1496	0,04496	9,726E-08	2,793E-07	0,000006	0,86656	0,8666	0,88295
MODAL	1497	0,04493	2,459E-09	0,000002727	0,0002	0,86656	0,8666	0,88315
MODAL	1498	0,04492	2,062E-08	9,441E-08	0,000018	0,86656	0,8666	0,88317
MODAL	1499	0,04488	8,463E-08	0,000002623	0,0000048	0,86656	0,8666	0,88317
MODAL	1500	0,04485	2,434E-07	0,0000002	0,000021	0,86656	0,8666	0,8832
MODAL	1491	0,04508	1,043E-07	0,000003891	0,000005	0,86655	0,86657	0,88167
MODAL	1492	0,04506	3,539E-10	0,00001287	0,0001	0,86655	0,86658	0,88177

Berdasarkan Tabel 5, didapat hasil partisipasi masa belum mencapai 90% akan tetapi periode second sudah dibawah 0,05 maka struktur bangunan sudah memenuhi syarat.

2) Analisis perbandingan geser statis dan dinamis

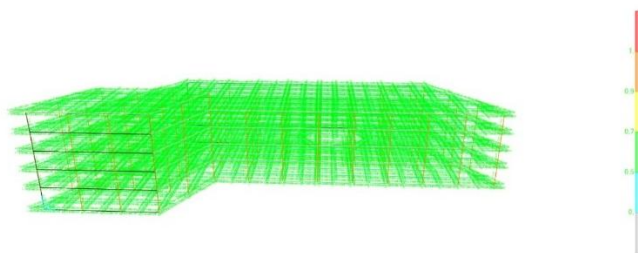
Menurut SNI 1726 - 2019 pasal 7.9.1.4.1, persyaratan untuk kombinasi respons gaya geser dasar hasil analisis ragam (V_t) adalah wajib melebihi 100% dari gaya geser (V) yang dihitung menggunakan metode statik ekuivalen. Jika kurang dari 100%, maka nilai tersebut akan dikalikan dengan V/V_t . Berikut hasil analisis geser dasar dan dinamis Tabel 6.

Tabel 6. Penskalaan gaya

Base Shear	Dinamik (VD)	Statik (VS)	Faktor skala	Kontrol
	Gaya Dasar (KN)	Gaya Dasar (KN)	V_s/V_D	$V_D \geq 100\% V_s$
arah x	621443,20	621136,59	0,999507	OK
arah y	621147,19	621136,59	0,999983	OK

3.2.2. Analisis struktur hasil desain (analisis rasio batang)

Analisis rasio batang dilakukan untuk mengidentifikasi elemen struktur yang mungkin rentan terhadap instabilitas atau deformasi yang tidak diinginkan. Berdasarkan hasil dari pengecekan rasio batang dibawah ini, dapat disimpulkan bahwa semua penampang rencana pada struktur gedung Tehcnopole Majalengka dapat dinyatakan aman. Berikut adalah hasil analisis struktur rasio batang yang ditunjukkan pada



Gambar 2. Hasil analisis rasio batang

3.3. Penulangan struktur atas

3.3.1. Penulangan struktur balok

Penulangan struktur balok disajikan pada Tabel 7 dan detail tulangan balok ditunjukkan pada Gambar 3

Tabel 7. Penulangan longitudinal struktur balok

Tipe Balok	Dimensi Balok (b x h)	Daerah	Letak Tulangan	As Perlu (mm ²)	As Perlu SAP (mm ²)	As min 1	As min 2	As Terpasang mm ²	Dipasang
B1	400 x 700	Tumpuan	Atas	2.131,14	1.415,00	852	833,3207	2280,796	6 D 22
			Bawah	759,88	880,00	852	833,3207	1140,398	3 D 22
			Lapangan	379,94	880,00	852	833,3207	1140,398	3 D 22
			Atas	852,00	758,00	852	833,3207	1140,398	3 D 22
B2	400 x 700	Tumpuan	Atas	1.234,22	1.286,00	852	833,3207	1520,531	4 D 22
			Bawah	506,59	840,00	852	833,3207	1140,398	3 D 22
			Lapangan	379,94	806,00	852	833,3207	1140,398	3 D 22
			Atas	913,20	872,00	852	833,3207	1140,398	3 D 22
B3	400 x 700	Tumpuan	Atas	1.824,18	1.244,00	852	833,3207	1900,664	5 D 22
			Bawah	633,23	813,00	852	833,3207	1140,398	3 D 22
			Lapangan	506,59	449,00	852	833,3207	1140,398	3 D 22
			Atas	1.271,66	572,00	852	833,3207	1520,531	4 D 22
B4	400 x 700	Tumpuan	Atas	1.334,46	1.037,00	852	833,3207	1520,531	4 D 22

Tipe Balok	Dimensi Balok (b x h)	Daerah	Letak Tulangan	As Perlu (mm ²)	As Perlu SAP (mm ²)	As min 1	As min 2	As Terpasang mm ²		Dipasang		
B5	400 x 700	700	Lapangan	Bawah	506,59	680,00	852	833,3207	1140,398	3	D	22
				Bawah	379,94	600,00	852	833,3207	1140,398	3	D	22
				Atas	852,00	828,00	852	833,3207	1140,398	3	D	22
			Tumpuan	Atas	1.668,47	757,00	852	833,3207	1900,664	5	D	22
				Bawah	633,23	375,00	852	833,3207	1140,398	3	D	22
				Bawah	379,94	343,00	852	833,3207	1140,398	3	D	22
B6	300 x 650	650	Lapangan	Atas	852,00	780,00	852	833,3207	1140,398	3	D	22
				Atas	1.649,51	819,00	852	833,3207	1900,664	5	D	22
				Bawah	633,23	536,00	852	833,3207	1140,398	3	D	22
			Tumpuan	Bawah	379,94	630,00	852	833,3207	1140,398	3	D	22
				Atas	1.127,31	830,00	852	833,3207	1140,398	3	D	22
				Atas	440,50	817,00	587,3333	574,4566	850,586	3	D	19
BA1	300 x 500	500	Lapangan	Bawah	188,92	98,00	587,3333	574,4566	850,586	3	D	19
				Bawah	188,92	157,00	587,3333	574,4566	850,586	3	D	19
				Atas	440,50	857,00	587,3333	574,4566	1134,115	4	D	19
			Tumpuan	Atas	285,00	536,00	285	278,7517	603,186	3	D	16
				Bawah	133,97	343,00	285	278,7517	603,186	3	D	16
				Bawah	133,97	375,00	285	278,7517	603,186	3	D	16
BA2	250 x 400	400	Lapangan	Atas	285,00	536,00	285	278,7517	603,186	3	D	16
				Bawah	133,97	343,00	285	278,7517	603,186	3	D	16
				Bawah	133,97	375,00	285	278,7517	603,186	3	D	16
			Tumpuan	Atas	285,00	536,00	285	278,7517	603,186	3	D	16
				Atas	440,50	810,00	587,3333	574,4566	850,586	3	D	19
				Bawah	188,92	90,00	587,3333	574,4566	850,586	3	D	19
BA3	300 x 500	500	Lapangan	Bawah	188,92	90,00	587,3333	574,4566	850,586	3	D	19
				Bawah	188,92	90,00	587,3333	574,4566	850,586	3	D	19
				Atas	440,50	810,00	587,3333	574,4566	850,586	3	D	19
			Tumpuan	Atas	440,50	857,00	587,3333	574,4566	1134,115	4	D	19
				Bawah	188,92	90,00	587,3333	574,4566	850,586	3	D	19
				Bawah	188,92	857,00	587,3333	574,4566	1134,115	4	D	19
BCA	300 x 500	500	Lapangan	Atas	440,50	810,00	587,3333	574,4566	850,586	3	D	19
				Bawah	188,92	90,00	587,3333	574,4566	850,586	3	D	19
				Bawah	188,92	857,00	587,3333	574,4566	1134,115	4	D	19
			Tumpuan	Atas	440,50	810,00	587,3333	574,4566	850,586	3	D	19
				Atas	1.057,01	1.037,00	852	833,3207	1140,398	3	D	22
				Bawah	759,88	680,00	852	833,3207	1140,398	3	D	22
BC1	400 x 700	700	Lapangan	Bawah	379,94	600,00	852	833,3207	1140,398	3	D	22
				Bawah	379,94	600,00	852	833,3207	1140,398	3	D	22
				Atas	852,00	828,00	852	833,3207	1140,398	3	D	22
			Tumpuan	Atas	442,00	572,00	442	432,3096	603,186	3	D	16
				Bawah	200,96	90,00	442	432,3096	603,186	3	D	16
				Bawah	442,00	157,00	442	432,3096	603,186	3	D	16
BL	200 x 500	500	Lapangan	Atas	200,96	572,00	442	432,3096	603,186	3	D	16

TIPE	B1(400 x 700)			B2(400 x 700)			B3(400 x 700)			B4(400 x 700)		
POSISI	TUMPUAN/LAPANGAN/TUMPUAN			TUMPUAN/LAPANGAN/TUMPUAN			TUMPUAN/LAPANGAN/TUMPUAN			TUMPUAN/LAPANGAN/TUMPUAN		
FC' = 30 Mpa												
	TUL. ATAS			TUL. ATAS			TUL. ATAS			TUL. ATAS		
	TUL. BAWAH			TUL. BAWAH			TUL. BAWAH			TUL. BAWAH		
	SENGKANG & TIES			SENGKANG & TIES			SENGKANG & TIES			SENGKANG & TIES		
TIPE	B5(400 x 700)			B6(300 x 650)			BA1(300 x 500)			BA3(300 x 500)		
POSISI	TUMPUAN/LAPANGAN/TUMPUAN			TUMPUAN/LAPANGAN/TUMPUAN			TUMPUAN/LAPANGAN/TUMPUAN			TUMPUAN/LAPANGAN/TUMPUAN		
FC' = 30 Mpa												
	TUL. ATAS			TUL. ATAS			TUL. ATAS			TUL. ATAS		
	TUL. BAWAH			TUL. BAWAH			TUL. BAWAH			TUL. BAWAH		
	SENGKANG & TIES			SENGKANG & TIES			SENGKANG & TIES			SENGKANG & TIES		

Gambar 3. Detail penulangan kolom

3.2. Perhitungan struktur bawah

3.2.1. Perhitungan fondasi tiang pancang

Adapun hasil rekapitulasi perhitungan daya dukung tiang pancang disajikan pada

Tabel 8. Perhitungan daya dukung tiang pancang

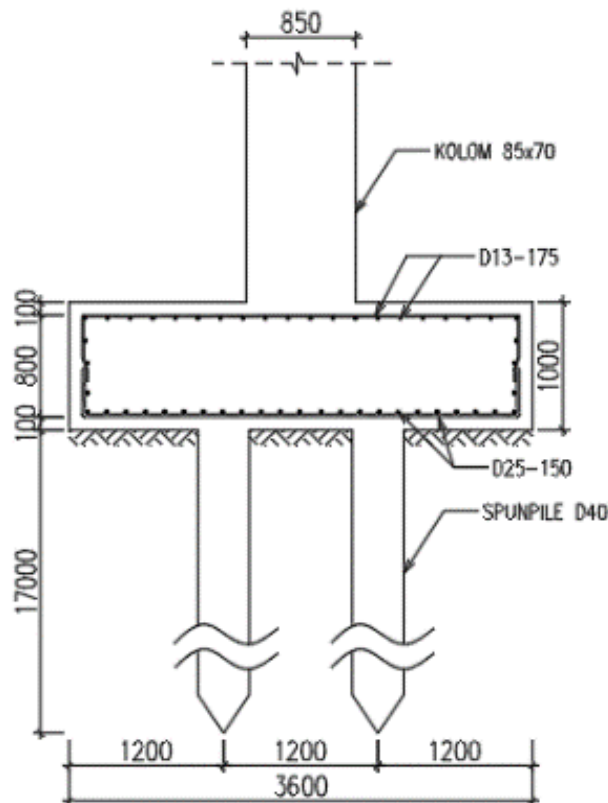
Tipe	Dimensi	Tebal Pile Cap	Pu Ton	Qu Ton	Q Nett. Ton	Jumlah Titik Pancang	Nilai Eff. Tiang	Jarak Antar Tiang	Jarak Tiang Ke Tepi	Q Izin Ton	Cek Kapasitas
P1	40	1000	411,325	163,726	158,601	4	0,8128	120	120	515,625	OK
P2	30	1000	305,915	120,099	117,216	4	0,8128	90	90	381,080	OK

3.2.2. Perhitungan tulangan *pile cap*

Tulangan *pile cap* direncanakan menggunakan mutu f_y 420 Mpa yang dihitung berdasarkan SNI 2847:2019 dan didapatkan hasil perhitungan seperti yang ditunjukkan pada Tabel 9 dan Gambar 4.

Tabel 9. Perhitungan penulangan *pile cap*

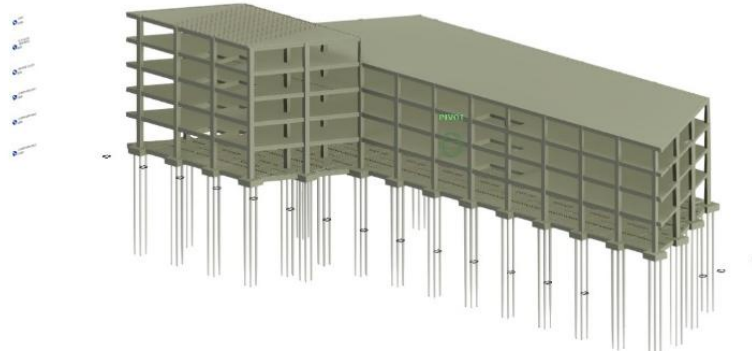
Tipe	Dimensi		Tebal	Daerah	Mu KNm	P Perlu	As Perlu	As Pakai	Diameter	Jarak	Cek As pakai > As Perlu	Dipasang		
	Ly	Lx												
PC1	3600	3600	1000	Atas	165,123	0,000151265	2355	2729,1	13	175	OK	D	13	- 175
				Bawah	165,123	0,000151265	10650	11775	25	150	OK	D	25	- 150
				Atas	165,123	0,000151265	2355	2729,1	13	175	OK	D	13	- 175
				Bawah	165,123	0,000151265	10650	11775	25	150	OK	D	25	- 150
PC2	2700	2700	1000	Atas	109,939	0,000134265	1766,25	2046,83	13	175	OK	D	13	- 175
				Bawah	109,939	0,000134265	7987,5	8831,25	25	150	OK	D	25	- 150
				Atas	109,939	0,000134265	1766,25	2046,83	13	175	OK	D	13	- 175
				Bawah	109,939	0,000134265	7987,5	8831,25	25	150	OK	D	25	- 150



Gambar 4. Detail *pile cap*

3.3. Memodelkan 3D dengan revit

Permodelan ini dibuat berdasarkan hasil perhitungan struktur yang telah direncanakan sebelumnya seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Pemodelan 3D elemen struktur dengan revit

3.4. Rencana anggaran biaya

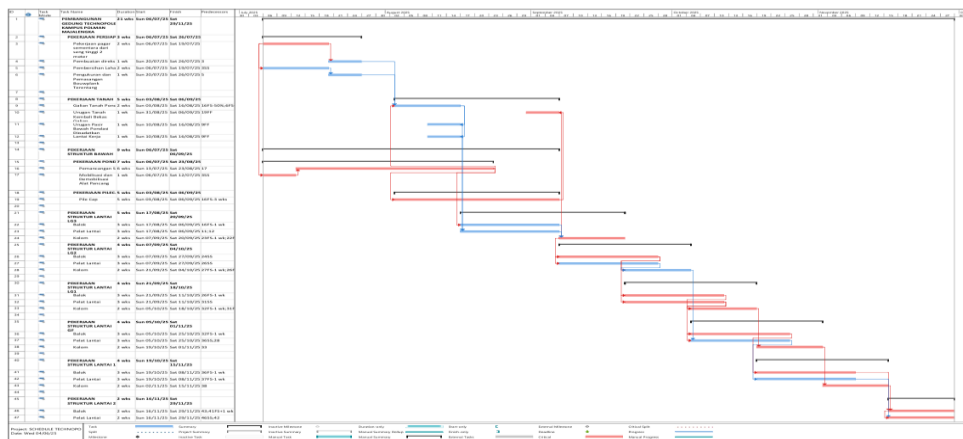
Hasil dari RAB ini digunakan sebagai acuan untuk pembuatan penjadwalan pada proyek tersebut. Berikut Rencana Anggaran Biaya (RAB) Pembangunan Gedung Technopole Kampus Polman Majalengka seperti yang disajikan pada Gambar 6.

NO	URAIAN	JUMLAH HARGA
1	2	3
A	PEKERJAAN PERSIAPAN	169.160.285,42
B	PEKERJAAN TANAH	215.336.869,74
C	PEKERJAAN STRUKTUR BAWAH	
C.1	PEKERJAAN PONDASI	2.026.480.354,01
C.2	PEKERJAAN PILECAP	1.732.078.977,13
D	PEKERJAAN STRUKTUR ATAS	
D.1	PEKERJAAN STRUKTUR LANTAI LG3	3.383.759.550,55
D.2	PEKERJAAN STRUKTUR LANTAI LG2	3.443.056.856,47
D.3	PEKERJAAN STRUKTUR LANTAI LG1	3.689.259.534,37
D.4	PEKERJAAN STRUKTUR LANTAI GF	3.888.358.084,10
D.5	PEKERJAAN STRUKTUR LANTAI 1	3.184.431.618,62
D.6	PEKERJAAN STRUKTUR LANTAI 2	596.689.050,23
	JUMLAH	22.328.611.180,65
	PPN 12%	2.679.433.341,68
	TOTAL	25.008.044.522,33
	DIBULATKAN	25.008.044.000,00

Gambar 6. Rekapitulasi rencana anggaran biaya

3.5. Penjadwalan proyek

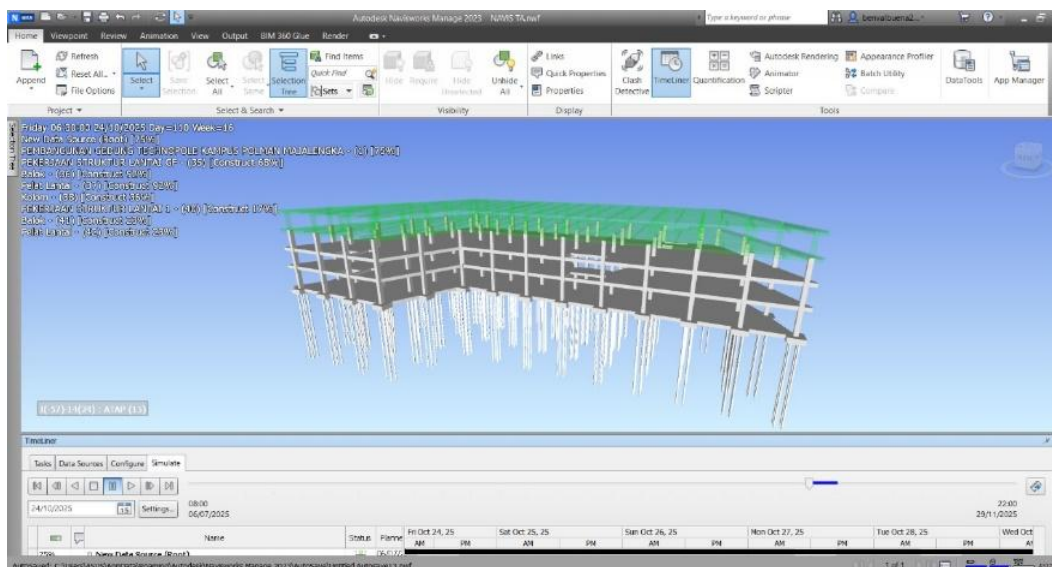
Penjadwalan proyek ini dibuat menggunakan Microsoft Project, yang akan digunakan sebagai acuan keberadaannya suatu pekerjaan. Pembangunan Gedung Technopole ini dijadwalkan dengan total durasi 21 minggu seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Penjadwalan proyek

3.6. Mengintegrasikan BIM 5D

Integrasi BIM 5D merupakan penggabungan dari hasil penjadwalan proyek (4D) dan rencana anggaran biaya (5D) ke dalam pemodelan 3D struktur. Dari hasil integrasi ini akan didapatkan output visualisasi durasi pekerjaan dan pengeluaran proyek dari awal dimulainya pekerjaan hingga selesai pekerjaan proyek seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Integrasi BIM 5D

4. Kesimpulan

Dari hasil perencanaan ulang Pembangunan Gedung Technopole Polman Majalengka, didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- Seluruh perhitungan struktur yang direncanakan dengan melibatkan pembebanan yang ada menggunakan SAP2000 telah dinyatakan aman dan mengacu kepada peraturan perencanaan bangunan gedung yang ada. Dengan demikian perencanaan gedung ini dipastikan keakuratannya untuk kestabilan dan kekuatan bangunan
- Hasil dari permodelan 3D pada *Autodesk Revit* berupa pondasi, pilecap, kolom, balok, dan pelat lantai. Gambaran dalam perencanaan bangunan menjadi lebih detail dan akurat dengan bantuan *Software Autodesk Revit*
- Perhitungan rencana anggaran biaya dari pembangunan Gedung Technopole Polman Majalengka menggunakan *Microsoft Excel* yaitu dengan mengalikan jumlah volume hasil dari *Quantity Take Off* pada *Autodesk Revit* kemudian dikalikan dengan HSP di daerah Majalengka. Total dari perhitungan RAB, termasuk PPN 12% sebesar Rp. 25.008.044.000
- Penjadwalan pada pembangunan Gedung Technopole Polman Majalengka dilakukan menggunakan *Microsoft Project*, dengan total durasi pekerjaan yaitu 21 minggu
- Hasil dari penjadwalan yang sudah direncanakan kemudian dapat diintegrasikan dengan permodelan 3D menggunakan *Autodesk Naviswork*, sehingga akan didapatkan permodelan mencakup 3D struktur, biaya, dan penjadwalan dari pembangunan Gedung tersebut. Dari hasil tersebut memungkinkan analisis yang lebih akurat terkait biaya, waktu, dan sumber daya pada pelaksanaannya.

Referensi

- Arifah, A. G., Akbar, M. R., & AFFANDHIE, R. B. A. (2017). Perencanaan Struktur Gedung kuliah Fakultas Teknik di Malang dengan Metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah. Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.
- Kelvin, R. (2022). PERENCANAAN DAN PERANCANGAN (3D, 4D, 5D) JEMBATAN RANGKA BAJA DENGAN PENERAPAN KONSEP BUILDING INFORMATION MODELING (BIM) (Doctoral dissertation, Universitas Andalas).

Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat No. 22 Tahun 2019. Pedoman Pembangunan Bangunan Gedung Negara
SNI 03-1726-2019. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung.
SNI 03-1727-2020, Beban Desain Minimum dan Kriteria terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur lain
SNI 03-2847-2019. Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung.

