



**PILARS**

JURNAL SIPIL  
DAN ARSITEKTUR

OPEN



ACCESS

**E-ISSN 2988-5973**

# JURNAL SIPIL DAN ARSITEKTUR



<b>PILARS</b>	<b>Volume 2</b>	<b>Nomor 3</b>	<b>September 2024</b>	<b>Hal 1-61</b>	<b>Semarang-Jawa Tengah</b>
---------------	---------------------	----------------	---------------------------	-----------------	---------------------------------



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

# JURNAL SIPII DAN ARSITEKTUR



Volume 2 Nomor 3 September 2024

Ketua Editor	: Asri Nurdiana, S.T., M.T.	(UNDIP)
Dewan Editor	: Oky Kurnia Putra, S.T.	(UNDIP)
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 2 Nomor 3 September 2024

---

## DAFTAR ISI

1. Pemanfaatan limbah serbuk kayu dengan zat aditif anti stripping agent terhadap uji durabilitas ac-wc (*asphalt concrete-wearing course*)  
(*Ivo Neyra Rahmana, Devina Sinta Damara, Riza Susanti, Asri Nurdiana*) .....1-7
2. Perencanaan ulang bangunan gedung dormitory kawasan sains dan teknologi (KST) nuklir Yogyakarta berbasis *building information modelling* (BIM) 5D  
(*Anis Salma Al Fridasaria, Saka Aditama, Asri Nurdiana, Bambang Setiabudi*) .....8-21
3. Optimalisasi desain struktur gedung interdisciplinary engineering (IDE)-fakultas teknik Universitas Indonesia dengan memanfaatkan BIM (*Building Information Modelling*)  
(*Citra Anindya Larasati, Dendi Ahmad Dzaky, Asri Nurdiana, Bambang Setiabudi*) ..... 22-33
4. Inovasi desain roster beton dengan mengutamakan unsur privacy dan estetika  
(*Arya Maulana Candra Rizky, Muh. Husaini Alfani K, Riza Susanti, Shifa Fauziyah*)..... 34-40
5. Inovasi paving block bentuk ikan pari  
(*Muhammad Rheza Fakhri Syakir, Raihan Dany A, Shifa Fauziyah, Riza Susanti*) ..... 41-47
6. Potensi pencahayaan alami pada bangunan peribadatan gereja GPIB Filadelfia Semarang  
(*Varinca Augi Tahapary, Chely Novia Bramiana*)..... 48-55
7. Evaluasi sistem evakuasi kebakaran pada kantor wilayah direktorat jenderal bea cukai Kalimantan bagian selatan  
(*Yasmine Adzkie, Hermin Werdiningsih*)..... 56-61



## Pemanfaatan limbah serbuk kayu dengan zat aditif *anti stripping agent* terhadap uji durabilitas ac-wc (*asphalt concrete-wearing course*)

Ivo Neyra Rahman<sup>a\*</sup>, Devina Sinta Damara<sup>b</sup>, Riza Susanti<sup>c</sup>, Asri Nurdiana<sup>d</sup>

<sup>a\*, b, c, d</sup> Teknik Infrastruktur Sipil dan Perancangan Arsitektur, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro, Indonesia

### ARTICLE INFO

#### Corresponding author:

Email:

[Neyraivo5@gmail.com](mailto:Neyraivo5@gmail.com)

#### Article history:

Received : 21 December 2023

Accepted : 25 June 2024

Publish : 30 September 2024

#### Keywords:

AC-WC, Asphalt, Anti Stripping Agent, Durability, Wood Powder Ash

### ABSTRACT

*The increasing number of vehicles each year in Indonesia causes excessive repetition of loads that occur on road pavements, as well as extreme weather changes resulting in damage to the pavement layer, especially at the level of durability, especially in the AC-WC layer. The use of sawdust waste in the AC-WC mixture has met the marshall test values/characteristics, but it is necessary to test its durability; a high durability value indicates that the road is more durable and resistant to weather and water. Therefore, it is necessary to improve the quality of road pavement by adding anti-stripping agent additives at levels of 0.3%, 0.4%, and 0.5% to the AC-WC mixture of 25% wood powder waste substitution in order to improve the properties of asphalt in increasing the coating of asphalt with aggregates in a wet state to produce stronger bonds to extend the life of the road. This study aims to determine the effect of adding anti-stripping agent additives in AC-WC mixtures with sawdust waste on durability tests. Experimental tests were conducted using the research method at the Civil Engineering Laboratory of Diponegoro University Vocational School Semarang. The study results obtained a durability value based on the calculation parameters of the Residual Strength Index (IKS) based on the General Specifications of Bina Marga 2018 (Rev 2), which shows the durability of AC-WC asphalt. The results of marshall testing obtained based on averages include VIM 4.11%, VMA 13.15%, VFA 77.33%, Stability 1893.73 Kg, Flow 2.17 mm and MQ 1070.03 kg/mm from 25% wood powder waste variation with anti-stripping agent additives 0.3%; 0.4%; 0.5% in AC-WC wear layer has met the General Specifications of Bina Marga 2018 (Rev 2). The average durability values of IKS with sequential soaking time are 24 hours 92.24%, 48 hours 88.87%, and 72 hours 80.08%.*

Copyright © 2024 PILARS-UNDIP

## 1. Pendahuluan

Faktor penyebab kerusakan jalan diantaranya kondisi tanah yang tidak stabil, pemadatan diatas lapisan tanah dasar yang tidak optimal, perubahan cuaca yang ekstrem, perubahan suhu, dan konstruksi jalan yang kurang memenuhi standar spesifikasi (Putri, 2022). Oleh karena itu dapat mempengaruhi kinerja lapisan perkerasan jalan terutama pada nilai keawetannya (durabilitas). Inovasi penambahan serbuk kayu pada campuran aspal telah teruji memenuhi nilai karakteristik pada uji penetrasi tetapi diperlukan pengujian durabilitasnya untuk mengetahui keawetan dari perkerasan jalan tersebut, sehingga memerlukan penambahan zat aditif sebagai pengikat pelapisan aspal dan menambah keawetan umur perkerasan jalan. Zat aditif anti stripping agent yang memiliki kelebihan dapat memperbaiki sifat aspal dalam meningkatkan pelapisan aspal dengan agregat dalam keadaan basah, sehingga menghasilkan ikatan lebih kuat untuk memperpanjang umur jalan. Menurut Spesifikasi Umum 2018 Aditif kelekatan dan anti pengelupasan harus ditambahkan dalam bentuk

cairan kedalam campuran agregat dengan menggunakan pompa penakar pada saat proses pencampuran basah. Oleh karena itu penggunaan zat aditif anti stripping agent pada campuran AC-WC dengan serbuk kayu diharapkan dapat meningkatkan keawetan umur perkerasan jalan dan memperbaiki sifat aspal terhadap cuaca dan air. Tujuan dari penelitian ini Menganalisis nilai Marshall meliputi VIM, VMA VFB, Stabilitas, *Flow* dan MQ dari variasi limbah serbuk kayu dengan zat aditif *anti stripping agent* pada lapis aus AC-WC (*Asphalt Concrete – Wearing Course*) dan Menganalisis nilai keawetan (durabilitas) dengan variasi limbah serbuk kayu dan penambahan zat aditif *anti stripping agent* pada lapis aus AC-WC.

## 2. Data dan metode

### 2.1. Metode penelitian

Metode penelitian yang dilakukan berawal dari literature review guna mengumpulkan informasi atau topik pembahasan dan permasalahan. Kemudian dilakukannya penelitian secara kuantitatif dengan metode eksperimental pada Laboratorium Transportasi, Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro. Pada penelitian ini bermaksud meneliti dan menguji variasi penambahan zat aditif anti *stripping agent* pada campuran lapis aus AC-WC dengan limbah serbuk kayu terhadap uji durabilitas. Variasi kadar penambahan limbah serbuk kayu sebanyak 25% terhadap berat filler dan kadar zat aditif anti *stripping agent* sebanyak 0,3%; 0,4%; 0,5% terhadap berat aspal. Adapun tahapan pada penelitian ini yang meliputi sebagai berikut:

- 1) Pengujian kelayakan material yang digunakan
- 2) Mempersiapkan alat dan bahan tambahan
- 3) Pembuatan rencana inovasi campuran AC-WC
- 4) Pengujian benda uji dan analisis data

### 2.2. Pengujian kelayakan material

Pengujian kelayakan material bertujuan untuk mengetahui apakah material yang akan digunakan sudah memenuhi spesifikasi. Acuan yang digunakan pada penelitian ini yaitu Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018 (Revisi 2). Adapun material yang di uji antara lain agregat kasar, agregat halus, filler, dan aspal, begitu juga dilakukan pengujian bahan tambahan untuk inovasi yaitu limbah serbuk kayu dan zat aditif anti *stripping agent*. Ketentuan agregat kasar untuk campuran AC-WC yaitu lolos saringan 1/2 dan 3/8. Agregat halus memiliki ketentuan maksimal 15% dari total berat campuran, oleh karena itu digunakannya abu batu untuk memenuhi kebutuhan agregat halus. Semen Gresik digunakan sebagai *filler* dengan di tambah limbah serbuk kayu yang sudah menjadi abu. Kemudian penggunaan aspal pada campuran ini yaitu aspal keras dengan penetrasi 60/70.

### 2.3. Persiapan bahan tambahan

Persiapan bahan atau material tambahan dimulai dari pengolahan limbah serbuk kayu menjadi abu dan zat aditif anti *stripping agent* sebelum ditambahkan pada campuran beraspal. Sebelum bahan tambahan di campur pada campuran beraspal, pengolahan limbah serbuk kayu menjadi abu yaitu dengan cara dibakar kemudian di haluskan dan lolos saringan No.200. Pencampuran zat aditif anti *stripping agent* dilakukan bersamaan saat pencampuran aspal keras dengan material lainnya. Adapun bahan tambah yang digunakan pada penelitian ini disajikan pada Gambar 1 dan Gambar 2.



**Gambar 1.** Zat Aditif Anti Stripping Agent



**Gambar 2.** Abu Serbuk Kayu

## 2.4. Pembuatan campuran lapis AC-WC

Sebelum melakukan pembuatan campuran lapis AC-WC dilakukan penentuan komposisi rancangan campuran, oleh karena itu diperlukannya analisis saringan yang mengacu pada spesifikasi SNI ASTM C136:2012. Selanjutnya pembuatan rancangan campuran lapis AC-WC dengan penambahan limbah serbuk kayu dan zat aditif anti stripping agent yang mengacu pada Spesifikasi Umum Bina Marga tahun 2018 (Revisi 2). Adapun perhitungan aspal minimum dengan rumus *Asphalt Institute* dinyatakan pada persamaan 2.1.

$$P_b = 0,035 \times CA + 0,045 \times FA + \text{Absorpsi Aspal} \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan:

- P<sub>b</sub> = % KAO
- CA = % agregat tertahan No. 4 (4,75 mm)
- FA = % agregat tertahan No. 4 (4,75 mm) tertahan No. 200 (0,075 mm)  
0,18 F untuk lolos No. 200 (6-10 %) → diambil  
0,20 F untuk lolos No. 200 (≤ 5 %)
- FF = % agregat tertahan No. 200 (0,075 mm)
- Absorpsi Aspal = Nilai penyerapan setiap agregat terhadap aspal

Pembuatan *job mix* campuran lapis AC-WC dengan penambahan ASK sebanyak 25% dan FAP 0,3 % ; 0,4 % ; 0,5 % menggunakan kadar aspal 5,5 % dengan total 36 benda uji. Pembuatan benda uji tersebut bertujuan untuk menentukan kadar optimal FAP pada campuran lapis AC-WC dengan ASK 25%. Adapun hasil rancangan *job mix* benda uji disajikan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** *Job mix design* benda uji

Variabel	Kadar ASK (%)	Kadar FAP (%)	Jumlah Benda Uji Variasi Rendaman (Buah)			
			30 menit (a)	24 jam (b)	48 jam (c)	72 jam (d)
A1	25	0,3	3	3	3	3
A2	25	0,4	3	3	3	3
A3	25	0,5	3	3	3	3
Jumlah			36			

## 2.5. Pengujian analisis

Tahapan pengujian sempel dengan metode uji durabilitas marshall yang mengacu pada spesifikasi SNI 2488-2018 adalah sebagai berikut:

- 1) Melakukan perendaman sampel selama rentang waktu 30 menit, 24 jam, 48 jam, dan 72 jam
- 2) Mengeluarkan sempel dari waterbath atau bak perendaman; waktu pengangkatan dari bak perendaman sampai peletakan pada alat marshall maksimal 30 detik
- 3) Kemudian letakkan sempel kedalam kepala penekan berbentuk lengkung pada alat marshall.
- 4) Pasang dial stabilitas dan dial *flow*
- 5) Menaikan kepala penekan hingga menyentuh cincin penguji
- 6) Atur jarum dial stabilitas pada angka nol (0)
- 7) Memberikan pembebanan sampai pembebanan maksimum tercapai, catat ketika dial stabilitas mulai mengalami penurunan
- 8) Catat nilai pelelehan pada saat pembebanan maksimum tercapai

Setelah pengujian marshall selesai didapatkan nilai stabilitas dan flow, dilakukan perhitungan untuk mencari parameter marshall dari sampel tersebut. Dari hasil analisis perhitungan antara parameter marshall dengan variasi campuran diperoleh nilai variasi yang memenuhi.

### 3. Hasil dan pembahasan

#### 3.1. Hasil pengujian kelayakan material

Pengujian kelayakan material pada penelitian ini di mulai dari pengujian agregat yang meliputi uji absorpsi, pengujian berat jenis, uji keausan terhadap agregat menggunakan mesin *Los Angeles* dan uji material lolos saringan No. 200. Kemudian pengujian aspal yang terdiri dari pengujian berat jenis aspal, uji daktilitas, uji titik lembek aspal, dan uji penetrasi aspal. Ketentuan atau spesifikasi pengujian kelayakan material mengacu pada Spesifikasi Umum 2018 (Revisi 2).

##### 1) Pengujian agregat halus

Hasil pengujian agregat halus lolos atau memenuhi batas Spesifikasi Umum 2018 (Revisi 2) yang dinyatakan bahwa material layak untuk digunakan sebagai material benda uji. Adapun Hasil pengujian agregat halus disajikan pada Tabel 2 dan Tabel 3.

**Tabel 2.** Hasil pengujian pasir

Pengujian	Nilai	Satuan	Spesifikasi	Keterangan
Berat Jenis	2,34	kg/m <sup>3</sup>	Min 2,5 kg/m <sup>3</sup>	Memenuhi
Penyerapan	1,62	%	Max 3 %	Memenuhi
Material Lolos No.200	6,99	%	Max 10 %	Memenuhi
<i>Sand Equivalent</i>	91,04	%	>70%	Memenuhi

**Tabel 3.** Hasil pengujian abu batu

Pengujian	Nilai	Satuan	Spesifikasi	Keterangan
Berat Jenis	2,50	kg/m <sup>3</sup>	Min 2,5 kg/m <sup>3</sup>	Memenuhi
Penyerapan	2,88	%	Max 3 %	Memenuhi
Material Lolos No.200	7,38	%	Max 10 %	Memenuhi
<i>Sand Equivalent</i>	90,60	%	>70%	Memenuhi

##### 2) Pengujian agregat kasar

Hasil pengujian material agregat kasar  $\frac{3}{4}$  dan  $\frac{1}{2}$  telah memenuhi batas Spesifikasi Umum 2018 (Revisi 2) yang dapat dinyatakan agregat kasar layak untuk digunakan sebagai material benda uji. Adapun hasil pengujian agregat halus di tunjukkan pada Tabel 4 dan Tabel 5.

**Tabel 4.** Hasil pengujian agregat kasar

Pengujian	Nilai	Satuan	Spesifikasi	Keterangan
Berat Jenis	2,35	kg/m <sup>3</sup>	Min 2,5 kg/m <sup>3</sup>	Memenuhi
Penyerapan	0,05	%	Max 3 %	Memenuhi
<i>Los Angeles</i>	10,74	%	Max 30 %	Memenuhi
Kelekatan Aspal	95	%	Min 95 %	Memenuhi

**Tabel 5.** Hasil pengujian agregat kasar

Pengujian	Nilai	Satuan	Spesifikasi	Keterangan
Berat Jenis	2,54	kg/m <sup>3</sup>	Min 2,5 kg/m <sup>3</sup>	Memenuhi
Penyerapan	0,56	%	Max 3 %	Memenuhi
<i>Los Angeles</i>	10,74	%	Max 30 %	Memenuhi
Kelekatan Aspal	95	%	Min 95 %	Memenuhi

### 3) Pengujian *filler*

Hasil pengujian abu serbuk kayu sebagai substitusi *filler* telah memenuhi batas Spesifikasi Umum 2018 (Revisi 2) yang dinyatakan layak digunakan sebagai bahan pengisi benda uji. Adapun hasil pengujian substitusi *filler* disajikan pada Tabel 6.

**Tabel 6.** Hasil pengujian abu serbuk kayu

Pengujian	Nilai	Satuan	Spesifikasi	Keterangan
Berat Jenis	2,11	kg/m <sup>3</sup>	Min 2,5 kg/m <sup>3</sup>	Memenuhi
Penyerapan	2,56	%	-	Memenuhi
Material Lolos No.200	78,33	%	Min 75 %	Memenuhi

### 4) Pengujian aspal

Hasil pengujian aspal pen 60/70 telah memenuhi batas Spesifikasi Umum 2018 (Revisi 2) dan dinyatakan aspal layak digunakan pada pembuatan benda uji. Adapun hasil pengujian aspal disajikan pada Tabel 7.

**Tabel 7.** Hasil pengujian aspal Pen 60/70

Pengujian	Nilai	Satuan	Spesifikasi	Keterangan
Berat Jenis	1,07	Kg/m <sup>3</sup>	> 1 Kg/m <sup>3</sup>	Memenuhi
Penetrasi	69,5	mm	60 - 70	Memenuhi
Daktilitas	140,5	cm	> 100 cm	Memenuhi
Titik Lembek	52,5	°C	48 °C – 58 °C	Memenuhi

## 3.2. Hasil analisis *marshall test*

Sebelum dilakukan pengujian marshall benda uji terlebih dulu di ukur tinggi dan berat. Pengujian marshall berupa pelelehan (*flow*) dan stabilitas benda uji, kemudian proses perhitungan untuk mendapatkan hasil parameter *marshall* berupa VIM, VMA, VFA, Stabilitas, Kelelehan (*Flow*), dan MQ. Adapun pengujian *marshall* pada benda uji ditunjukkan pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Pengujian *marshall test*

Setelah pengujian *marshall* didapat nilai rata-rata dari VIM, VMA, VFA, Stabilitas, Kelelehan (*Flow*), dan MQ pada benda uji inovasi di tunjukkan pada Tabel 8.

**Tabel 8.** Hasil perhitungan berdasarkan parameter *marshall*

Uraian Pemeriksaan	Nilai	Spesifikasi	Metoda	Ket.
VIM ( <i>Void in the Mix</i> )	4,11	3-5%	AASHTO M323	Memenuhi
VFA ( <i>Void in Filled With Asphalt</i> )	77,33	Min 65 %	AASHTO M323	Memenuhi
VMA ( <i>Void Mineral Agregat</i> )	13,15	Min. 15%	AASHTO M323	Tidak Memenuhi
Stabilitas <i>Marshal</i>	1893,73	Min. 800 Kg	ASTM D6927-06	Memenuhi
Kelelehan ( <i>Flow</i> )	2,17	2 - 4 mm	ASTM D5581-07a	Memenuhi
Hasil bagi Marshall	1070,03	Min 200 kg/mm	ASTM D6927-06 dan ASTM D5581-07a	Memenuhi

Berdasarkan hasil yang disajikan pada Tabel 8 didapatkan hasil rata-rata VIM, VFA, Stabilitas *Marshal*, Kelelehan (*Flow*), Serta MQ telah memenuhi spesifikasi, akan tetapi untuk nilai VMA tidak memenuhi yang telah diisyaratkan. Nilai VMA cenderung menurun disebabkan abu serbuk kayu yang tinggi membuat ruang yang tersedia untuk menampung volume aspal dan volume rongga dalam udara yang diperlukan dalam campuran semakin sedikit (Salim, dkk, 2020). Pemakaian tinggi persentase penambahan abu serbuk kayu maka nilai VMA semakin rendah yang akan mempengaruhi bertambahnya volume aspal yang mengikat pada permukaan agregat dan terserap oleh abu serbuk kayu (Sari, dkk, 2019). Adapun hasil rekapitulasi pengujian durabilitas *marshall* disajikan pada Tabel 9.

**Tabel 9.** Durabilitas

Durasi Waktu	Kadar ASK 25% dan FAP (%)	Durabilitas IKS Standar (Spesifikasi > 90 %)	Keterangan
30 Menit	ASK 25 % + FAP 0,3%	-	
	ASK 25 % + FAP 0,4%	-	
	ASK 25 % + FAP 0,5%	-	
<b>Rata-rata</b>		-	
24 Jam	ASK 25 % + FAP 0,3%	94,01	Memenuhi
	ASK 25 % + FAP 0,4%	91,87	Memenuhi
	ASK 25 % + FAP 0,5%	90,84	Memenuhi
<b>Rata-rata</b>		<b>92,24</b>	Memenuhi
48 Jam	ASK 25 % + FAP 0,3%	93,12	Memenuhi
	ASK 25 % + FAP 0,4%	90,96	Memenuhi
	ASK 25 % + FAP 0,5%	82,54	Tidak Memenuhi
<b>Rata-rata</b>		<b>88,87</b>	Tidak Memenuhi
72 Jam	ASK 25 % + FAP 0,3%	85,70	Tidak Memenuhi
	ASK 25 % + FAP 0,4%	76,48	Tidak Memenuhi
	ASK 25 % + FAP 0,5%	78,04	Tidak Memenuhi
<b>Rata-rata</b>		<b>80,07</b>	Tidak Memenuhi

Hasil durabilitas standar berdasarkan perhitungan IKS (Indeks Kekuatan Sisa) didapatkan campuran AC-WC dengan variasi penambahan kadar ASK 25 % dan FAP terhadap uji durabilitas telah memenuhi Spesifikasi Umum 2018 Revisi 2 pada variasi campuran AC-WC dan ASK 25 % terhadap substitusi *filler* dengan penambahan kadar optimum FAP 0,3 %.

#### 4. Kesimpulan

Dari pengujian dan analisis data yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut:

- 1) Kadar optimum penggunaan FAP pada campuran AC-WC dengan ASK 25% yaitu sebanyak 0,3 %.
- 2) Anggaran biaya yang diperlukan pada campuran AC-WC dengan ASK 25% lebih efisien

dibandingkan dengan campuran konvensional dikarenakan berkurangnya penggunaan semen pada *filler*, tetapi pada campuran inovasi relatif lebih mahal dibandingkan dengan campuran konvensional dikarenakan harga FAP itu sendiri memang cenderung mahal.

- 3) Hasil dari nilai Marshall yang didapatkan berdasarkan rata-rata meliputi VIM 4,11 %, VMA 13,15%, VFA 77,33%, Stabilitas 1893,73 Kg, Kelelehan (Flow) 2,17 mm dan MQ 1070,03 kg/mm dari variasi limbah serbuk kayu dengan zat aditif *anti stripping agent* pada lapis aus AC-WC (*Asphalt Concrete – Wearing Course*) telah memenuhi Spesifikasi Umum 2018. Hasil Analisa pada campuran variasi limbah serbuk kayu (ASK) dan penambahan zat aditif *anti stripping agent* pada lapis aus AC- WC memiliki karakteristik campuran yang cenderung kaku dan getas namun masih memiliki sifat plastis.
- 4) Nilai keawetan (durabilitas) rata -rata IKS dengan variasi limbah serbuk kayu dan penambahan zat aditif *anti stripping agent* pada lapis aus AC- WC (*Asphalt Concrete – Wearing Course*) dengan waktu perendaman yang berurutan yaitu, 24 jam 92,24%, 48 jam 88,87%, 72 jam 80,08%. Serta kadar FAP yang memiliki nilai IKS tertinggi yaitu terdapat pada kadar FAP 0,3 % dan dapat diartikan FAP 0,3 % dengan campuran ASK 25 % pada AC-WC merupakan campuran yang optimal dan memenuhi nilai batas dalam Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018 (Revisi 2).
- 5) Nilai IKS pada benda uji inovasi di atas batas minimal yang ditetapkan Bina Marga, (2018) revisi 2 yaitu 90 %, sehingga dianggap cukup *durable*, sedangkan nilai IKS benda uji yang mengalami penuaan di bawah 90 %, sehingga dianggap tidak cukup *durable*.

## Ucapan terima kasih

Terima kasih kepada Universitas Diponegoro, Dosen pembimbing beserta seluruh pihak yang telah membantu proses keberlangsungan pelaksanaan hingga akhir penelitian ini. Ucapan terimakasih penulis sampaikan juga untuk teman-teman yang sudah membantu penelitian ini.

## Referensi

- Aminsyah, M. (2014). Studi Eksperimental Penambahan Zat Aditif Anti Stripping Pada Kinerja Campuran Aminsyah, M. (2014). Studi Eksperimental Penambahan Zat Aditif Anti Stripping Pada Kinerja Campuran Aspal Beton (Ac-Wc). *Jurnal Teknik Sipil Dan Lingkungan*, 642-647.
- Anggrainia, Y., Alfian Malik, & Sebayang, M. (2020). Analisa Kinerja Campuran Ac-Wc Dengan Pemanfaatan Kombinasi Limbah Abu Bata Dan Abu Serbuk Kayu Sebagai Filler. *Jurnal Sainstek*.
- Attamimi, M. F., F. A., & Desei, F. L. (2021). Kajian Durabilitas Dan Penuaan Asphalt Concrete-Wearing Course (Ac-Wc) Asbuton Pracampur Terhadap Variasi Lama Rendaman. *Composte Journal*, 32-40.
- Cahyaa, C. Y., Saleh, S. M., & Anggraini, R. (2018). Karakteristik Penggunaan Abu Serbuk Kayu Sebagai Substitusi Filler Pada Campuran Laston Lapis Aus. *Jurnal Arsip Rekayasa Sipil Dan Perencanaan*, 61-68.
- Hardiyatmo, H. C. (2015). *Pemeliharaan Jalan Raya : Perkerasan, Drainase, Longsoran*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Pratama, M. M., Afdila, Z. N., & Karyadi, K. (2021). Analisis Daktilitas Balok Beton Gradasi Dengan Disparitas Mutu Beton Serat Tekan Dan Serat Tarik. *Jurnal Bangunan*.
- Putri, A. D. (2022). *Pengaruh Penambahan Serbuk Arang Tempurung Kelapa*. Bandar Lampung.
- Saifuddin, M. I. (2010). *Pengaruh Penambahan Campuran*.
- Simanjuntak, A. J., Desriantomy, & Silitonga, S. P. (2021). *Pemanfaatan Abu Serbuk Kayu Sebagai Tambahan*. *Jurnal Teknika*, 1-10.
- Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2. (N.D.). Jakarta: Ementerian Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat Direktorat Jendrak Bina Marga.
- Sukirman, S. (2016). *Beton Aspal Campuran Panas*. Jakarta: Institut Teknologi Nasional.
- Zulfhazli, A. (2018). *Penggunaan Abu Batu Bara Sebagai Filler Pada Campuran Aspal Beton AC-BC*. *Teras Jurnal : Jurnal Teknik Sipil*.
- Sari, M., Montolalu, W., Arifin, W., Syarkawi, M. T., & Anies, M. K. (2019). *Pengaruh Variasi Lama Perendaman Terhadap Durabilitas Campuran Aspal dengan Abu Sekam Kayu pada*. *JILMATEKS*.
- Sukirman, S. (2012). *Beton Aspal Campuran Panas*. Jakarta: Institut Teknologi Nasional.



## Perencanaan ulang bangunan gedung dormitory kawasan sains dan teknologi (KST) nuklir Yogyakarta berbasis *building information modelling* (BIM) 5D

Anis Salma Al Fridasari<sup>a\*</sup>, Saka Aditama<sup>b</sup>, Asri Nurdiana<sup>c</sup>, Bambang Setiabudi<sup>d</sup>

<sup>a\*, b, c, d</sup> *Teknik Infrastruktur Sipil dan Perancangan Arsitektur, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro, Indonesia*

### ARTICLE INFO

#### Corresponding author:

Email:  
[ansalmaalf1712@gmail.com](mailto:ansalmaalf1712@gmail.com)

#### Article history:

Received : 04 June 2024  
Accepted : 19 September 2024  
Publish : 30 September 2024

#### Keywords:

Autodesk Revit, Building Information Modelling, Planning, Structure

### ABSTRACT

*Building Information Modeling (BIM) is a method of processing data during the life cycle of a construction project that uses three-dimensional, real-time, and dynamic building modeling software, thereby creating a complete model related to project data from the planning to the construction phase of the project. In the re-planning of the Yogyakarta Nuclear Science and Technology (KST) Dormitory Building based on Building Information Modeling (BIM) 5D, a special moment resisting frame system (SRPMK) structure was used. The planned building consists of 7 floors, including the lower structure consisting of a 50x50 square pile foundation and five types of pile cap, the upper structure consisting of columns, beams, and floor plates. The quality of concrete in the structure used is  $f_c' 40 \text{ Mpa}$  and  $35 \text{ Mpa}$  with reinforcing steel quality  $f_y 420B$ . In this planning, 2D and 3D modeling was carried out. Structural analysis was carried out using the SAP2000 application, which was then continued with 2D 3D modeling and Quantity take-off results using Revit and Scheduling using Ms. Projects. The Draft Budget (RAB) results for this planning are Rp. 37,691,368,000.00. The planned duration of work is 26 weeks. The results of the scheduling and RAB are then integrated using the Naviswork software so that the simulation results of the work to be planned can be seen.*

Copyright © 2024 PILARS-UNDIP

## 1. Pendahuluan

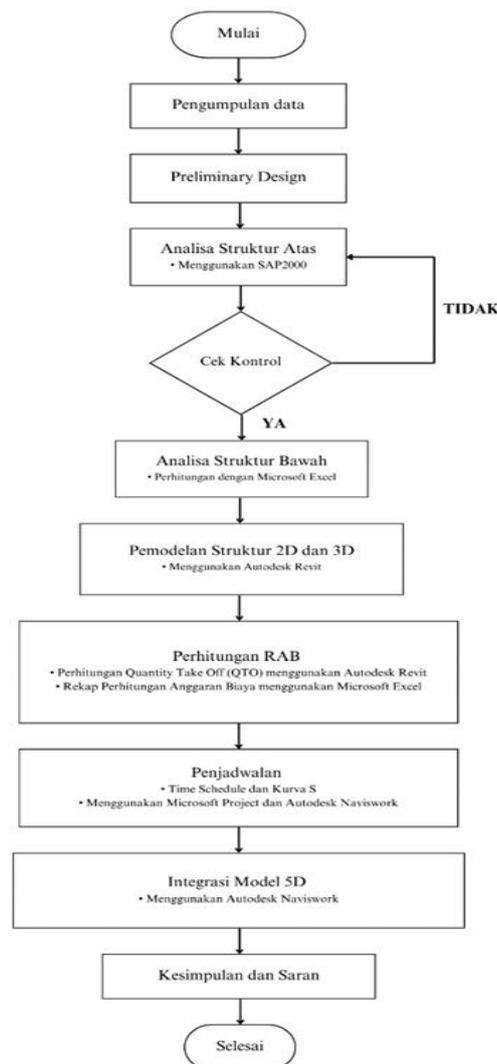
Sebagai negara berkembang, Indonesia optimis untuk maju diberbagai bidang. Hal tersebut juga membuat pembangunan infrastruktur digerakkan dengan cepat. Proyek Konstruksi baik jalan, jembatan maupun gedung bertingkat gencar dilakukan. Akan tetapi, di Indonesia sendiri proyek konstruksi sebagian besar masih menggunakan metode konvensional berupa *software* seperti AutoCAD, Sketchup maupun *Microsoft Excel* (Berlian P. dkk., 2016). Beberapa masalah juga sering timbul akibat penggunaan metode konvensional ini, seperti banyaknya terjadi perubahan baik pada gambar, biaya dan penjadwalan serta sering terjadinya desain gambar yang bertabrakan (Laily dkk., 2021). Hal tersebut mengakibatkan pekerjaan tidak efisien karena akan memakan waktu untuk melakukan perubahan ulang. Oleh sebab itu, untuk mempermudah dan mempercepat suatu proyek konstruksi, para pelaku pada bidang ini bersaing dalam menguasai teknologi modern. Dengan kata lain, karena terjadinya persaingan maka perkembangan juga terjadi dengan kuat (Wibowo, 2021).

Salah satu perkembangan teknologi di bidang konstruksi sendiri yaitu *Building information modelling* (BIM). BIM sendiri sudah banyak digunakan pada konstruksi di Negara maju (Rizky Hutama & Sekarsari, 2019). Melihat beberapa kesuksesan proyek konstruksi dengan menggunakan metode BIM, membuat beberapa kontraktor pada negara berkembang mulai menerapkan BIM pada proyek

konstruksi, namun pada negara berkembang seperti Indonesia masih belum banyak yang menerapkan penggunaan BIM (Nelson & Sekarsari, 2019). Dengan begitu para partisipasi pada dunia konstruksi akan berlomba-lomba untuk menerapkan penggunaan BIM. Konsep BIM sendiri meringkas semua kaitan pada suatu proyek pembangunan menjadi satu (Restu dkk., 2019). Dengan adanya BIM memudahkan konsultan, kontraktor, pengawas, dan owner untuk bertukar informasi secara efektif dikarenakan BIM sendiri mawadahi dari perencanaan hingga *maintenance* bangunan itu sendiri (Dias Afandi, 2022). “Bangunan Gedung Negara (GBN) diatas 2 lantai yang memiliki luas diatas 2000 m2, mulai diterapkan penggunaan BIM sesuai dengan Permen PUPR No. 22 Tahun 2018” (BIM PUPR, 2019). Hal tersebut merupakan bukti pemerintah juga mendorong adanya perkembangan di bidang infrastruktur (Kementrian PUPR, 2018). Dengan demikian pada Tugas Akhir ini akan dibahas mengenai Perencanaan Ulang Bangunan Gedung Dormitory Kawasan Sains Dan Teknologi (KST) Nuklir Yogyakarta *Berbasis Building Information Modelling (BIM) 5D*. Perencanaan ulang yang akan dilakukan meliputi pekerjaan struktur bawah dan struktur bawah hingga dihasilkan *output* berupa perhitungan dan analisa struktur, desain 2D dan 3D, rencana anggaran biaya, dan penjadwalan proyek.

## 2. Data dan metode

Pada perencanaan Gedung Dormitory Kawasan Sains Dan Teknologi (KST) Nuklir Yogyakarta Berbasis *Building Information Modelling (BIM) 5D*, menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Perencanaan yang dilakukan meliputi pekerjaan pondasi, pilecap, kolom, balok, dan plat lantai. Alur dalam perencanaan ditujukan pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Diagram Alir Perencanaan

Adapun pedoman atau peraturan SNI yang digunakan pada perencanaan ini adalah sebagai berikut:

- 1) Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung (PPIUG 1983)
- 2) Baja tulangan beton (SNI 2052-2017)
- 3) Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung (SNI 2847-2013 dan SNI 2847-2019)
- 4) Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-Gedung
- 5) (SNI 1726-2019)
- 6) Perencanaan Struktur Beton Bertulang pada Bangunan Gedung (SNI 1727-2020)\

### 3. Hasil dan pembahasan

#### 3.1. Preliminary design

##### 3.1.1. Perhitungan dimensi balok

- 1) Balok induk

Balok bentang 6000 mm, dengan mutu baja BjTS 420B ( $f_y$  420 Mpa), maka:

$$\begin{aligned} h_{\min} &\geq L/12 \\ &\geq 6000/12 \\ &\geq 500 \text{ mm} \approx 500 \text{ mm} \\ b &= 1/2 \times h \\ &= 1/2 \times 500 \\ &= 250 \text{ mm} \approx 400 \text{ mm} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan didapatkan dimensi balok yaitu 600 x 450 mm

- 2) Balok anak

Balok bentang 6000 mm, dengan mutu baja BjTS 420B ( $f_y$  420 Mpa), maka :

$$\begin{aligned} h_{\min} &\geq L/16 \\ &\geq 6000/16 \\ &\geq 375 \text{ mm} \approx 450 \text{ mm} \\ b &= 1/2 \times h \\ &= 1/2 \times 450 \\ &= 225 \text{ mm} \approx 250 \text{ mm} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan didapatkan dimensi balok yaitu 400 x 250 mm. Adapun perhitungan *preliminary* balok disajikan pada rekapitulasi pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Tabel rekapitulasi *preliminary design* balok

No	Tipe	Bentang (mm)	Tinggi min. (mm)	Tinggi (mm)	Lebar min. (mm)	Lebar (mm)
1	B1	3000	250	450	125	350
2	B1K	1500	187,5	450	93,75	350
3	B2	6000	375	400	225	250
4	B3	6000	500	500	250	350
5	B4	6000	500	600	250	450
6	B5	2000	166,67	225	83,333	200

##### 3.1.2. Perhitungan dimensi kolom

Hasil rekapitulasi perhitungan *preliminary* perhitungan dimensi balok disajikan pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Reakpitulasi *preliminary design* balok

No.	Tipe	Bentang Balok (mm)	Tinggi Kolom (mm)	h balok (mm)	b balok (mm)	h kolom min. (mm)	h kolom (mm)	b kolom (mm)
1	K1	3000	6000	4860	600	450	448,6046	700
2	K1	1500	6000	3600	600	450	416,1791	700
3	K2	6000	6000	3600	600	450	416,1791	650

### 3.1.3. Perhitungan plat lantai

Hasil rekapitulasi perhitungan *preliminary* plat lantai disajikan pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Rekapitulasi *preliminary design* plat lantai

No.	Tipe	Bentang Lx (mm)	Bentang Ly (mm)	Tebal Pelat (mm)
1	S1	3000	6000	120
2	S1	2000	6000	120
3	S2	1500	6000	180
4	S3	3000	6000	130
5	S4	6000	6000	220

## 3.2. Analisis struktur

Analisis Struktur Gedung Dormitory Kawasan Sains dan Teknologi (KST) Nuklir Yogyakarta menggunakan *software* SAP2000. Dalam melakukan analisis dilakukan beberapa tahap pengecekan untuk memastikan bahwa dimensi struktur yang direncanakan dalam keadaan aman dan tidak mengalami *overstressed*, diantaranya sebagai berikut :

### 3.2.1. Analisis spektrum respons ragam

Analisis jumlah ragam harus dilakukan untuk mengidentifikasi jumlah ragam getaran alami pada struktur dengan massa ragam diatas 90% sesuai dengan SNI 1726-2019 Pasal 7.9.1.1. Tabel 4 merupakan kontrol analisis spektrum respons ragam pada gedung Dormitory Kawasan Sains dan Teknologi (KST) Nuklir Yogyakarta yang sudah mencapai lebih dari 90% pada arah x dan arah y.

**Tabel 4.** Modal partisipasi massa rasio

Step Num	Period	Sum UX	Sum UY
Unitless	Sec	Unitless	Unitless
1	1,473648	0,8104	0,000096
2	1,426726	0,8105	0,81359
3	1,413516	0,8105	0,8136
4	0,45541	0,91893	0,81361
5	0,442367	0,91894	0,92143
6	0,434837	0,91894	0,92143
7	0,28209	0,91894	0,92143
8	0,282089	0,91894	0,92143
9	0,276826	0,91894	0,92143
10	0,276818	0,91894	0,92143
11	0,24433	0,959	0,92143
12	0,236623	0,959	0,96173

### 3.2.2. Perbandingan geser dasar statis dan dinamis

Syarat untuk kombinasi respons gaya geser dasar hasil analisis ragam ( $V_t$ ) harus lebih dari 100% dari gaya geser ( $V$ ) yang dihitung melalui metode statik ekuivalen. Jika kurang dari 100% maka dikalikan dengan  $V/V_t$  sesuai SNI 1726-2019 pasal 7.9.1.4.1, hasil perbandingan dapat dilihat pada Tabel 5.

**Tabel 5.** Perbandingan geser dasar statis dan dinamis

Base Shear	Dinamik (VD)	Statik (VS)	Faktor skala	Kontrol
	Geser Dasar (kN)	Geser Dasar (kN)	VS/VD	(VD) $\geq$ 100% VS
Arah X	18430,02	13666,58	0,741539	OK
Arah Y	19201,75	13666,58	0,711736	OK

### 3.2.3. Simpangan antar lantai

Berdasarkan SNI 1726-2019 pasal 7.12.1, Besarnya simpangan antar lantai dapat ditentukan melalui nilai perpindahan elastis dan  $\delta_{xe}$  yang dikalikan dengan faktor pembesar  $C_d/I_e$ . Kemudian dihitung defleksi pusat massa dan dilakukan cek kontrol menggunakan simpangan lantai tingkat izin. Pada SAP2000 didapatkan hasil Simpangan antar lantai Arah X dan Arah Y pada Tabel 6 dan Tabel 7.

**Tabel 6.** Simpangan antar lantai arah X

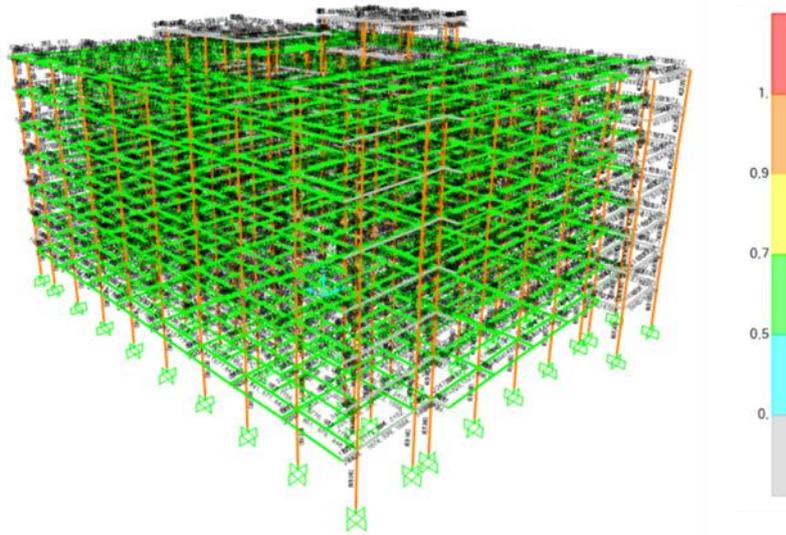
Lantai	Hsx (mm)	dx (mm)	$\Delta x$ (mm)	$\Delta$ ijin (mm)	Kontrol $\Delta x < \Delta$ ijin
ATAP	3600	0,1102	0,0415	72	OK
LT.7	3600	0,1026	0,0635	72	OK
LT.6	3600	0,0911	0,0860	72	OK
LT.5	3600	0,0754	0,1049	72	OK
LT.4	3600	0,0564	0,1120	72	OK
LT.3	3600	0,0360	0,1091	72	OK
LT.2	4860	0,0162	0,0890	97	OK
Dasar	0	0	0	0	

**Tabel 7.** Simpangan antar lantai arah Y

Lantai	Hsy (mm)	dy (mm)	$\Delta x$ (mm)	$\Delta$ ijin (mm)	Kontrol $\Delta x < \Delta$ ijin
ATAP	3600	0,1072	0,0391	72	OK
LT.7	3600	0,1001	0,0608	72	OK
LT.6	3600	0,0890	0,0830	72	OK
LT.5	3600	0,0740	0,1018	72	OK
LT.4	3600	0,0554	0,1090	72	OK
LT.3	3600	0,0356	0,1071	72	OK
LT.2	4860	0,0162	0,0889	97	OK
Dasar	0	0	0	0	

### 3.2.4. Analisis rasio batang

Pada Kontrol Rasio Batang dilakukan pengecekan terhadap efisiensi penampang dan kecocokan jenis material yang digunakan, dengan hasil menunjukkan kesesuaian antara penampang dan material yang direncanakan tanpa adanya ketidakcocokan. Selanjutnya, pemeriksaan kelayakan struktur juga telah dilakukan untuk memastikan bahwa tidak ada kolom atau balok yang mengalami kelebihan beban (*overstressed*). Hasil analisis rasio batang dapat dilihat pada Gambar 2.



**Gambr 2.** Hasil kontrol efisiensi penampang

### 3.3. Perhitungan struktur atas

#### 3.3.1. Penulangan struktur balok

Penulangan struktur balok didasarkan pada hasil *output* gaya momen ( $M_u$ ) dan gaya geser ( $V_u$ ) balok di SAP2000, kemudian menghitung  $A_s$  perlu dan membandingkan dengan  $A_s$  minimum pada komponen struktur berdasarkan SNI 2847-2019 untuk mendapatkan tulangan utama yang dibutuhkan. Sedangkan untuk tulangan geser balok dilakukan perhitungan sengkang yang kemudian digunakan untuk mendapatkan kebutuhan tulangan dan jarak antar tulangan. Adapun hasil rekapitulasi penulangan lentur dan geser balok disajikan pada Tabel 8 dan Tabel 9. Sedangkan contoh detail penulangan struktur balok tipe B2 ditunjukkan pada Gambar 3.

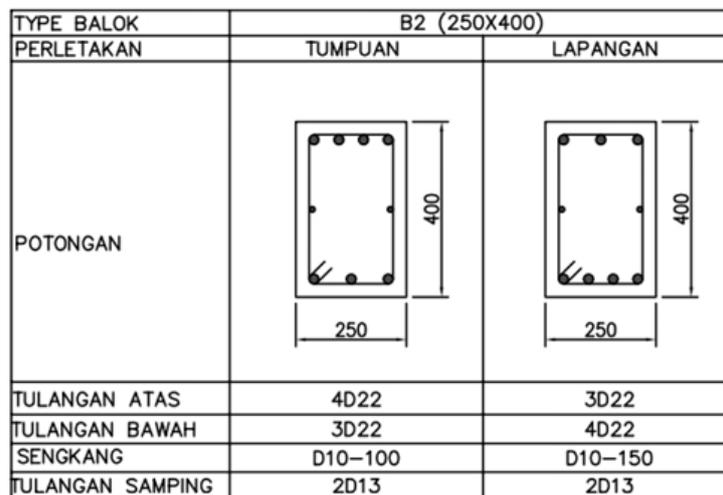
**Tabel 8.** Rekapitulasi penulangan lentur balok

Tipe	Dimensi (mm)	Daerah	Letak Tulangan	$M_u$ (KNm)	$A_s$ perlu (mm <sup>2</sup> )	As min 1	As min 2	$A_s$ terpasang (mm <sup>2</sup> )	Dipasang
B1	350 X 450	Tumpuan	Atas	225,6694	977,132	491,774	465,500	1139,820	3 D 22
			Bawah		465,5		759,880	2 D 22	
		Lapangan	Atas		341,946		759,880	2 D 22	
			Bawah	102,8996	227,964	491,774	465,500	1139,820	3 D 22
B1K	350 X 450	Tumpuan	Atas	22,1571	83,692	491,774	465,500	759,880	2 D 22
			Bawah		227,964		759,880	2 D 22	
		Lapangan	Atas		227,964		759,880	2 D 22	
			Bawah	22,1571	83,692	491,774	465,500	759,880	2 D 22
B2	250 X 400	Tumpuan	Atas	47,7063	290,833	307,249	290,833	1519,760	4 D 22
			Bawah		290,833		1139,820	3 D 22	
		Lapangan	Atas		455,928		1139,820	3 D 22	
			Bawah	23,9468	341,946	307,249	290,833	1519,760	4 D 22
B3	350 X 500	Tumpuan	Atas	306,0862	1192,853	553,400	523,833	1899,700	5 D 22

			Bawah		523,833			1139,820	3 D 22
		Lapangan	Atas		569,91			1139,820	3 D 22
			Bawah	102,6388	341,946	553,400	523,833	1899,700	5 D 22
B4	450 X 600	Tumpuan	Atas	505,8052	1569,925	869,981	823,500	1899,700	5 D 22
			Bawah		823,5			1139,820	3 D 22
		Lapangan	Atas		569,91			1139,820	3 D 22
			Bawah	208,4777	341,946	869,981	823,500	1899,700	5 D 22
B5	200 X 225	Tumpuan	Atas	27,3056	276,737	122,547	116	1139,820	3 D 22
			Bawah		116			759,880	2 D 22
		Lapangan	Atas		341,946			759,880	2 D 22
			Bawah	12,5725	227,964	122,547	116	1139,820	3 D 22

**Tabel 9.** Rekapitulasi penulangan geser balok

Tipe	Dimensi (mm)	Daerah	Vu (N)	ØVn (N)	Spasi max 1 (mm)	Spasi max 2 (mm)	Spasi max 3 (mm)	Dipasang
B1	350 X 450	Tumpuan	173300	300598,0177	100	132	150	2 D10 – 100
		Lapangan	156741	234822,8677	200			2 D10 – 150
B1K	350 X 450	Tumpuan	23189	300598,0177	100	132	150	2 D10 – 100
		Lapangan	23189	234822,8677	200			2 D10 – 150
B2	250 X 400	Tumpuan	28399	237120,1951	100	132	150	2 D10 – 100
		Lapangan	23399	179587,5451	200			2 D10 – 150
B3	350 X 500	Tumpuan	168948	338266,9422	100	132	150	2 D10 – 100
		Lapangan	128623	264249,2922	200			2 D10 – 150
B4	450 X 600	Tumpuan	223107	363701,2388	100	132	150	2 D10 – 100
		Lapangan	210143	363701,2388	200			2 D10 – 150
B5	200 X 225	Tumpuan	28061	111786,6471	100	132	150	2 D10 – 100
		Lapangan	27341	83102,74706	200			2 D10 – 150



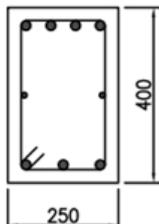
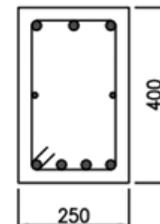
**Gambar 3.** Detail penulangan balok B2

### 3.3.2. Penulangan struktur kolom

Penulangan struktur kolom didasarkan pada hasil *output* As perlu kolom di SAP2000, kemudian menghitung As terpasang berdasarkan SNI 2847-2019 untuk mendapatkan tulangan utama yang dibutuhkan. Saedangkan untuk tulangan geser kolom menggunakan Av atau As perlu sengkang yang kemudian digunakan untuk mendapatkan kebutuhan tulangan dan jarak antar tulangan. Adapun hasil rekapitulasi penulangan lentur dan geser kolom disajikan pada Tabel 10 dan contoh detail penulangan struktur balok tipe B2 ditunjukkan pada Gambar 4.

**Tabel 10.** Rekapitulasi penulangan geser balok

Tipe	Dimensi (mm)	Daerah	Vu (N)	$\phi V_n$ (N)	Spasi max 1 (mm)	Spasi max 2 (mm)	Spasi max 3 (mm)	Dipasang
B1	350 X 450	Tumpuan	173300	300598,0177	100	132	150	2 D10 - 100
		Lapangan	156741	234822,8677	200			2 D10 - 150
B1K	350 X 450	Tumpuan	23189	300598,0177	100	132	150	2 D10 - 100
		Lapangan	23189	234822,8677	200			2 D10 - 150
B2	250 X 400	Tumpuan	28399	237120,1951	100	132	150	2 D10 - 100
		Lapangan	23399	179587,5451	200			2 D10 - 150
B3	350 X 500	Tumpuan	168948	338266,9422	100	132	150	2 D10 - 100
		Lapangan	128623	264249,2922	200			2 D10 - 150
B4	450 X 600	Tumpuan	223107	363701,2388	100	132	150	2 D10 - 100
		Lapangan	210143	363701,2388	200			2 D10 - 150
B5	200 X 225	Tumpuan	28061	111786,6471	100	132	150	2 D10 - 100
		Lapangan	27341	83102,74706	200			2 D10 - 150

TYPE BALOK	B2 (250X400)	
PERLETAKAN	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN		
TULANGAN ATAS	4D22	3D22
TULANGAN BAWAH	3D22	4D22
SENGKANG	D10-100	D10-150
TULANGAN SAMPING	2D13	2D13

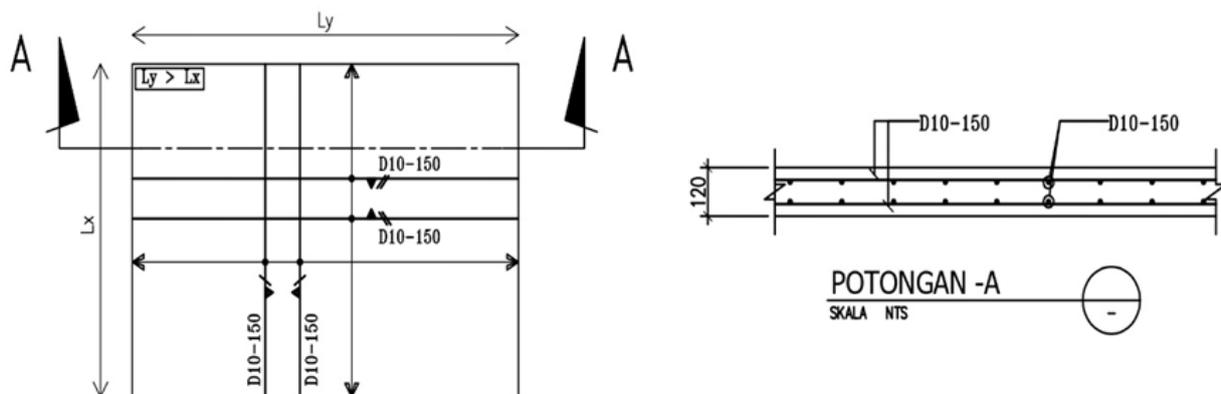
**Gambar 4.** Detail penulangan balok B2

### 3.3.3. Penulangan struktur plat

Penulangan struktur balok didasarkan pada hasil *output* gaya momen ( $M_u$ ) di SAP2000, kemudian menghitung kebutuhan tulangan dan jarak antar tulangan. Adapun hasil rekapitulasi penulangan pelat lantai disajikan pada Tabel 11 dan contoh detail potongan penulangan struktur plat tipe S1 ditunjukkan pada Gambar 5.

**Tabel 11.** Rekapitulasi penulangan plat lantai

Type	Arah	Daerah	Mu (KNm)	As perlu (mm <sup>2</sup> )	d' (mm)	Luas (mm <sup>2</sup> )	As terpasang (mm <sup>2</sup> )	Dipasang
S1	X	Tumpuan	1,625304	283,3333333	85	277,06	523,33	D10 - 150
		Lapangan	1,437591	283,3333333	85	277,06	523,33	D10 - 150
	Y	Tumpuan	7,244237	283,3333333	85	277,06	523,33	D10 - 150
		Lapangan	2,3234	283,3333333	85	277,06	523,33	D10 - 150
S2	X	Tumpuan	6,491332	483,3333333	145	162,41	523,33	D10 - 150
		Lapangan	6,260095	483,3333333	145	162,41	523,33	D10 - 150
	Y	Tumpuan	8,074481	483,3333333	145	162,41	523,33	D10 - 150
		Lapangan	5,190892	483,3333333	145	162,41	523,33	D10 - 150
S3	X	Tumpuan	3,536278	316,6666667	95	247,89	523,33	D10 - 150
		Lapangan	1,735535	316,6666667	95	247,89	523,33	D10 - 150
	Y	Tumpuan	5,71758	316,6666667	95	247,89	523,33	D10 - 150
		Lapangan	2,420603	316,6666667	95	247,89	523,33	D10 - 150
S4	X	Tumpuan	130,2336	611,6666667	184	216,89	884,43	D13 - 150
		Lapangan	124,032	611,6666667	184	216,89	884,43	D13 - 150
	Y	Tumpuan	396,9024	611,6666667	184	216,89	884,43	D13 - 150
		Lapangan	347,2896	611,6666667	184	216,89	884,43	D13 - 150

**Gambar 5.** Detail dan potongan penulangan plat lantai S1

### 3.4. Perhitungan struktur bawah

#### 3.4.1. Perhitungan tiang pancang

Perhitungan tiang pancang menggunakan hasil *output* Gaya Aksial (Pu) dari kolom dari SAP2000, data hasil sondir untuk mengetahui daya dukung pancang, dan dimensi tiang pancang. Dari hasil perhitungan didapat kebutuhan jumlah titik pancang dan efisiensi pondasi tiang pancang.

$$\begin{aligned}
 Q_u &= 216 \text{ Ton} \\
 W &= V_d \times \gamma_{\text{beton}} \\
 &= 1050000 \times 0,0024 \\
 &= 2520 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{nett}} &= Q_u - W \\
 &= 216000 - 2520
 \end{aligned}$$

$$= 213480 \text{ Kg} = 213,48 \text{ Ton}$$

$$\begin{aligned} n &= P / Q_{\text{nett}} \\ &= 308,9853572 / 213,48 \\ &= 1,4473737 \approx 4 \text{ titik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Eff} &= 1 - \frac{\theta (n-1)m + (m-n)n}{90 \times m \times n} \\ &= 1 - \frac{21,8014 (2-1)2 + (2-1)2}{90 \times m \times n} \\ &= 0,87888 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{izin}} &= n \cdot \text{Eff} \cdot Q_{\text{nett}} \\ &= 4 \cdot 0,87888 \cdot 213,6 \\ &= 750,9159 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Maka, direncanakan 4 titik pondasi *precast square pile* 50x50 pada pilecap tipe PC2. Adapun hasil rekapitulasi perhitungan kebutuhan dan efisiensi tiang pancang disajikan pada Tabel 12.

**Tabel 12.** Rekapitulasi kebutuhan tiang pancang dan *pilecap*

Tipe	Tebal (mm)	Pu (Ton)	Qu (Ton)	Q nett (Ton)	n (titik)	Eff	Q izin (Ton)
PC1	1200	248,5394148	216	213,48	5	0,918317166	980,21
PC2	1000	308,9853572	216	213,48	4	0,878881058	750,49
PC3	1600	33,92340507	216	213,48	10	0,915354203	1954,10
PC4	1600	68,7186988	216	213,48	8	0,916465314	1565,18
PC5	1000	36,77896804	216	213,48	3	0,994444444	636,88

### 3.4.2. Perhitungan *pilecap*

Perhitungan *pilecap* menggunakan hasil *output* Gaya Aksial (Pu) dari kolom dari SAP2000, perhitungan momen dan geser, serta berat *poer* itu sendiri. Dari hasil perhitungan didapat As perlu yang kemudian digunakan dalam merencanakan penulangan pada *pilecap*.

$$\begin{aligned} q' &= \gamma \cdot d \cdot t \\ &= 2400 \cdot 2,75 \cdot 1 \\ &= 6600 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Mu &= 2 \left( \frac{Pu}{ns} \times s \right) - 0,5 \cdot q' \cdot B^2 \\ &= 2 \left( \frac{308,985}{4} \times 125 \right) - 0,5 \cdot 6600 \cdot 1,025^2 \\ &= 15844,52233 \text{ kgm} = 158,4452233 \text{ KN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Rn &= \frac{Mu}{\phi \times b \times d^2} \\ &= \frac{158,4452233 \times 10^6}{0,9 \times 2750 \times 878^2} \\ &= 0,083045273 \end{aligned}$$

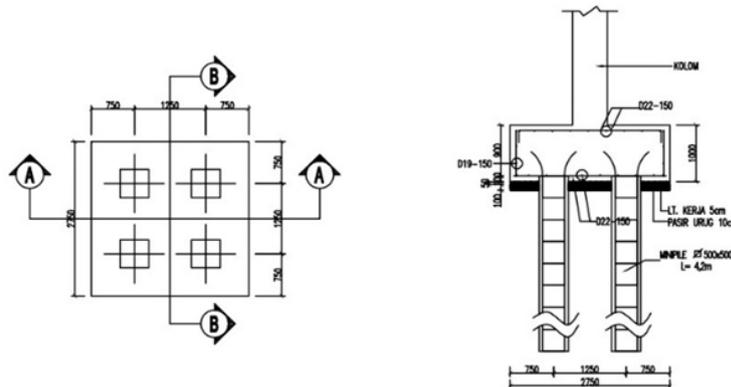
$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{0,85 \times f_c}{f_y} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2}{0,85} \times \frac{Rn}{f_c}} \right) \\ &= \frac{0,85 \times 40}{420} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2}{0,85} \times \frac{0,083045273}{40}} \right) \\ &= 0,0000990450 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{As perlu} &= \rho \text{ perlu} \cdot b \cdot d \\
 &= 0,0000990450 \cdot 2750 \cdot 878 \\
 &= 239,1442581 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Maka, digunakan tulangan D22 – 150 tulangan atas dan Untuk tulangan bawah di tulangan melintang maupun memanjang. Adapun hasil rekapitulasi perhitungan pilecap dapat dilihat pada Tabel 13 dan contoh detail dan potongan penulangan struktur *pilecap* tipe PC2 ditunjukkan pada Gambar 6.

**Tabel 13.** Rekapitulasi kebutuhan tiang pancang dan *pilecap*

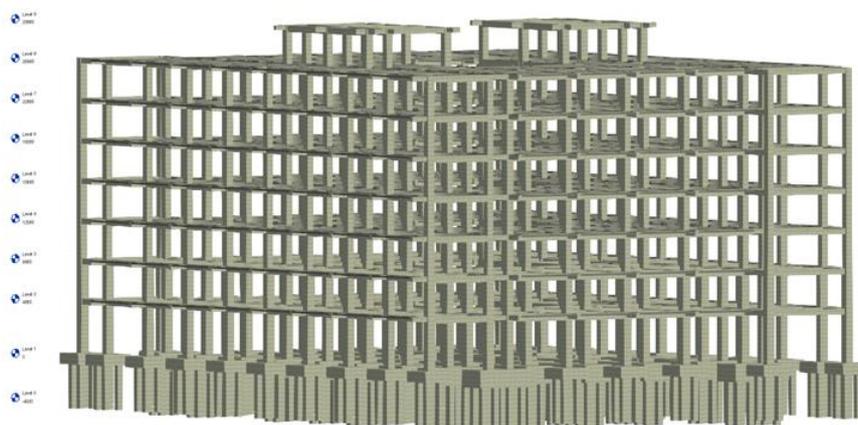
Tipe	Tebal (mm)	Mu (KNm)	$\rho$ perlu	As perlu (mm <sup>2</sup> )	d' (mm)	As pakai (mm <sup>2</sup> )	Dipasang
PC1	1200	100,0475318	0,0000326	122,8366101	1078	8865,27	D22 – 150
PC2	1000	158,4452233	0,0000990	239,1442581	878	6965,57	D22 – 150
PC3	1600	33,92340507	0,0000075	30,36430372	1478	6965,57	D22 – 150
PC4	1600	68,7186988	0,0000151	61,51775775	1478	6965,57	D22 – 150
PC5	1000	36,77896804	0,0000210	55,43098305	878	7598,80	D22 – 150



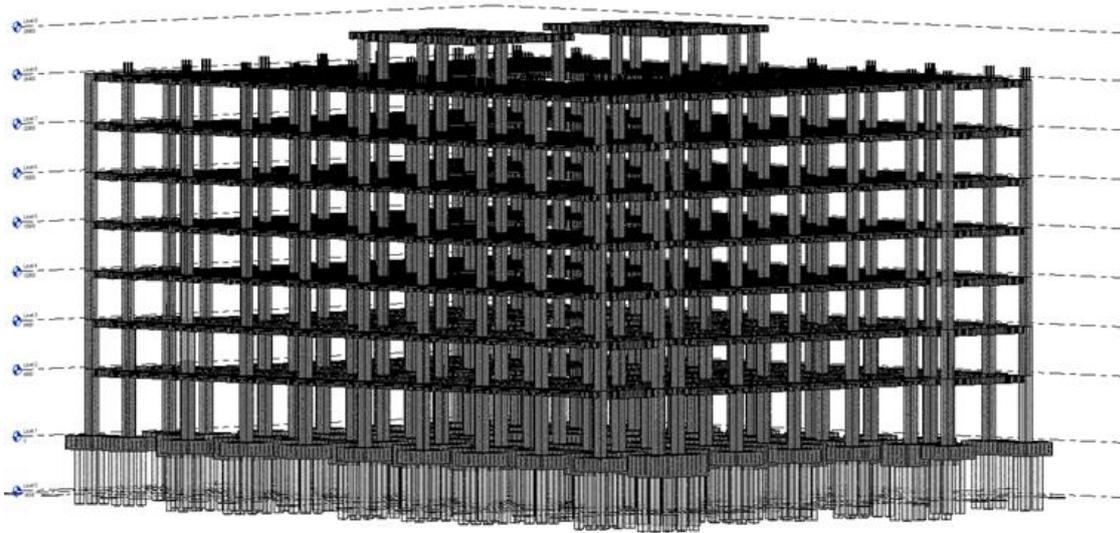
**Gambar 6.** Detail dan potongan penulangan *pilecap* PC2

### 3.5. Pemodelan 3D (3 dimensi)

Pemodelan 3D Gedung Dormitory Kawasan Sains dan Teknologi (KST) Nuklir Yogyakarta dilakukan dengan menggunakan software Autodesk Revit. Pemodelan meliputi struktur pondasi, pilecap, kolom, balok, dan pelat lantai yang dapat dilihat pada Gambar 7 dan Gambar 8.



**Gambar 7.** Pemodelan struktur 3D



**Gambar 8.** Pemodelan tulangan struktur 3D

### 3.6. Rancangan anggaran biaya (RAB)

Perhitungan Rancangan Anggaran Biaya (RAB) dilakukan dengan menggunakan hasil Analisis *Quantity Take Off* dengan bantuan software Revit. Analisa *Quantity Take Off* melakukan perhitungan volume dan jumlah dari setiap komponen yang dapat menjadi acuan dalam perhitungan biaya dan penjadwalan proyek. Hasil rekapitulasi RAB dapat dilihat pada Tabel 14.

**Tabel 14.** Rekapitulasi rancangan anggaran biaya

No	Uraian Pekerjaan	Jumlah Harga
A	Pekerjaan Persiapan	Rp164.261.661
B	Pekerjaan Tanah	Rp970.261.602
C.	Pekerjaan Struktur Bawah	
C.1	Pekerjaan Fondasi Tiang Pancang	Rp1.908.808.011
C.2	Pekerjaan <i>Pilecap</i>	Rp3.704.292.647
D.	Pekerjaan Struktur Atas	
D.1	Lantai 1	Rp3.984.228.338
D.2	Lantai 2	Rp3.498.185.243
D.3	Lantai 3	Rp3.275.783.924
D.4	Lantai 4	Rp3.275.783.924
D.5	Lantai 5	Rp3.275.783.924
D.6	Lantai 6	Rp3.275.783.924
D.7	Lantai 7	Rp3.275.783.924
D.8	Lantai Roof	Rp3.275.783.924
D.9	Lantai Rooftop	Rp408.225.107
JUMLAH		Rp34.292.966.154,98
PPN 11%		Rp3.398.402.051,39
TOTAL		Rp37.691.368.206,38
DIBULATKAN		Rp37.691.368.000,00

### 3.7. Penjadwalan (*time schedule*)

Hasil perhitungan Rancangan Anggaran biaya (RAB) digunakan untuk menentukan penjadwalan proyek menggunakan Microsoft Project seperti pada gambar di bawah ini. Perencanaan penjadwalan pembangunan struktur Gedung Dormitory Kawasan Sains dan Teknologi (KST) Nuklir Yogyakarta



#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan perencanaan struktur Gedung Dormitory Kawasan Sains dan Teknologi (KST) Nuklir Yogyakarta dapat disimpulkan sebagai berikut:

- 1) Pada perencanaan ulang yang dilakukan terdapat perubahan pada struktur bangunan yaitu dimensi dan penulangan pada *Pilecap*, Kolom, Blok, dan Plat lantai dikarenakan faktor pembebanan dan efisiensi luas penampang yang berbeda.
- 2) Hasil Rancangan Anggaran Biaya pada perencanaan struktur sebesar Rp. 37.691.368.000,00 (termasuk PPN 11%).
- 3) Durasi pembangunan direncanakan selama 26 minggu dimulai pada tanggal 02 Juli 2023 dan selesai pada tanggal 30 Desember 2023.

#### Ucapan terima kasih

Terimakasih kepada semua pihak proyek pembangunan Gedung Dormitory Kawasan Sains dan Teknologi (KST) Nuklir Yogyakarta yang telah memberikan data yang dibutuhkan serta semua pihak yang turut membantu dan mendukung dalam penyusunan perencanaan ulang bangunan ini.

#### Referensi

- Badan Standardisasi Nasional. (2017). SNI 2052:2017 Baja Tulangan Beton.
- Badan Standardisasi Nasional. (2020). SNI 1727:2020 Beban Desain Minimum Dan Kriteria Terkait Untuk Bangunan Gedung Dan Struktur Lain.
- Badan Standardisasi Nasional. (2013). SNI 2847:2013 Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung Dan Penjelasan.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). SNI 2847:2019 Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung Dan Penjelasan.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). SNI 1726:2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Non-gedung.
- Berlian P., C. A., Adhi, R. P., Hidayat, A., & Nugroho, H. (2016). Perbandingan Efisiensi Waktu, Biaya, Dan Sumber Daya Manusia Antara Metode Building Information Modelling (Bim) Dan Konvensional (Studi Kasus: Perencanaan Gedung 20 Lantai). *Jurnal Karya Teknik Sipil*, 5(2), 220–229. <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jkts>
- BIM PUPR. (2019, Juli 31). Implementasi BIM di Indonesia untuk Proyek Bangunan Gedung. BIM PUPR. <http://bim.pu.go.id/berita/baca/42/implementasi-bim-di-indonesia-untuk-proyek-bangunan-gedung.html>
- Dias Afandi, D. (2022). Penerapan Building Information Modelling (BIM) Untuk Estimasi Biaya Pekerjaan Rangka Atap Baja Ringan. <https://dspace.uui.ac.id/handle/123456789/38703>
- Kementrian PUPR. (2018). Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 22/PRT/M/2018 Tentang Pembangunan Bangunan Gedung Negara. Dalam *JDIH Kementrian PUPR*.
- Laily, F. N., Husni, H. R., & Bayzoni. (2021). Perbandingan Perhitungan BoQ dengan Menggunakan Revit 2019 Terhadap Perhitungan BoQ dengan Menggunakan Metode Konvensional pada Pekerjaan Struktur (Studi Kasus: Gedung G Fakultas Pertanian Universitas Lampung). *REKAYASA: Jurnal Ilmiah Fakultas Teknik Universitas Lampung*, 25(2), 27–31. <https://doi.org/10.23960/rekrjits.v25i2.30>
- Nelson, & Sekarsari, J. (2019). Faktor Yang Memengaruhi Penerapan Building Information Modeling (BIM) Dalam Tahapan Pra Konstruksi Gedung Bertingkat. *Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 2(4), 241–248. PPIUG, 1983
- Restu, F., Rohman, M. A., Manajemen, D., Fakultas, T., Dan, B., & Teknologi, M. (2019). Klasifikasi Faktor-Faktor Penghambat Dan Pendorong Adopsi Building Information Modelling (BIM) Di Indonesia.
- Rizky Hutama, H., & Sekarsari, J. (2019). Analisa Faktor Penghambat Penerapan Building Information Modeling dalam Proyek Konstruksi. *J.Infras*, 4(1), 25–31.
- Wibowo, A. (2021). Evaluasi Penerapan Building Information Modeling (BIM) Pada Proyek Konstruksi Di Indonesia. <http://repository.unissula.ac.id/22223/11/20201800050%20fulltext.pdf>.



## Optimalisasi desain struktur gedung *interdisciplinary engineering* (IDE)- fakultas teknik Universitas Indonesia dengan memanfaatkan BIM (*building information modelling*)

Citra Anindya Larasati <sup>a\*</sup>, Dendi Ahmad Dzaky<sup>b</sup>, Asri Nurdiana<sup>c</sup>, Bambang Setiabudi<sup>d</sup>

<sup>a\*, b, c, d</sup> Teknik Infrastruktur Sipil dan Perancangan Arsitektur, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro, Indonesia

### ARTICLE INFO

### ABSTRACT

#### Corresponding author:

Email:  
[dendiahmad1414@gmail.com](mailto:dendiahmad1414@gmail.com)

#### Article history:

Received : 13 June 2024  
Accepted : 19 September 2024  
Publish : 30 September 2024

#### Keywords:

BIM, Building, Construction, Modelling,  
Navisworks, Revit

*Project design is a step in the construction process that determines the technical requirements to be applied when the project is constructed. BIM (Building Information Modeling) is a form of technological innovation used in project design. BIM (Building Information Modeling) has become the main factor for increasing efficiency and accuracy; using BIM, everything related to design, construction, scheduling, and costs can be integrated into one digital platform that all stakeholders can access. In this paper, the structural planning optimization of the Interdisciplinary Engineering (IDE) Building - Faculty of Engineering, University of Indonesia, will be carried out. This building planning refers to (SNI-2847-2019) concerning Structural Concrete Requirements for Buildings and (SNI-1726-2019) concerning Procedures for Planning for Earthquake Resistance of Structures. Outputs are generated through superstructure and substructure plans, the design of foundation structures, columns, beams, and plates, 2D Detail Engineering Design (DED), 3D modeling, and construction management plans in the form of Budget Plans and scheduling.*

Copyright © 2024 PILARS-UNDIP

## 1. Pendahuluan

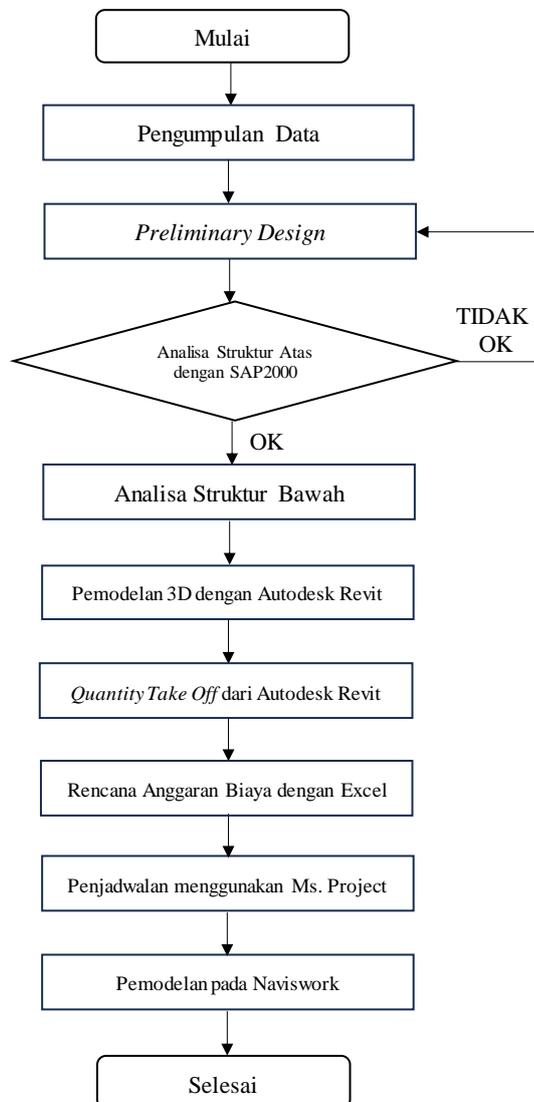
Ilmu pengetahuan dan teknologi memaksa masyarakat hidup berdampingan dengan teknologi, tetapi hal ini juga mendorong cara berpikir dan pola hidup masyarakat supaya lebih modern. Kemajuan teknologi dirancang untuk memudahkan aktivitas manusia agar lebih optimal. Teknologi digital pun memberikan dampak yang besar dalam melakukan percepatan pembangunan infrastruktur sehingga menjadi lebih efisien dan produktif salah satunya dengan *Building Information Modelling* (BIM) (Tim BIM PUPR dan Institut BIM Indonesia, 2018). BIM (Building Information Modeling) merupakan sebuah pendekatan untuk desain bangunan, konstruksi, dan manajemen, ruang lingkup BIM ini mendukung dari desain proyek, jadwal, dan informasi-informasi lainnya secara terkoordinasi dengan baik (Soemardi, 2014). Pembangunan yang kompleks dari sektor swasta dan pemerintah tentunya juga menuntut perencanaan yang baik agar tidak terjadi penyimpangan. (Hutama & Sekarsari, 2018). Building Information Modelling (BIM) memiliki konsep modelling 3D, menganalisa struktur dengan maksud minimalisasi adanya human error dalam menghasilkan *quantity take off* dan mempermudah pertukaran informasi konstruksi (Apriansyah, 2021).

Pada perencanaan kali ini dilakukan perencanaan ulang struktur dengan mengoptimalkan penerapan sistem BIM. Perencanaan ulang pada bangunan gedung *interdisciplinary engineering* (IDE) – Fakultas Teknik Universitas Indonesia dilakukan melalui analisa struktur menggunakan software SAP2000 dengan penerapan pembebanan SRPMK, Tujuan perencanaan bangunan gedung akan menghasilkan perencanaan struktur atas maupun bawah yang meliputi struktur pondasi tiang

pancang, *pile cap*, kolom, balok dan plat, pemodelan 3D, Rencana Anggaran Biaya (RAB), dan penjadwalan.

## 2. Data dan metode

Penelitian ini dilakukan perencanaan ulang bangunan Gedung *Interdisciplinary Engineering* (IDE) Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Gedung yang terletak di Kota Depok, Jawa Barat tersebut memiliki fungsi sebagai laboratorium. Bangunan yang terdiri dari 8 lantai ini dirancang menggunakan sistem rangka pemikul momen khusus (SPRMK). SRPMK sendiri meninjau komponen struktur dan joint-jointnya yang dapat menahan gaya bekerja melalui aksi lentur, geser, dan aksial. (Mahendrayu & Kartini, 2019). Perencanaan struktur gedung berpedoman pada SNI 2847:2019 terkait persyaratan beton structural pada beton bertulang, SNI 1726:2019 tentang tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung, serta SNI 1727:2020 terkait perhitungan beban yang dapat diterima oleh bangunan gedung. Tahapan perencanaan bangunan gedung memiliki 6 fase utama, yaitu perencanaan struktur menggunakan SAP2000, perencanaan struktur bawah, pemodelan 3D, Perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB), Penjadwalan, dan RKS. Gambar 1 merupakan alur diagram penelitian.



**Gambar 1.** Alur diagram penelitian

### 3. Hasil dan pembahasan

#### 3.1. Preliminary design

##### 3.1.1. Preliminary design balok

Berdasarkan syarat pada SNI 2847-2019 tabel 9.3.1.1, balok non prategang harus memenuhi syarat ketebalan minimum seperti yang disajikan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Syarat *pleminary balok*

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

Adapun tiga syarat lain berdasarkan gaya dan geometri dalam merencanakan balok tertera sebagai berikut:

- 1) Syarat 1 Ln (bentang bersih)  $\geq 4d$
- 2) Syarat 2 bw (lebar badan balok)  $> 0,3 h$
- 3) Syarat 3 b (lebar muka balok)  $> 250 \text{ mm}$

Rekapitulasi *preliminary design* balok disajikan pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Rekapitulasi *preliminary design* balok

Tipe Balok	Dimensi Pakai	Syarat 1	Syarat 2	Syarat 3
B1	400/600	OK	OK	OK
B2	500/700	OK	OK	OK
B3	350/750	OK	OK	OK
B4	500/650	OK	OK	OK
B5	600/800	OK	OK	OK
B6	700/850	OK	OK	OK
S1	350/500	OK	OK	OK
S2	450/600	OK	OK	OK

##### 3.1.2. Preliminary design kolom

*Preliminary* kolom dirancang dengan dua syarat sesuai SNI 2847-2019 pasal 18.7.2 yaitu sebagai berikut:

- 1) Syarat 1 b (sisi terpendek kolom)  $> 300 \text{ m}$
- 2) Syarat 2  $b/h \geq 0.4$

Rekapitulasi *preliminary design* kolom disajikan pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Rekapitulasi *preliminary design* kolom

Tipe Kolom	Dimensi Pakai	Syarat 1	Syarat 2
K1	850/850	OK	OK
K2	650/650	OK	OK
K3	600/600	OK	OK
K4	1350/1350	OK	OK

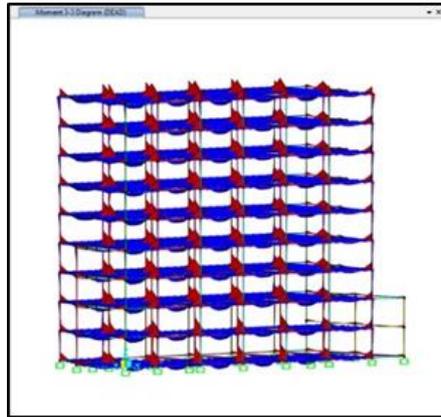
##### 3.1.3. Preliminary design plat lantai

Perencanaan plat lantai dibedakan menjadi perencanaan plat satu arah dan plat dua arah Tebal plat lantai dinilai lebih kecil dibandingkan tebal struktur lain (Gusfita et al., 2022). Berdasarkan SNI 2847:2019, apabila nilai  $Lx/Ly > 2$  merupakan plat satu arah, sedangkan  $Lx/Ly < 2$  merupakan plat dua arah dengan ketentuan  $L_y$  merupakan bentang panjang dan  $L_x$  adalah bentang pendek. Tebal minimum plat satu arah ditetapkan sesuai dengan SNI 2847:2019 yaitu  $L_x/24$ .

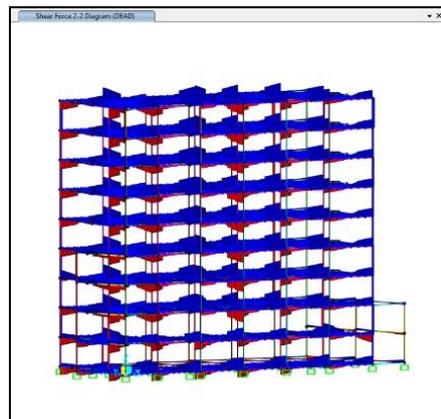
Pada perencanaan kali ini menggunakan tebal 150 mm dengan hasil perhitungan tebal minimum plat 146.45 mm.

### 3.2. Analisis struktur

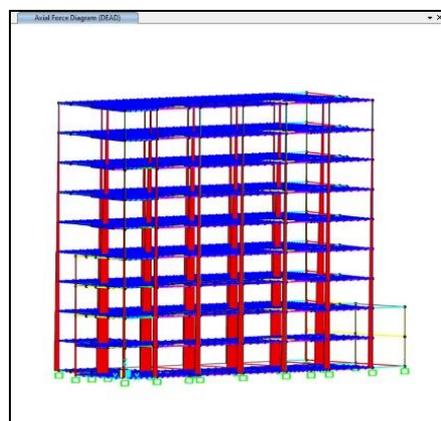
Pada perencanaan kali ini menggunakan *software* SAP2000 untuk membantu analisa struktur. Penggunaan *software* SAP2000 akan menghasilkan *output* berupa nilai momen (M), gaya geser (D), dan gaya aksial (N). Nilai gaya yang dihasilkan pada SAP2000 digunakan untuk penentuan perhitungan tulangan utama dan tulangan geser. Adapun hasil *running* menggunakan SAP2000 ditunjukkan pada Gambar 2, Gambar 3, dan Gambar 4.



**Gambar 1.** Gaya momen



**Gambar 2.** Gaya geser



**Gambar 4.** Gaya aksial

### 3.3. Perhitungan penulangan struktur

#### 3.3.1. Penulangan balok

Perencanaan penulangan lentur balok dilakukan dengan membandingkan nilai As perlu dengan As minimum pada komponen struktur lentur berdasarkan SNI 2847:2019. Nilai As perlu didapatkan dari hasil *output* analisis struktur menggunakan SAP2000. Tabel 4 merupakan rekapitulasi perhitungan tulangan lentur pada balok.

**Tabel 4.** Penulangan lentur balok

Tipe	Dimensi	Tinggi Efektif Balok (d)	Daerah	Letak Tulangan	As Perlu mm <sup>2</sup>	As Min 1	As Min 2	As Terpasang mm <sup>2</sup>	Dipasang
B1	400 x 600	560	Tumpuan	Atas	1337	730.297	746.667	1432.606	5 D 19
				Bawah	1332	730.297	746.667	1432.606	5 D 19
			Lapangan	Atas	735	730.297	746.667	1146.084	4 D 19
				Bawah	947	730.297	746.667	1432.606	5 D 19
B2	500 x 700	660	Tumpuan	Atas	1139	1075.88	1100	1146.084	4 D 19
				Bawah	1139	1075.88	1100	1146.084	4 D 19
			Lapangan	Atas	844	1075.88	1100	1146.084	4 D 19
				Bawah	1024	1075.88	1100	1146.084	4 D 19
B3	350 x 500	460	Tumpuan	Atas	790	524.901	536.667	1432.606	4 D 19
				Bawah	790	524.901	536.667	1432.606	5 D 19
			Lapangan	Atas	527	524.901	536.667	1146.084	5 D 19
				Bawah	529	524.901	536.667	1432.606	4 D 19
B4	500 x 650	610	Tumpuan	Atas	1001	994.377	1016.67	1432.606	5 D 19
				Bawah	100	994.377	1016.67	1146.084	5 D 19
			Lapangan	Atas	636	994.377	1016.67	1146.084	4 D 19
				Bawah	726	994.377	1016.67	1432.606	4 D 19
B5	600 x 800	760	Tumpuan	Atas	3490	1486.68	1520	3854.546	5 D 19
				Bawah	3490	1486.68	1520	3854.546	6 D 29
			Lapangan	Atas	1678	1486.68	1520	3212.121	6 D 29
				Bawah	1973	1486.68	1520	3854.546	5 D 29
B6	700 x 850	810	Tumpuan	Atas	3406	1848.56	1890	3854.546	6 D 29
				Bawah	3406	1848.56	1890	3854.546	6 D 29
			Lapangan	Atas	1862	1848.56	1890	3212.121	5 D 19
				Bawah	2187	1848.56	1890	3854.546	6 D 19
S1	350 x 500	460	Tumpuan	Atas	810	524.901	536.667	992.783	5 D 19
				Bawah	806	524.901	536.667	992.783	5 D 19
			Lapangan	Atas	569	524.901	536.667	794.226	4 D 19
				Bawah	689	524.901	536.667	992.783	5 D 19
S2	450 x 600	560	Tumpuan	Atas	301	524.901	840	992.783	5 D 19
				Bawah	301	524.901	840	992.783	5 D 19
			Lapangan	Atas	486	524.901	840	992.783	5 D 19
				Bawah	486	524.901	840	992.783	5 D 19

Berdasarkan Tabel 4 hasil *output* SAP2000, selanjutnya dilakukan perhitungan tulangan geser pada balok. Av perlu hasil SAP2000 digunakan untuk menentukan jumlah penggunaan tulangan dan jarak spasi antar sengkang balok (S). Penentuan spasi sengkang memperhatikan persyaratan S max 1 yaitu  $\frac{1}{2} d$  untuk bagian lapangan dan  $\frac{1}{4} d$  untuk bagian tumpuan. Rekapitulasi perencanaan tulangan geser pada balok dapat dilihat pada Tabel 5.

**Tabel 5.** Penulangan geser balok

Tipe	Dimensi	Tinggi Efektif Balok (d)	Daerah	Av Perlu	S Perlu mm <sup>2</sup>	Spasi Max 1 (mm)	Spasi Max 2 (mm)	Spasi Max 3 (mm)	Dipasang
B1	400 x 600	560	Tumpuan	0.738	193.3	140	114.6	150	D 10 - 100
			Lapangan	0.6	273.8	280			D 10 - 200
B2	500 x 700	660	Tumpuan	0.928	153.7	165	114.6	150	D 10 - 100
			Lapangan	0.741	192.5	330			D 10 - 200
B3	350 x 500	460	Tumpuan	0.607	235	115	114.6	150	D 10 - 100

Type	Dimensi	Tinggi Efektif Balok (d)	Daerah	Av Perlu	S Perlu mm <sup>2</sup>	Spasi Max 1 (mm)	Spasi Max 2 (mm)	Spasi Max 3 (mm)	Dipasang
B4	500 x 650	610	Lapangan	0.481	296.6	230			D 10 - 200
			Tumpuan	0.808	176.6	153	114.6	150	D 10 - 100
			Lapangan	0.632	225.7	305			D 10 - 200
B5	600 x 800	760	Tumpuan	1.561	91.39	190	114.6	150	D 10 - 100
			Lapangan	0.784	182	380			D 10 - 200
B6	700 x 850	810	Tumpuan	1.316	108.4	203	114.6	150	D 10 - 100
			Lapangan	1.54	90.64	405			D 10 - 200
S1	350 x 500	460	Tumpuan	0.625	228.3	115	114.6	150	D 10 - 100
			Lapangan	0.567	251.6	230			D 10 - 200
S2	450 x 600	560	Tumpuan	0.673	212	140	114.6	150	D 10 - 100
			Lapangan	0.63	226.4	280			D 10 - 200

### 3.3.2. Penulangan kolom

Perhitungan tulangan utama kolom dilakukan dengan perbandingan nilai As perlu (*output* SAP2000) dengan As Terpasang. Selain itu, perhitungan tulangan kolom harus memenuhi syarat SNI 2847:2019 dimana nilai gaya aksial,  $P_u > (Ag \cdot f_c')/10$ . Rasio tulangan utama kolom  $< 4\%$ . Rekapitulasi tulangan utama dapat dilihat pada Tabel 6.

**Tabel 6.** Penulangan lentur kolom

Type	Dimensi	Gaya Aksial Kolom (Pu), Kn	As Perlu (mm <sup>2</sup> )	As Terpasang (mm <sup>2</sup> )	As Terpasang > As Perlu	Dipasang	Cek Rasio Tulangan
Lantai 1 - 4							
K1	850 x 850	7335.566	24115	26603	OK	40 D 29	3.68 %
K2	650 x 650	2698.008	9453	10134	OK	20 D 25	2.40 %
K3	600 x 600	1179.112	5217	6080	OK	12 D 25	1.69 %
K4	1350 x 1350	14042.661	45286	48858	OK	48 D 36	2.68 %
Lantai 1 - Atap							
K1	850 x 850	3267.814	13077	13302	OK	20 D 29	1.84 %
K2	650 x 650	1358.573	4225	8107	OK	16 D 25	1.92 %
K4	1350 x 1350	8105.785	20173	21283	OK	32 D 29	1.17 %

Setelah dilakukan perhitungan tulangan utama kolom, dilakukan perhitungan tulangan geser yang sesuai dengan persyaratan. Penggunaan jenis dan jumlah tulangan geser dilihat dari nilai Av perlu yang merupakan *output* dari SAP2000. Penentuan spasi sengkang memperhatikan persyaratan S max 1 yaitu  $\frac{1}{2} d$  untuk bagian lapangan dan  $\frac{1}{4} d$  untuk bagian tumpuan Rekapitulasi tulangan geser kolom dapat dilihat pada Tabel 7.

**Tabel 7.** Penulangan geser kolom

Type	Dimensi	Av Perlu	S perlu	S max 1	S max 2	Dipasang
Lantai 1 - 4						
K1	850 x 850	0.708	201.499	174.6	150	D10-150
K2	650 x 650	0.542	263.212	152.4	150	D10-150
K3	600 x 600	0.5	285.322	152.4	150	D10-150
K4	1350 x 1350	1.125	225.203	216	150	D13-150
Lantai 5 - Atap						
K1	850 x 850	0.957	149.071	174.6	150	D10-150
K2	650 x 650	0.636	224.310	152.4	150	D10-150
K4	1350 x 1350	1.125	225.203	174.6	150	D13-150

### 3.3.3. Penulangan plat lantai

Penulangan plat lantai pada perencanaan kali ini berdasarkan nilai Mu hasil SAP2000. Penulangan dilakukan dengan trial dan error penggunaan diameter tulangan. Syarat penulangan plat lantai yaitu nilai momen maksimal (Mu)  $< \phi Mn$ . Rekapitulasi penggunaan tulangan pada plat lantai disajikan pada Tabel 8.

**Tabel 8.** Penulangan plat lantai

Tipe	Tebal Plat	Tulangan	Ø mm	Jarak	Daerah	Mu	Ø Mn	Dipasang
S1	150	Tulangan Arah X	12.7	150	Tumpuan	15.3	39.28	D13-150
			12.7	150	Lapangan	12.12	39.28	D13-150
		Tulangan Arah Y	12.7	150	Tumpuan	12.19	39.28	D13-150
			12.7	150	Lapangan	7.2	39.28	D13-150

### 3.4. Perhitungan fondasi tiang pancang

#### 3.4.1. Perencanaan fondasi tiang pancang

Perencanaan Gedung *Interdisiplin* Fakultas Teknik Universitas Indonesia direncanakan menggunakan fondasi tiang pancang dengan diameter pancang sebesar 40 cm. Jenis fondasi yang digunakan kali ini adalah *square pile*. Rekapitulasi kebutuhan tiang pancang per AS disajikan pada Tabel 9.

**Tabel 9.** Kebutuhan tiang pancang

Lokasi	Beban Vertikal	Q tiang	Jumlah Pile
As A - 1	279.23	1961.34	1
As A - 2	5611.83	1961.34	3
As A - 3	7888.4	1961.34	5
As A - 4	7044.12	1961.34	4
As A - 5	8097.99	1961.34	5
As A - 6	7158.24	1961.34	4
As A - 7	6317.41	1961.34	4
As A - 8	2896.12	1961.34	2
As B - 1	470.97	1961.34	1
As B - 2	10342.95	1961.34	6
As B - 3	13849.09	1961.34	8
As B - 4	13799.74	1961.34	8
As B - 5	14425.52	1961.34	8
As B - 6	14903.87	1961.34	8
As B - 7	14960.74	1961.34	8
As B - 8	1355.78	1961.34	1
As C - 1	1253.56	1961.34	1
As C - 2	4658.99	1961.34	3
As C - 3	6738.55	1961.34	4
As C - 4	6790.59	1961.34	4
As C - 5	6836.59	1961.34	4
As C - 6	7607.25	1961.34	4
As C - 7	5762.94	1961.34	3

Dilakukan cek efisiensi tiang dan cek daya dukung kelompok tiang pada setiap jenis *pilecap*. Adapun rekapitulasi perencanaan jumlah *pile* disajikan pada Tabel 10.

**Tabel 10.** Efisiensi daya dukung tiang

Tipe	Jumlah Pile	Eg	Q Tiang (Ton)	Qtk	Total P (Output SAP2000)	Cek (Qtk > Beban Aksial)
PC1	8	0.957	1961.34	15017.59	14960,74	OK
PC2	5	0.975	1961.34	9561.29	8097.99	OK
PC3	4	0.985	1961.34	7733.17	7607.25	OK
PC4	3	0.996	1961.34	7733.17	5762.94	OK
PC5	1	0.996	1961.34	1961.34	1355.78	OK
PC6	6	0.975	1961.34	11263.19	10342.95	OK
PC7	2	0.996	1961.34	3908.66	2896.12	OK

### 3.4.2. Perencanaan dimensi *pilecap*

Berdasarkan efisiensi daya dukung tiang, selanjutnya dilakukan perencanaan dimensi *pilecap*. Perencanaan dimensi *pilecap* dilakukan dengan *trial and error*. Perencanaan dimensi *pilecap* harus memenuhi syarat gaya geser satu arah maupun gaya geser dua arah. Rekapitulasi perencanaan dimensi disajikan pada Tabel 11.

**Tabel 11.** Dimensi *pilecap*

Tipe	Jumlah Pile	Jarak Antar Tiang (mm)	Jarak Tiang Ke Tepi (mm)	Dimensi <i>Pile Cap</i>		Tebal <i>Pilecap</i> (mm)
				Lebar (mm)	Panjang (mm)	
PC1	8	1200	600	3600	3200	1250
PC2	5	1200	600	2400	2900	1000
PC3	4	1200	600	2400	2400	950
PC4	3	1200	600	2400	1800	800
PC5	1	1200	500	1000	1000	800
PC6	6	1200	600	3600	2400	1000
PC7	2	1200	600	2400	1200	800

### 3.4.3. Perhitungan tulangan *pilecap*

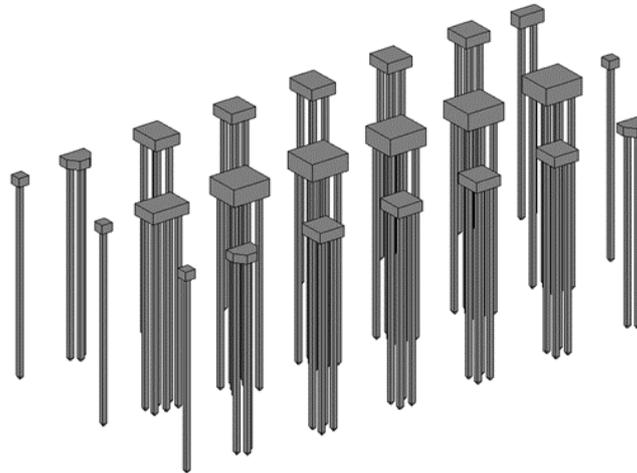
Setelah ditentukan dimensi *pilecap*, dilakukan perhitungan penulangan *pilecap*. Perhitungan penulangan *pilecap* didapatkan dengan melakukan perhitungan As tulangan pakai dan As tulangan perlu. Perhitungan penulangan *pilecap* yang sudah sesuai dengan persyaratan yang disajikan pada Tabel 12.

**Tabel 12.** Penulangan *pilecap*

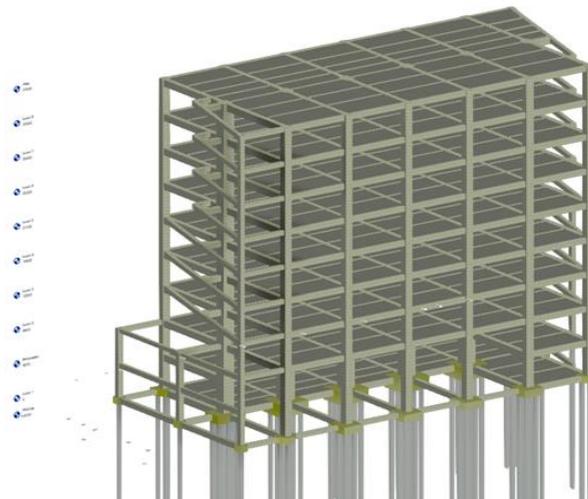
Tipe	Lokasi	As Perlu	Dia.	Jarak	As Pakai	Cek (As Pakai > As Perlu)	Dipasang
PC1	Mux (Bawah)	9562.23	22	100	14070.57	OK	D22 - 100
	Mux (Atas)	1912.44	19	200	5389.21	OK	D19 - 200
	Muy (Bawah)	8549.10	22	100	12549.42	OK	D22 - 100
	Muy (Atas)	1709.820	19	200	4821.928	OK	D19 - 200
PC2	Mux (Bawah)	9912.233	29	100	16519.64	OK	D29 - 100
	Mux (Atas)	1982.446	19	200	3687.357	OK	D19 - 200
	Muy (Bawah)	10013.83	29	100	19823.57	OK	D29 - 100
	Muy (Atas)	2002.766	19	200	4538.285	OK	D19 - 200
PC3	Mux (Bawah)	12263.85	29	100	16519.64	OK	D29 - 100
	Mux (Atas)	2452.770	19	200	3687.357	OK	D19 - 200
	Muy (Bawah)	12263.85	29	100	16519.64	OK	D29 - 100
	Muy (Atas)	2452.770	19	200	3687.35	OK	D19 - 200
PC4	Mux (Bawah)	13802.90	29	100	16519.64	OK	D29 - 100
	Mux (Atas)	2760.58	19	200	3687.357	OK	D19 - 200
	Muy (Bawah)	10370.58	29	100	12554.92	OK	D29 - 100
	Muy (Atas)	2074.11	19	200	2836.42	OK	D19 - 200
PC5	Mux (Bawah)	6489.20	32	100	7241.14	OK	D32 - 100
	Mux (Atas)	1297.84	19	200	1701.85	OK	D19 - 200
	Muy (Bawah)	6489.20	32	100	8850.28	OK	D32 - 100
	Muy (Atas)	1297.84	19	200	1701.85	OK	D19 - 200
PC6	Mux (Bawah)	11000.25	22	100	14070.57	OK	D22 - 100
	Mux (Atas)	2200.051	19	200	5389.21	OK	D19 - 200
	Muy (Bawah)	7410.69	22	100	9507.14	OK	D22 - 100
	Muy (Atas)	1482.13	19	200	3687.35	OK	D19 - 200
PC7	Mux (Bawah)	11107.3	29	100	16519.64	OK	D29 - 100
	Mux (Atas)	2221.46	19	200	3687.35	OK	D19 - 200
	Muy (Bawah)	5576.45	29	100	8590.21	OK	D29 - 100
	Muy (Atas)	1115.29	19	200	1985.5	OK	D19 - 200

### 3.5. Pemodelan bangunan 3D

Perencanaan struktur yang sudah memenuhi persyaratan, selanjutnya dilakukan pemodelan menggunakan Autodesk Revit 2022. Pemodelan struktur ini mencakup struktur bawah seperti pondasi tiang pancang, tiebeam, dan pilecap, serta struktur atas yang meliputi kolom, balok, plat lantai. Hasil pemodelan Gedung Interdisciplinary Engineering (IDE) – Fakultas Teknik Universitas Indonesia menggunakan Autodesk Revit dapat dilihat pada Gambar 5 dan Gambar 6.



**Gambar 5.** Pemodelan struktur bawah



**Gambar 6.** Pemodelan struktur atas

### 3.6. Quantity take off

Hasil pemodelan 3D menggunakan *Autodesk Revit* akan menghasilkan output berupa *Quantity Take Off* dari setiap pekerjaan. *Quantity take off* ini dapat digunakan untuk melakukan perhitungan volume pekerjaan pada RAB. Pada perencanaan kali ini dilakukan *quantity take off* berupa volume tulangan, volume beton, serta luasan bekisting baik pada komponen struktur atas maupun struktur bawah. Hasil *quantity take off* dapat dilihat pada Tabel 13, Tabel 14, dan Tabel 15.

**Tabel 13.** *Quantity take off* kolom

No	Lokasi	Tipe Kolom	Dimensi	Volume Beton (m <sup>3</sup> )	Volume Tulangan (cm <sup>3</sup> )
1	Lantai 1	K4	1350 X 1350	45.9	2977708.61
2	Lantai Mezzanine	K4	1350 X 1350	45.9	2072919.77

No	Lokasi	Tipe Kolom	Dimensi	Volume Beton (m <sup>3</sup> )	Volume Tulangan (cm <sup>3</sup> )
3	Lantai 2	K4	1350 X 1350	45.9	2256783.64
4	Lantai 3	K4	1350 X 1350	45.9	1901542.62
5	Lantai 4	K4	1350 X 1350	45.9	1870191
6	Lantai 5	K4	1350 X 1350	45.9	1478985.96
7	Lantai 6	K4	1350 X 1350	45.9	1478985.96
8	Lantai 7	K4	1350 X 1350	45.9	1478985.96
9	Lantai 8	K4	1350 X 1350	45.9	1271562.3

Tabel 14. *Quantity take off* balok

No	Lokasi	Tipe Balok	Dimensi	Volume Beton (m <sup>3</sup> )	Volume Tulangan (cm <sup>3</sup> )
1	Lantai 1	B1	400 X 600	12.98	324741.18
2	Lantai <i>Mezzanine</i>	B1	400 X 600	6.17	116814.40
3	Lantai 2	B1	400 X 600	7.35	148322.84
4	Lantai 3	B1	400 X 600	3.84	68920.91
5	Lantai 4	B1	400 X 600	5.06	89167.04
6	Lantai 5	B1	400 X 600	5.06	88499.71
7	Lantai 6	B1	400 X 600	5.06	87722.08
8	Lantai 7	B1	400 X 600	3.84	66867.36
9	Lantai 8	B1	400 X 600	5.06	97188.44
10	Lantai Atap	B1	400 X 600	5.06	97188.44

Tabel 15. *Quantity take off* pile cap

No	Tipe Pile Cap	Jumlah Pile	Volume Beton (m <sup>3</sup> )	Volume Tulangan (cm <sup>3</sup> )
1	PC1	8	14.36	163305.6

### 3.7. Perhitungan rencana anggaran biaya

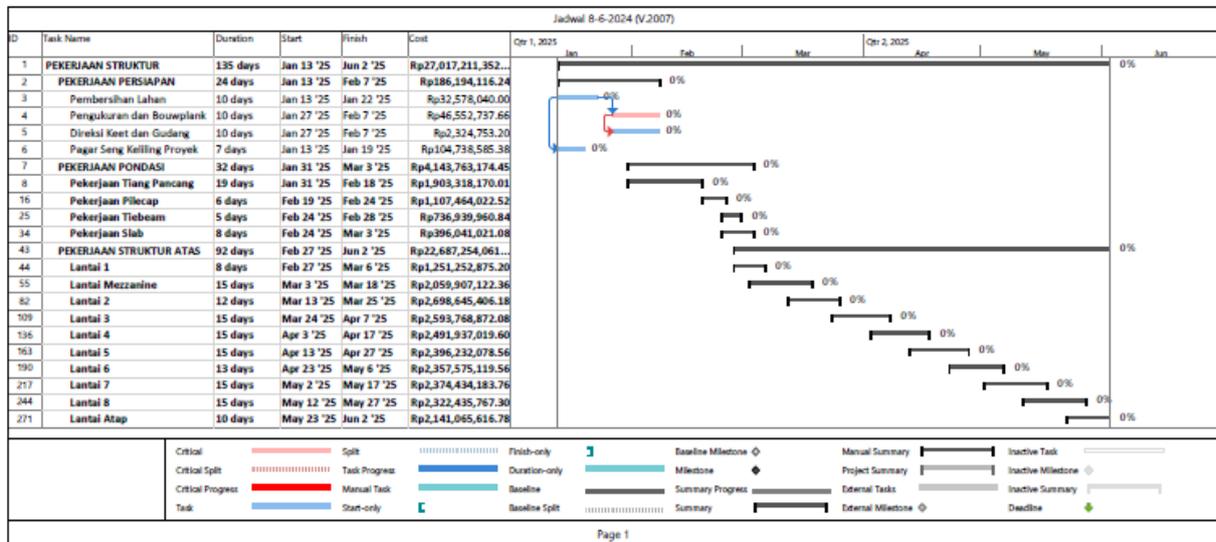
Perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB) pada perencanaan Gedung *Interdisciplinary Engineering (IDE)* – Fakultas Teknik Universitas Indonesia mencakup perhitungan persiapan, pekerjaan struktur bawah, dan pekerjaan struktur atas. Perhitungan RAB mengacu pada Analisa harga satuan pekerjaan dan hasil *quantity take off* Revit. Tabel 16 merupakan hasil rekapitulasi perhitungan RAB pada perencanaan proyek Gedung *Interdisciplinary Engineering (IDE)* – Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Tabel 16. Rencana anggaran biaya

No	Uraian Pekerjaan	Rekap Biaya
1	Pekerjaan Persiapan	Rp186,194,116.24
2	Pekerjaan Struktur Bawah	Rp3,010,782,192.53
3	Pekerjaan Struktur Atas	Rp23,820,235,043.34
	Jumlah	Rp27,017,211,352.11
	PPN 11%	Rp2,677,381,305.16
	Total	Rp29,694,500,000.00

### 3.8. Penjadwalan menggunakan *Microsoft Project*

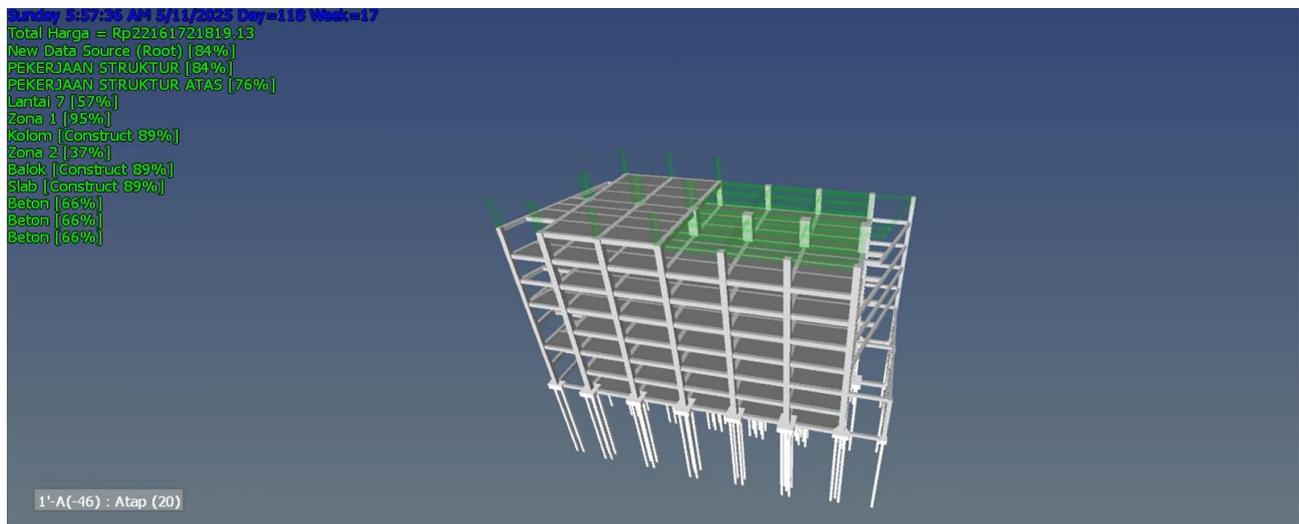
Penjadwalan pada perencanaan bangunan Gedung *Interdisciplinary Engineering (IDE)* – Fakultas Teknik Universitas Indonesia pada kali ini menggunakan *Microsoft Project*. Pada penyusunan jadwal pekerjaan, wilayah pekerjaan dibagi dua zona dengan total kurun waktu pengerjaan sebesar 20 minggu. Hasil penyusunan penjadwalan dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Penjadwalan

### 3.9. Integrasi Autodesk Navisworks 2022

Berdasarkan hasil penjadwalan pada *Microsoft project*, dilakukan integrasi pada *software Navisworks*. Integrasi Navisworks ini akan menghasilkan *output* berupa visualisasi rencana penjadwalan sesuai dengan yang rencana penjadwalan yang tertera pada *Microsoft project*. *Software Navisworks* juga terintegrasi dengan hasil pemodelan 3D pada *Autodesk Revit*. Visualisasi penjadwalan dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Integrasi Navisworks

## 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis perencanaan bangunan gedung *Interdisciplinary Engineering (IDE)* – Fakultas Teknik Universitas Indonesia dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Berdasarkan Analisa struktur menggunakan SAP2000, seluruh struktur yang direncanakan sudah memenuhi persyaratan dan dapat dikatakan aman.
- 2) Perencanaan ulang struktur meliputi struktur bawah dan struktur atas dan dilakukan pemodelan menggunakan Autodesk Revit.
- 3) Total rencana anggaran biaya (RAB) yang direncanakan pada perencanaan bangunan gedung kali ini sebesar Rp29,694,592,657.27.

4) Pelaksanaan pembangunan struktur direncanakan akan selesai pada kurun waktu 21 minggu.

### **Ucapan terima kasih**

Terima kasih kami ucapkan kepada pihak-pihak yang membantu selama penyusunan perencanaan pada kali ini terutama kepada pihak proyek Pembangunan gedung *Interdisciplinary Engineering (IDE)* – Fakultas Teknik Universitas Indonesia, PT. PP Urban yang telah memberikan izin untuk mengambil data perencanaan sehingga dapat mendukung penelitian kali ini.

### **Referensi**

- Apriansyah, R. (2021). Implementasi konsep Building Information Modelling (BIM) dalam estimasi quantity take off material pekerjaan struktural.
- Badan Standardisasi Nasional. 2019. SNI 1726:2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Nongedung.
- Badan Standardisasi Nasional. 2019. SNI 2847:2019 Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung Dan Penjelasan.
- Badan Standardisasi Nasional. 2020. SNI 1727:2020 Beban Desain Minimum Dan Kriteria Terkait Untuk Bangunan Gedung Dan Struktur Lain.
- Hutama, H. R., & Sekarsari, J. (2018). Analisa faktor penghambat penerapan building Information modeling dalam proyek konstruksi. *Jurnal Infrastruktur*, 4(1), 25–31.
- Mahendrayu, B., & Kartini, W. (2019). Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (Srpmk) Struktur Beton Bertulang Pada Gedung Graha Siantar Top Surabaya. *Kern: Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 2(2).
- Soemardi, B. W. (2014). Studi Aplikasi Teknologi Building Information Modeling untuk Pra Konstruksi. Tim BIM PUPR dan Institut BIM Indonesia. (2018). Prinsip Dasar Sistem Teknologi BIM dan Implementasinya di Indonesia.



## Inovasi desain roster beton dengan mengutamakan unsur *privacy* dan estetika

Arya Maulana Candra Rizky<sup>a\*</sup>, Muh. Husaini Alfani Karuniawan<sup>b</sup>, Riza Susanti<sup>c</sup>, Shifa Fauziyah<sup>d</sup>

<sup>a\*, b, c, d</sup> Teknik Infrastruktur Sipil dan Perancangan Arsitektur, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro, Indonesia

### ARTICLE INFO

#### Corresponding author:

Email:

[aryamcr068@gmail.com](mailto:aryamcr068@gmail.com)

#### Article history:

Received : 19 July 2024

Accepted : 28 September 2024

Publish : 30 September 2024

#### Keywords:

Aesthetics, Autodesk CFD, Concrete, Estetika, Roster

### ABSTRACT

*A roster is a nonstructural construction that plays a role in regulating the temperature and humidity of the air in the room; not only that, a roster is also often used as a room divider. The number of roster product designs on the market allows roster manufacturers to make products whose designs tend to prioritize less privacy and only prioritize aesthetic factors in the design of the roster structure. This research was conducted to create changes in roster design to improve the function of the roster, where the roster itself must have optimal air circulation and an element of privacy that is maintained. This research uses an experimental method by making its concrete roster design innovation and comparing it with existing products on the market; as a comparison, 2 product design samples were taken from the market and tested. Tests are carried out in the form of air circulation testing, facade testing, compressive strength testing, and water absorption testing. AutoDesk CFD software is used as a means for testing air circulation and as a success parameter for testing compressive strength and water absorption per SNI 03-1570-1989. The value of the air circulation test is  $866343.0 \text{ cm}^3/\text{s} = 866.343 \text{ Liter/s}$  for the 1st design,  $842725.0 \text{ cm}^3/\text{s} = 842.725 \text{ Liter/s}$  in the 2nd design,  $7964661.0 \text{ cm}^3/\text{s} = 796.4661 \text{ Liter/s}$  in the 3rd design. The compressive strength result obtained is  $1.25 \text{ N/mm}^2$ . The results of the test values of compressive strength and water absorption show that they can meet the specified requirements. This concrete roster design innovation can make the right solution for consumers when choosing a more optimal concrete roster.*

Copyright © 2024 PILARS-UNDIP

## 1. Pendahuluan

Roster ialah suatu konstruksi nonstruktural yang berperan untuk mengatur suhu dan kelembaban udara di dalam ruangan. Roster juga dikenal dengan istilah Ventilation block. Roster sendiri memiliki beberapa jenis berdasarkan bahannya di antara lain yaitu, tanah liat, keramik, kayu, beton dll. Berdasarkan bahan yang digunakan, roster beton lebih murah dari pada roster jenis lain. (David, 2012). Salah satu komponen bangunan rumah yang membantu sirkulasi udara dan cahaya adalah roster beton. Roster juga sering digunakan untuk menyekat ruangan. Roster yang terbuat dari beton adalah salah satu jenis yang paling populer. Roster beton terbuat dari bahan dasar semen, pasir. Hal tersebut yang membuat roster ini kuat dan tahan terhadap cuaca ekstrim. Roster sering dipilih oleh masyarakat karena mudah dipasang dan dirawat, tidak membutuhkan banyak bahan pendukung, membutuhkan banyak tenaga kerja, dan menggunakan material lokal yang dapat dimanfaatkan (Mustain, 2006 & Arif, 2006). Roster atau lubang angin berfungsi untuk mengontrol suhu dan kelembaban udara di dalam ruangan dan mengurangi polusi dan kebisingan di luar. Roster menjadi elemen yang bisa menyehatkan rumah, sebab udara masuk dan keluar melalui lubang – lubangnya (Andie A. Wicaksono, 2009) Seiring dengan perkembangan dalam industri konstruksi, roster kini tidak

hanya digunakan sebagai penyekat ruang. Desain roster sendiri sekarang semakin beragam, kita juga bisa membuat roster dengan ukuran dan desain yang di inginkan sehingga dapat disesuaikan dengan kebutuhan hunian.

Tidak hanya itu, roster juga mampu membuat rumah terlihat lebih artistik. Dengan demikian, dinding rumah atau bangunan yang menggunakan roster akan terlihat lebih cantik. Dengan desainnya yang menarik juga membuat hunian lebih terlihat indah dan nyaman. Roster juga mampu mengurangi penggunaan energi lampu dan lebih mengoptimalkan cahaya alami dari sinar matahari. Tak hanya udara, roster yang memiliki lubang – lubang ini juga menjadi akses cahaya matahari, desain dari roster juga menghasilkan bayangan matahari yang memiliki kesan tersendiri (Redaksi Griya Kreasi, 2008). Sedangkan kekurangan roster dipasaran ialah tentang privasi, dimana hal tersebut penting untuk menjaga keamanan pada suatu bangunan agar tidak mudah di ketahui oleh orang lain. Rongga yang cukup lebar pada roster juga menjadi kekurangan karena memudahkan kotoran dan debu untuk masuk. Selain itu, proses pemasangannya harus orang yang ahli di bidangnya. Maka untuk mengatasi masalah dari roster yang muncul di pasaran, perlu dilakukan beberapa perubahan desain roster guna memperbaiki fungsi roster, dimana roster sendiri harus memiliki sirkulasi udara yang optimal serta memiliki unsur privasi yang tetap terjaga. Maksud dari penelitian ini adalah sebagai pemecah suatu masalah roster beton yang ada di pasaran yaitu kurang optimal nya sirkulasi udara, faktor privasi serta desain roster beton. Adapun tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui tahapan prosedur pembuatan inovasi desain roster beton, mengetahui hasil pengujian terhadap roster beton terhadap sirkulasi udara, fasad, kuat tekan dan daya serap air, dan mengetahui nilai sirkulasi udara yang masuk, unsur privasi yang terjaga, dan estetika dari inovasi desain roster dengan produk roster yang ada di pasaran.

## **2. Data dan metode**

### **2.1. Metode penelitian**

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen, yang nantinya metode ini di gunakan untuk mengetahui dan menganalisis pengaruh variabel pengganti terhadap produk yang sesuai dengan SNI, penelitian ini menggunakan metode kuantitatif eksperimental, yang dilakukan secara langsung dan objektif di laboratorium.

### **2.2. Pengujian**

Pengujian desain roster beton ini untuk mengetahui nilai dari variabel yang akan diujikan yaitu sirkulasi udara, desain dan sistem privasi. Setelah itu di lanjutkan dengan pengujian material berupa agregat halus, kadar lumpur dan dilanjutkan dengan pengujian benda uji yaitu kuat dekan dan daya serap air.

### **2.3. Job mix design**

Job mix yang di gunakan mengacu pada BBK 10 yang di jelaskan pada SNI 03-1570 – 1989 yaitu nilai kuat tekan bruto sebesar 10 N/mm<sup>2</sup>, dan komposisi campuran yang dipakai adalah 1 semen : 2 agregat dan air secukupnya.

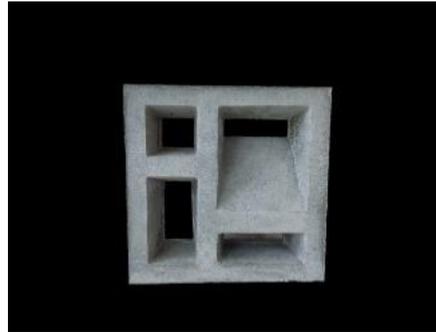
## **3. Hasil dan pembahasan**

### **3.1. Hasil pengujian desain roster**

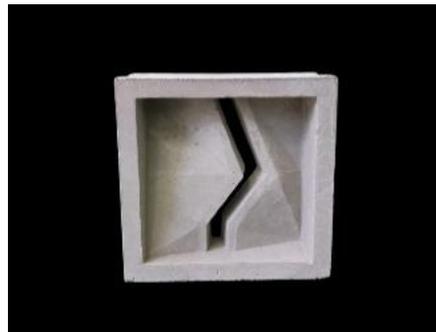
Pengujian dengan menggunakan *software Autodesk CFD* dengan tiga sampel yang akan di ujikan dengan motif desain yang berbeda seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1, Gambar 2, dan Gambar 3.



**Gambar 1.** Motif desain roster 1

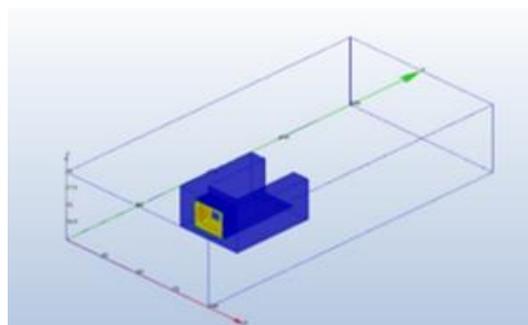


**Gambar 2.** Motif desain roster 2

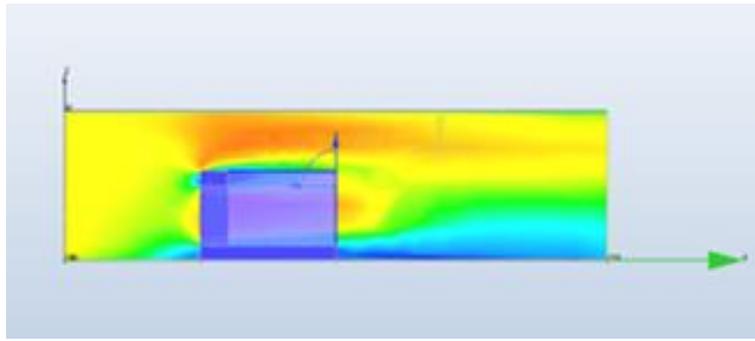


**Gambar 3.** Motif desain roster 3

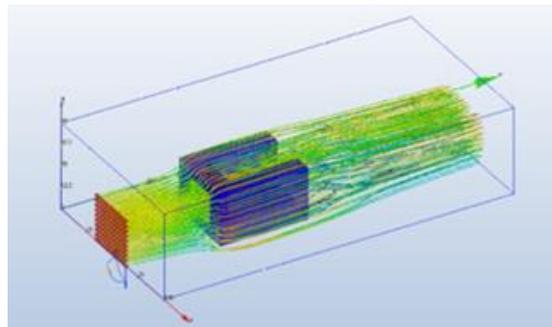
Roster beton manakah yang memiliki desain masing-masing desain akan di uji menggunakan *software Autodesk CFD* untuk mensimulasikan aliran angin yang terjadi pada saat melalui desain roster tersebut. Diasumsikan laju kecepatan angin dengan rata - rata angka 1.77 m/s. Untuk Hasil akuratnya disesuaikan dengan koordinat lokasi bangunan berada, nilai tersebut dapat berubah di setiap tahunnya. Pengujian tersebut dapat di lihat dari berbagai perspektif yaitu global, isometri dan plannar yang disajikan pada Gambar 4, Gambar 5, dan Gambar 6.



**Gambar 4.** Perspektif global



**Gambar 5.** Perspektif isometri



**Gambar 6.** Perspektif plannar

Model bangunan yang dipakai tidak menggunakan atap guna untuk melihat pergerakan angin setelah melewati roster. Hasil pengujian ini didapatkan sebagai berikut:

1) Desain motif 1

Perspektif isometric dan plannar hasil yang didapat pada pengujian sirkulasi udara yang masuk. Dapat diketahui bahwa pada desain ke 1 memiliki nilai transfer udara dari luar yang baik, dijelaskan pada diagram warna, nilai rata-rata kecepatan angin dimulai dari angka 1.77 m/s data tersebut diambil dari web [semarangkota.bps.go.id](http://semarangkota.bps.go.id) yang bergerak dari sumbu X dan Y. pada hasil tersebut nilai kecepatan angin pada saat dimulai atau tanpa hambatan berada pada warna kuning dan setelah melewati desain roster yang ke 1 nilai tersebut mengalami perubahan yang tidak signifikan dan tetap berada pada warna kuning yang berarti tidak ada perubahan kecepatan angin yang signifikan namun pada desain ini memungkinkan lebih banyaknya volume udara yang dengan kecepatan angin yang rendah. Total Volume *Flow in*: 866343,0 cm<sup>3</sup>/s = 866,343 Liter/s.

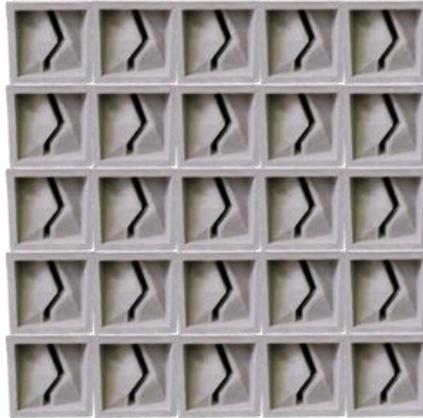
2) Desain motif 2

Desain ke 2 memiliki hasil yang lebih bagus dari desain ke 1. Saat dilakukan pengujian, pada desain ke 2 didapatkan hasil warna mayoritas jingga ke merah, yang berarti kecepatan angin rata-rata semula 1.77 m/s menjadi 2.1 – 2.3 m/s dikarenakan terdapat motif pada desain roster ke 2 yang mempunyai sudut dan penempatan yang tepat, maka dari itu kecepatan angin dapat naik secara signifikan. Dengan adanya penghalang (motif) pada desain ini jumlah volume yang angin yang masuk akan berkurang. Total Volume *Flow in*: 842725,0 cm<sup>3</sup>/s = 842,725 Liter/s.

3) Desain motif 3

Desain ke 3 yang notabene memiliki penghalang (motif) yang cukup besar yaitu lebih dari 70%. Hasil dari pengujian didapatkan kecepatan angin yang masuk berada pada warna jingga tua ke merah berkisar pada angka 2.4 – 2.6 pada tepat bagian lubang desain. Hal ini dikarenakan penghalang (motif pada) desain ke 3 memiliki banyak sudut yang mengarah ke dalam. Pada dasarnya desain yang memiliki penghalang (motif) yang besar akan menurunkan jumlah volume udara yang masuk kedalam ruangan, namun hal itu dapat ditanggulangi dengan kecepatan angin yang besar sehingga tetap memberikan efek sejuk pada ruangan. Total Volume *Flow in* : 7964661,0 cm<sup>3</sup>/s = 796,4661 Liter/s. Tidak hanya pengujian sirkulasi udara pada pengujian

desain terdapat uji fasad yang di lakukan dengan cara membagikan kuisoner pada masyarakat secara online. Pengujian ini juga mendapatkan respon yang baik dengan hasil yang bervariasi yaitu gambar desain 1 = 0,8 %, gambar desain 2 = 12,1 %, gambar desain 3 = 87,1 %, hasilnya dapat disimpulkan bahwa desain roster beton nomor 3 dipilih oleh mayoritas peserta. Gambar 7 adalah pemodelan inovasi desain roster beton dengan ukuran 1m x 1m.



**Gambar 7.** Pemodelan inovasi desain roster beton

### 3.2. Hasil pengujian material

Pengujian Agregat halus memiliki kandungan lumpur sebesar 3,522%, kurang dari 5%, dan memenuhi persyaratan SNI S-04-1998-F, sehingga aman untuk digunakan dan pada agregat campuran yang di uji seberat 1135 gram didapatkan hasil gradasi sebesar 39,03 % pada agregat halus dan 60,96 % pada agregat kasar dengan nilai modulus agregat halus sebesar 1,52 sedangkan untuk hasil agregat kasar sebesar 6,32 dengan Syarat modulus agregat kasar yaitu : 6,0–7,1 ( SNI 03 – 1750 – 1990 ).

### 3.3. Hasil pengujian benda uji

Benda uji yang pada penelitian ini akan dilakukan beberapa pengujian seperti berikut:

#### 1) Uji kuat tekan

Tabel 1 desain roster pada umur 7 hari mendapatkan hasil sebesar 0,8 N/mm<sup>2</sup>, 0,75 N/mm<sup>2</sup>, 0,8 N/mm<sup>2</sup>, Kemudian pada umur 14 hari mendapatkan hasil sebesar 0,9 N/mm<sup>2</sup>, 1 N/mm<sup>2</sup>, 1,1 N/mm<sup>2</sup>. Hal ini menunjukkan bahwa semakin lama umur roster beton semakin kuat juga ketahanan terhadap kuat tekan nya. Untuk hasil nilai konversi kuat tekan bruto pada roster beton umur ke-28 hari yaitu 1,25 N/mm<sup>2</sup>, sedangkan pada syarat SNI 3-0349-1989 yaitu sebesar 0,8 N/mm<sup>2</sup>. Dapat disimpulkan bahwa hasil tersebut memenuhi syarat.

**Tabel 1.** Hasil uji kuat tekan

Umur beton	Benda Uji	Kuat Tekan (N/mm <sup>2</sup> )	Kuat Tekan (Kg/cm <sup>2</sup> )	Syarat SNI
7 Hari	1	0,8	8,157	0,8 N/mm <sup>2</sup>
	2	0,75	7,647	
	3	0,8	8,157	
14 Hari	1	0,9	9,177	
	2	1	10,197	
	3	1,1	11,216	

#### 2) Uji daya serap air

Tabel 2 desain roster pada umur 7 hari mendapatkan hasil sebesar 17,639 %, 18,103 %, 17,378 %. Kemudian pada umur 14 hari mendapatkan hasil sebesar 15,712 %, 16,424 %, 13,971 %. Dari pengujian daya serap air di dapatkan hasil bahwa nilai persentase benda uji tidak ada yang melebihi

25 %. Dimana diatur dalam SNI 03-0349-1989 nilai tersebut memenuhi standar penyerapan air yaitu kurang dari 25 %.

**Tabel 2.** Hasil uji daya serap air

Umur beton	Benda Uji	Massa Kering	Massa Basah	Nilai Penyerapan Air (%)
7 Hari	1	3,668	4,315	17,639
	2	3,585	4,234	18,103
	3	3,631	4,262	17,378
14 Hari	1	3,755	4,345	15,712
	2	3,720	4,331	16,424
	3	3,822	4,356	13,971

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan temuan penelitian dan analisis dapat disimpulkan sebagai berikut:

- 1) Dalam penelitian pembuatan roster beton ini memiliki prosedur yang di lakukan secara bertahap, tahap 1 adalah pembuatan desain roster beton menggunakan software berbasis BIM (Building Information Modeling), tahap 2 yaitu pembuatan cetakan roster beton menggunakan bahan fiberglass, tahap 3 yaitu realisasi pembuatan roster beton. Proses pembuatan roster beton dilakukan dengan cara mencampurkan seluruh bahan material yaitu pasir, kerikil, semen, dan air sesuai dengan job mix kemudian campuran tersebut dituangkan kedalam cetakan dengan ukuran 20 x 20 x 10 setelah itu dilanjutkan proses pengeluaran gelembung udara pada cetakan agar roster beton menjadi lebih padat dengan cara memukul-mukul cetakan roster beton tersebut.
- 2) Dalam uji yang dilakukan pada penelitian ini adalah pengujian sirkulasi udara yang dilakukan menggunakan AutoDesk CFD, pengujian desain dilakukan dengan cara menyebar kuisoner ke masyarakat secara online, pengujian kuat tekan pada umur beton 7 dan 14 hari dengan 3 sample menggunakan alat compression testing, pengujian penyerapan air dilaksanakan dengan cara mengeringkan sample benda uji di dalam oven dengan suhu 110°C selama 24 jam kemudian direndam kedalam air.
- 3) Hasil optimum didapatkan setelah dilakukan pengujian sirkulasi udara didapatkan nilai volume udara sebesar 7964661 cm<sup>3</sup>/s atau 796,4611 Liter/s kemudian pada hasil pengujian yang lain roster beton ini masih masuk kedalam standar yang telah di tentukan. Secara menyeluruh desain roster beton yang dibuat lebih unggul dibandingkan 2 sample yang di ambil dari pasaran, baik secara fasad dan secara fungsi.

#### Ucapan terima kasih

Rasa terima kasih ditujukan kepada tuhan YME, kepada dosen pembimbing dalam penelitian ini serta seluruh pihak yang telah membantu dan mendukung dalam penyusunan hasil penelitian ini. Semoga kedepannya penelitian ini bisa bermanfaat bagi pembaca dalam menambah wawasan dan pengetahuan.

#### Referensi

- Arif, M. 2006. Pengujian Kuat Tekan dan Serapan Air Pada Roster dengan Bahan Abu Layang dan Semen Potland. Skripsi. Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
- David. 2012. Sekilas Tentang Roster, Ventilasi Udara Pada Bangunan, <http://birobangunan.blogspot.co>.
- Ishak, M. F. 2013. Aplikasi Penghawaan Alami Pada Bangunan Beriklim Tropis. Radial, 1(1), 297574.
- Juddah, S. 2022. Roster Beton Sebagai Elemen Estetika (Studi Kasus: Masjid Agung Sultan Alauddin Uin Alauddin Makassar). Teknosains: Media Informasi Sains Dan Teknologi, 16(3), 370-381.
- Kreasi, R. G. 2008. 101 inspirasi tampilan dinding menarik. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Metode Uji Analisis Saringan Agregat Halus Dan Agregat Kasar (Astm C 136-06 Idt). - Jakarta : Badan Standarisai Nasional.
- Muhsin, A. 2022. Pengaruh Desain Dan Pola Roster Terhadap Simulasi Penghawaan Alami Pada Fasad Bangunan. Reka Karsa: Jurnal Arsitektur, 10(3).

- Mustain. 2006. Uji Kuat tekan dan Serapan Air Pada Bata Beton Berlubang dengan Bahan Ikat Kapur dan Abu Layang. Skripsi. Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang.
- Mustofa, A. F., & Fauziah, I. Y. 2022. Pengaruh Pola Roster Terhadap Efektivitas Pencahayaan Alami Dan Kenyamanan Visual Bangunan (Studi Kasus: Masjid Asy Syams Kulon Progo).
- Mustofa, A. F., Dan Fauziah, I. Y. 2022. Pengaruh Pola Roster Terhadap Efektivitas Pencahayaan Alami Dan Kenyamanan Visual Bangunan (Studi Kasus: Masjid Asy Syams Kulon Progo).
- Pawitro, U., Nitya, A., Septiandi, T., & Hernomo, A. 2014. Kajian Ekspresi Ruang Luar Dan Ruang Dalam Pada Bangunan Masjid Al "Irsyad Kota Baru Parahyangan Ditinjau Dari Sustainable Design. Reka Karsa: Jurnal Arsitektur, 2(2).
- Persada, N. G. E. 2019, February. Eksistensi Roster Pada Bangunan Masa Kini Di Bali. In Senada (Seminar Nasional Manajemen, Desain Dan Aplikasi Bisnis Teknologi) (Vol. 2, Pp. 457-464).
- Putra, H. M. A. 2015. Elemen-Elemen Arsitektur Jengki Pada Eksterior Bangunan Indis Wisma Kilang Balikpapan. Jurnal Kreatif: Desain Produk Industri Dan Arsitektur, 3(1), 8-8.
- Rosita Dewi, I. 2021. Pengaruh Desain Roster Terhadap Pendinginan Alami Pada Bangunan Seroomah Villa Gallery Malang (Doctoral Dissertation, Universitas Brawijaya).
- SNI 03-0349-1989 Bata Beton Untuk Pasangan Dinding. - Jakarta : Badan Standarisai Nasional, 1970.
- SNI 03-1570-1989 Bata Beton Karawang. - Jakarta : Badan Standarisai Nasional, 1970.
- SNI S-04-1989-F Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal [Bok]. - [U.O.] : Badan Standarisai Nasional, 2000.
- Umar, M. Z. 2019. Pembuatan Dan Pengujian Fisik Roster Beton Di Kota Kendari. Vitruvian: Jurnal Arsitektur, Bangunan, Dan Lingkungan, 8(3), 155-162.
- Vidiyanti, C., Siswanto, R., & Ramadhan, F. 2020. Pengaruh Bukaannya Terhadap Pencahayaan Alami Dan Penghawaan Alami Pada Masjid Al Ahdhar Bekasi. Jurnal Arsitektur Zonasi, 3(1), 20-33.
- Vidiyanti, C., Tambunan, S. F. D. B., & Alfian, Y. 2018. Kualitas Pencahayaan Alami Dan Penghawaan Alami Pada Bangunan Dengan Fasade Roster (Studi Kasus: Ruang Sholat Masjid Bani Umar Bintaro). Vitruvian: Jurnal Arsitektur, Bangunan, Dan Lingkungan, 7(2), 99-106.
- Vidiyanti, C., Tambunan, S. F. D. B., & Alfian, Y. 2018. Kualitas Pencahayaan Alami Dan Penghawaan Alami Pada Bangunan Dengan Fasade Roster (Studi Kasus: Ruang Sholat Masjid Bani Umar Bintaro). Vitruvian: Jurnal Arsitektur, Bangunan, Dan Lingkungan, 7(2), 99-106.
- Wicaksono, A. 2009. Menciptakan rumah sehat. Niaga Swadaya.



## Inovasi *paving block* bentuk ikan pari

Muhammad Rheza Fakhri Syakir<sup>a\*</sup>, Raihan Dany Anantyo<sup>b</sup>, Shifa Fauziyah<sup>c</sup>, Riza Susanti<sup>d</sup>

<sup>a\*, b, c, d</sup> Teknik Infrastruktur Sipil dan Perancangan Arsitektur, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro, Indonesia

### ARTICLE INFO

#### Corresponding author:

Email:

[rhezafakhri23@gmail.com](mailto:rhezafakhri23@gmail.com)

#### Article history:

Received : 15 June 2024

Accepted : 28 September 2024

Publish : 30 September 2024

#### Keywords:

Compressive strength, hexagonal, interlocking, paving block, stingray shaped

### ABSTRACT

*The weak interlock system in paving blocks can cause discomfort for drivers when passing over them. The more frequently traversed by vehicles, paving blocks with poor interlock systems will experience displacement. The compressive strength of paving blocks also affects their quality, thus supporting the performance of the paving block interlock system. This research aims to produce paving block products with a better interlocking system. The method used in this research is experimental and conducted in a laboratory setting. The results of the compressive strength test on stingray-shaped paving blocks, conducted at 14 days and converted to 28 days, showed superior compressive strength with an average of 24.04 MPa compared to conventional square and hexagonal paving blocks tested at 28 days, each with an average compressive strength of 20.07 MPa and 22.25 MPa, respectively. The water absorption test of the stingray-shaped paving blocks conducted at 7 and 14 days showed average water absorption rates of 5.67% and 4.31%, respectively, meeting the quality requirements of Grade B according to SNI -03-0691-1996, which requires less than 6%. Interlock system testing of the stingray-shaped paving blocks indicated superiority with an average displacement of 5.514 mm compared to conventional square and hexagonal paving blocks, each with an average displacement of 11.802 mm and 9.744 mm, respectively. The cost calculation for stingray-shaped paving blocks amounted to Rp. 2263.22 per paving block, 24,559% more economical than the total cost for conventional hexagonal paving blocks, which amounted to Rp. 3000.00.*

Copyright © 2024 PILARS-UNDIP

## 1. Pendahuluan

Penggunaan *paving block* pada area green building merupakan hal yang lumrah dilakukan, baik pada area parkir terbuka maupun area hijau seperti taman. Hal tersebut dikarenakan *paving block* dinilai lebih ramah lingkungan karena *paving block* terbuat dari bahan-bahan alami yang dapat didaur ulang dan tidak menciptakan banyak sampah ketika dibongkar. Selain itu, blok paving memiliki sifat yang menyerap air serta pada penelitian lain diungkapkan peningkatan suhu lingkungan dapat dikurangi dengan penggunaan blok paving, yang terdiri dari bahan dasar semen, pasir, dan air (Mohammad Imran dkk., 2022). Dengan sifat-sifat tersebut, sebagian besar lahan parkir akan menggunakan blok paving sebagai perkerasan yang digunakan. Maka dari itu, *paving block* pada lahan parkir perlu dilakukan inovasi baik dari segi kekuatan atau kenyamanan seiring bertambahnya jumlah kendaraan dari tahun ke tahun.

Penggunaan *paving block* tersebut mengalami permasalahan, yaitu sistem *interlocking paving block* yang buruk akan mengakibatkan susunan paving block mengalami perubahan kontur seperti lendutan, berongga, dan lainnya. Permasalahan yang dihasilkan oleh sistem *interlocking paving block* yang buruk tersebut dapat menimbulkan rasa kurang nyaman saat dilintasi oleh pengemudi kendaraan bermotor. Paving block yang mengalami lendutan pada susunannya, pada umumnya,

terjadi akibat *paving block* tidak mampu menahan gaya yang ditimbulkan oleh kendaraan secara berulang (Mudiyono dkk., 2019).

Permasalahan lain dari penggunaan *paving block* adalah *paving block* dapat mengalami keretakan atau pecah akibat tidak kuat menahan tekanan yang diberikan oleh beban di atasnya. Hal tersebut dapat terjadi karena *paving block* digunakan tidak sesuai dengan mutunya atau mutu *paving block* yang digunakan relatif rendah. Penggunaan *paving block* semakin meningkat, memaksa munculnya inovasi baru pada *paving block* (Hening dkk., 2021). Inovasi dapat berupa perubahan dari bentuk *paving block* yang akan menambah kualitas dari *paving block* yang sudah ada.

Inovasi bentuk baru pada *paving block* dapat memberikan perbedaan data signifikan didapat dari uji kuat tekan dan menghasilkan rata-rata dari berbagai variasi *paving block* dimulai dari perbedaan bentuk dan dimensi dari benda uji *paving block*. Perbedaan luas bidang tekan dan tinggi dari benda uji dapat mempengaruhi besaran hasil uji kuat tekan yang didapat pada pengujian yang dilakukan (Putra & Kurniawandy, 2017).

Selain itu, didapat bahwa ukuran dan bentuk *paving block* akan mempengaruhi kelendutan yang terjadi dan secara tidak langsung akan berdampak *interlocking paving block* pada *paving block* juga (Mudiyono dkk., 2019). Permasalahan kekuatan dan sistem *interlocking paving block* membutuhkan inovasi agar *paving block* memiliki kuat tekan lebih baik dan sistem kunci yang stabil, maka inovasi untuk membuat *paving block interlock* berbentuk “ikan pari”. Pada penelitian ini, *paving block interlock* diuji kuat tekan dan sistem *interlocking*. Diharapkan pada inovasi ini akan terbentuk *paving block interlock* dengan kuat tekan pada *paving block* yang lebih besar dan sistem *interlocking* yang lebih baik dari *paving block* pada umumnya. Tujuan Penelitian ini adalah menganalisis perbandingan kuat tekan dan daya serap air antara *paving block* bentuk ikan pari dengan *paving block* konvensional bentuk segi empat dan segi enam, menganalisis perbandingan hasil pengujian sistem *interlocking* antara *paving block* ikan pari dengan *paving block* konvensional bentuk segi empat dan segi enam, dan menganalisis besar biaya yang dikeluarkan dalam pembuatan *paving block* bentuk ikan pari.

## 2. Data dan metode

### 2.1. Metode penelitian

Metode penelitian yang digunakan pada pembuatan *interlock paving block* berbentuk “ikan pari” ini adalah Metode Penelitian Eksperimental. Inovasi bentuk baru ikan pari yang menjadi variabel pembeda pada penelitian ini. Penelitian eksperimental pada *paving block* ikan pari merupakan penelitian mengenai uji coba pengaruh bentuk ikan pari terhadap tes kuat tekan.

### 2.2. Pengujian material

Penelitian ini melakukan pengujian material pada agregat halus dan agregat kasar terlebih dahulu sebelum membuat sampel beton. Pengujian agregat halus yang dilakukan berdasarkan SNI 03-2847-2002, SNI 03-1750-1990, dan SK-SNI-S-04-1989-F. adalah uji saringan dan uji kadar lumpur.

### 2.3. Job mix design

*Mix design* pada pembuatan *paving block* ikan pari mengacu pada penelitian terdahulu sebagai acuan. Berdasarkan hasil penelitian, didapat kuat tekan optimal dengan campuran semen dan agregat halus adalah 1 : 3 dan FAK (Faktor Air Semen) adalah 0,3. Komposisi *job mix design* disajikan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** *Job mix design*

No	Semen (gr)	Agregat Halus (gr)	Air (gr)
1	1325	2018	395

## 2.4. Metode pembuatan benda uji

Siapkan alat dan bahan yang akan digunakan. Ukur takaran menggunakan timbangan berdasarkan perhitungan *job mix design*. Aduk bahan sampai merata selama kurang lebih 3 menit. Masukkan material kedalam cetakan sampai terisi penuh. Padatkan material yang telah dimasukkan kedalam cetakan sampai benar-benar padat. Keluarkan *paving block* yang sudah jadi dari cetakan dan letakkan di atas papan triplek. Proses dilakukan secara berulang sampai jumlah *paving block* mencukupi.

## 3. Hasil dan pembahasan

### 3.1. Pengujian material

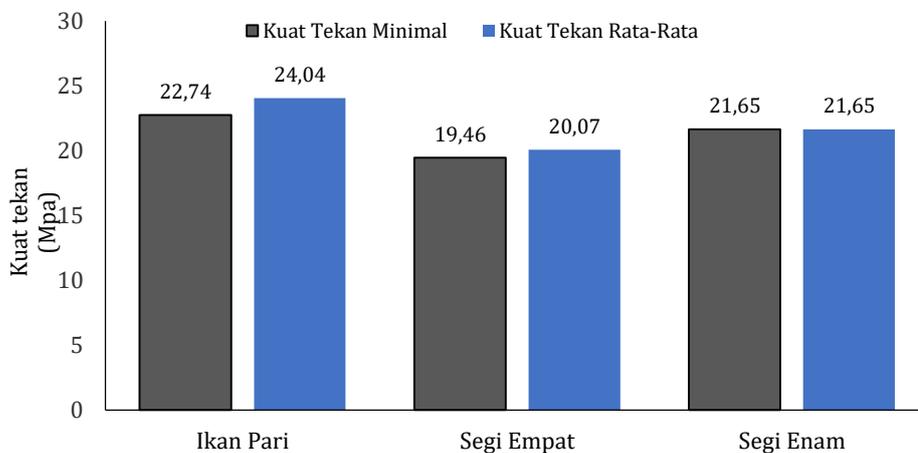
Pengujian material yang dilakukan pada penelitian adalah uji saringan dan uji kadar lumpur. Berdasarkan SNI yang dijadikan sebagai acuan, material yang digunakan telah memenuhi persyaratan. Adapun hasil pengujian material disajikan pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Hasil pengujian material

Jenis Pengujian	Hasil	SNI	Keterangan	
Uji Modulus Kehalusan	2.384	1.5 - 3.8	SNI 03-2461-1991	Memenuhi
Uji Kadar Lumpur	3.92	< 5%	SK-SNI-S-04-1989-F	Memenuhi

### 3.2. Hasil pengujian material

Pengujian kuat tekan *paving block* dilakukan pada usia 14 untuk *paving block* ikan pari dan menggunakan perhitungan konversi untuk mendapat kuat tekan usia 28 hari. Untuk pengujian kuat tekan *paving block* konvensional bentuk segi empat dan segi enam dilakukan pada usia 28 hari. Hasil uji kuat tekan *paving block* disajikan pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Hasil pengujian kuat tekan

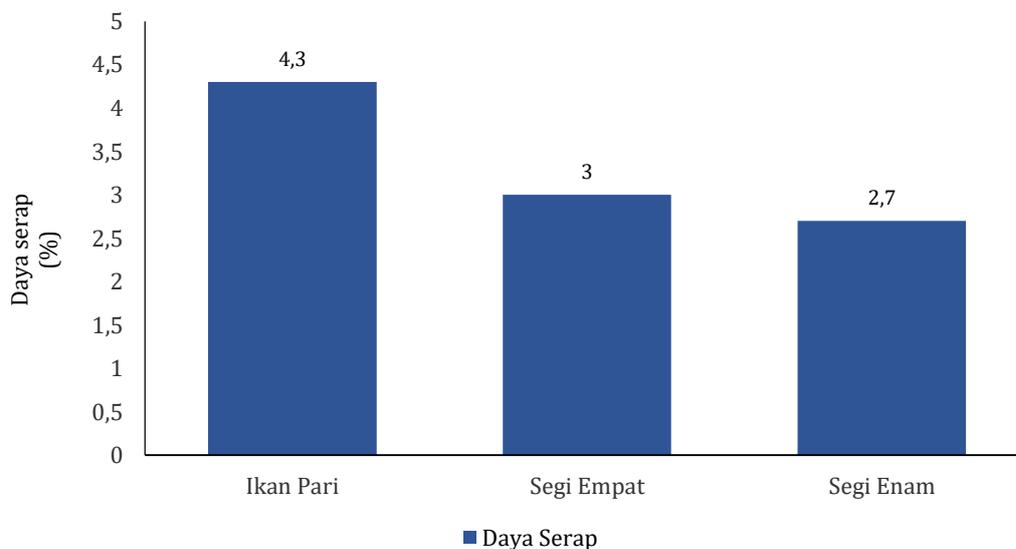
Berdasarkan uji kuat tekan yang dilakukan pada *paving block* konvensional yang beredar dipasaran. *Paving block* segi empat memiliki kuat tekan minimum 19,46 Mpa dan kuat tekan rata-rata 20,07 Mpa, pada *paving block* segi enam, memiliki kuat tekan minimum sebesar 21,65 Mpa dan kuat tekan rata-rata 22,25 Mpa. Hasil pengujian tersebut sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa, hasil pengujian kuat tekan dengan mesin tekan antar bentuk asli *paving block* dan *paving block* berbentuk kubus dengan standar SNI terdapat perbedaan yang signifikan dengan unggulnya *Paving block* berbentuk segi enam dibanding segi empat pada semua tes yang dilaksanakan (Putra & Kurniawandy, 2017). Sementara berdasarkan pengujian uji kuat tekan yang dilakukan pada *paving*

*paving block* ikan pari, rata-rata kuat tekan *paving block* adalah 24,04 Mpa yang didapat dari hasil konversi 28 hari, sementara hasil kuat tekan terkecil adalah 22,74 Mpa yang didapat dari hasil konversi 28 hari.

Berdasarkan SNI-1996 tentang *paving block*, *paving block* mutu B harus memiliki kuat tekan minimal 17 Mpa dan rata-rata 20 Mpa pada usia optimal (28 hari). Mengacu pada hasil data uji kuat tekan *paving block*, *paving block* ikan pari telah memenuhi syarat kuat tekan dan menjadi *paving block* dengan kuat tekan paling baik dengan kuat tekan minimal 22,74 Mpa dan kuat tekan rata-rata 24.04 Mpa.

### 3.3. Pengujian daya serap

Pengujian daya serap *paving block* dilakukan pada usia 14 untuk *paving block* ikan pari dan menggunakan perhitungan konversi untuk mendapat kuat tekan usia 28 hari. Untuk pengujian kuat tekan *paving block* konvensional bentuk segi empat dan segi enam dilakukan pada usia 28 hari. Hasil uji kuat tekan *paving block* disajikan pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Hasil pengujian daya serap air

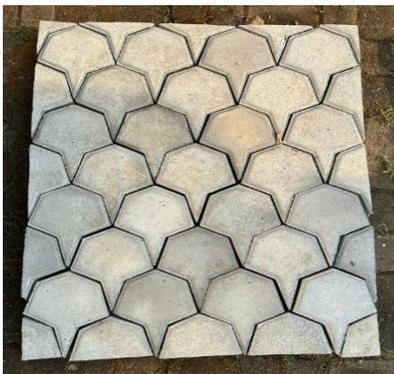
Gambar 2 menunjukkan daya serap rata-rata *paving block* ikan pari pada usia 7 hari adalah 5,37 % dan 14 hari adalah 4,31 %. Sementara untuk pengujian daya serap pada *paving block* konvensional menunjukkan *paving block* segi enam unggul dengan rata-rata 2,8 % sementara rata-rata daya serap *paving block* segi empat adalah 3,04 %. Dengan perbedaan hasil yang didapat, menunjukkan bahwa semakin lama usia *paving block*, maka semakin baik daya serap yang dihasilkan. Berdasarkan SNI-1996, daya serap ketiga bentuk *paving block* dapat memenuhi mutu B dengan rata-rata maksimum 6%.

### 3.4. Pengujian *interlock*

Uji *Interlocking* pada *paving block* dilakukan dengan menyusun susunan *paving block* dengan ukuran 80x80 cm kemudian dilintasi dengan kondisi beban, kecepatan, banyak lintasan, dan kontur permukaan yang sama. Hasil dari pengujian ini dapat dilihat secara kasat mata atau dapat diukur menggunakan meteran mengenai kelendutan dan rongga yang terjadi pada *paving block*. Uji *Interlock* dilakukan pada *paving block* berbentuk ikan pari, segi empat, dan segi enam seperti yang disajikan pada Gambar 3 dan Gambar 4. Adapun hasil pengujian *interlocking* disajikan pada Tabel 3.



**Gambar 3.** Pengujian *interlocking paving block* menggunakan kendaraan bermotor



Bentuk ikan pari



Bentuk segiempat



Bentuk segienam

**Gambar 4.** Variasi *paving block*

**Tabel 3.** Hasil pengujian *interlock*

Bentuk <i>Paving Block</i>	Pergeseran rata-rata (mm)
Ikan Pari	5.514
Segi Empat	9.744
Segi Enam	11.802

Tabel 5 menunjukkan hasil uji coba *interlocking* pada *paving block* ikan pari mengalami pergeseran berkisar antara 4.88 mm sampai dengan 5.98 mm, didapat nilai rata-rata adalah 5.514 mm. Hasil pergeseran rata-rata pada *paving block* konvensional bentuk segi enam dan segi empat masing-masing adalah 9,744 mm dan 11,802 mm. Dapat disimpulkan bahwa kelendutan pada *paving block* dipengaruhi oleh perbedaan bentuk dari *paving block*. *Paving block* yang digunakan bervariasi yang berbeda dimulai dari bentuk, waktu penelitian, dan ukuran (Mudiyono dkk., 2019). Sehingga dapat disimpulkan juga bahwa *paving block* ikan pari memiliki sistem *interlock* yang lebih baik jika dibandingkan dengan *paving block* konvensional berbentuk segi empat dan segi enam.

### 3.5. Perhitungan biaya

Perhitungan biaya yang dilakukan didasarkan pada total biaya material yang dikeluarkan oleh peneliti selama melakukan penelitian. Untuk jenis material yang digunakan adalah Semen Gresik, agregat halus (pasir), dan air. Biaya dihitung pada setiap pembuatan *paving block*. Untuk hasil perhitungan biaya disajikan pada Tabel 4 dan Tabel 5.

**Tabel 4.** Perhitungan biaya *paving block* ikan pari

Material	Qty (Kg)	Harga (Rp)	Jumlah (Rp)
Semen Gresik	1.325	1500	1987.5
Air	0.395	100	39.5
Agregat Halus	2.019	117	236.223
<b>Total Biaya</b>			<b>2263.223</b>

**Tabel 5.** Perhitungan biaya *paving block* konvensional

Bentuk	Harga per <i>Paving Block</i> (Rp)
Segi Empat	2000
Segi Enam	3000

Perhitungan biaya material dan harga per satuan *paving block* konvensional, didapat bahwa biaya pembuatan *paving block* segi empat adalah yang paling rendah dengan harga Rp. 2000,- , kemudian *paving block* ikan pari dengan biaya Rp. 2263,22 , dan yang paling tinggi adalah harga *paving block* segi enam dengan harga Rp. 3000,-. Data tersebut menunjukkan bahwa harga *paving block* per satuan bergantung pada volume dari *paving block* itu sendiri, semakin tinggi volume maka akan semakin tinggi juga biaya yang dikeluarkan.

#### 4. Kesimpulan

*Paving block* bentuk ikan pari memiliki kuat tekan rata-rata 24,04 Mpa dan dapat mengungguli *paving block* konvensional bentuk segi empat dan segi enam yang memiliki kuat tekan rata-rata masing-masing 20,07 Mpa dan 22,25 Mpa. Daya serap *paving block* ikan pari pada usia 14 hari memiliki rata-rata 4,31 %, sementara pada pengujian *paving block* konvensional bentuk segi empat dan segi enam yang dilakukan pada usia 28 hari, memiliki daya serap rata-rata masing-masing 3,04 % dan 2,8 %. Pada pengujian *interlock*, *paving block* ikan pari memiliki pergeseran rata-rata 5,514 mm dan dapat mengungguli *paving block* konvensional bentuk segi empat dan segi enam dengan pergeseran rata-rata masing-masing adalah 11,802 mm dan 9,744 mm. Perhitungan biaya terendah didapat oleh *paving block* segi empat dengan Rp. 2.000 kemudian *paving block* ikan pari dengan Rp. 2.263 , dan *paving block* segi enam dengan Rp. 3.000.

#### Ucapan terima kasih

Terima kasih kami ucapkan kepada Tuhan YME, dosen pembimbing, serta seluruh pihak yang telah membantu dalam penyusunan hasil penelitian. Diharapkan penelitian ini dapat berguna bagi pembaca sebagai salah satu sumber literatur.

#### Referensi

- Atoyebi, O. D., Ikubanni, P. P., Adesina, A., Araoye, O. V., & Davies, I. E. E. (2020). Effect of curing methods on the strength of interlocking paving blocks. *Cogent Engineering*, 7(1). <https://doi.org/10.1080/23311916.2020.1770914>
- Badan Standardisasi Nasional Indonesia. (1993). SNI-03-2834-1993.
- Badan Standardisasi Nasional Indonesia. (1990). SNI-03-1750-1990.
- Badan Standardisasi Nasional Indonesia. (1990). SK-SNI-S-04-1989-F.
- Badan Standardisasi Nasional Indonesia. (1996). SNI 03-0691-1996.
- Badan Standardisasi Nasional Indonesia. (2004). SNI 15-2049-2004.
- Euniza Jusli, Hasan Md Nor, Ramdhansyah Putra Jaya, & Zaiton Haron. (2015). View of Strength and Microstructure Properties of Double Layered Concrete Paving Blocks Containing Waste Tyre Rubber Granules (1). *Jurnal Teknologi*.
- Garg, V., & Kumar, V. (2023). Impact of curing regime on modified interlocking paver blocks. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1110(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1110/1/012036>

- Hengl, H. L., Kluger-Eigl, W., Lukacevic, M., Blab, R., & Füssl, J. (2018). Horizontal deformation resistance of paving block superstructures – influence of paving block type, laying pattern, and joint behaviour. *International Journal of Pavement Research and Technology*, 11(8), 846–860. <https://doi.org/10.1016/j.ijprt.2018.08.001>
- Imran, M., Shamin, N., & As'Adiyah, R. B. (2020). The utilization of paving blocks as environmental heat reduction materials. *ARTEKS : Jurnal Teknik Arsitektur*, 5(3), 421–430. <https://doi.org/10.30822/arteks.v5i3.564>
- Lumingkewas, R. H., Hadiwardoyo, S. P., & Hadiwardoyo, F. A. (2023). Laboratory Innovation to Investigate Concrete Paving Blocks Compressive Strength. *Civil Engineering Journal (Iran)*, 9(11), 2672–2688. <https://doi.org/10.28991/CEJ-2023-09-11-03>
- Mudiyono, R., Tsani, N. S., Putra, A. P., & Adha, K. M. (2019). Analisis Pengaruh Bentuk Paving Block Terhadap Kelendutan Perkerasan Jalan. *Reviews in Civil Engineering*, 03(1), 12–17.
- Pranoto, Y., Hashim, N. F., & Tumingan. (2023). A Brief Review of the Environmental Benefits and Maintenance of Porous Concrete Paving Block. Dalam *Chemical Engineering Transactions* (Vol. 106, hlm. 1219–1224). Italian Association of Chemical Engineering - AIDIC. <https://doi.org/10.3303/CET23106204>
- Prasad, B., Rajendra Prasad, C., Uma, & R., & Yadav, M. (2018). [I-CONCEPTS-18] GLOBAL JOURNAL OF ENGINEERING SCIENCE AND RESEARCHES STUDY ON INTERLOCKING CONCRETE BLOCK PAVEMENT.
- Putra, A., & Kurniawandy, A. (2017). PENGARUH VARIASI BENTUK PAVING BLOCK TERHADAP KUAT TEKAN.
- Rachmat, M., & Salsabilla, T. N. (2019). Analysis of hexagonal paving block as a better paving shape. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 527(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/527/1/012068>
- Satriyo, D. H. H. (2021). Analisis Kontur Paving Block yang Memberi Dampak Bagi Pengendara di Jalan Universitas Sebelas Maret.
- Vila, P., Pereyra, M. N., & Gutiérrez, Á. (2017). Resistencia a la compresión de adoquines de hormigón. Resultados tendientes a validar el ensayo en medio adoquín. *Revista ALCONPAT*, 7(3), 247–261. <https://doi.org/10.21041/ra.v7i3.186>
- Wang, X., Chin, C. S., & Xia, J. (2019). Material characterization for sustainable concrete paving blocks. *Applied Sciences (Switzerland)*, 9(6). <https://doi.org/10.3390/app9061197>
- Yulia Wahyu Saputri, Ezra Hartarto Pongtuluran, S. T., M. Eng., & Karmila Achmad, S. T. M. T. (2020). PENGARUH PEMANFAATAN SERBUK KARET BAN TERHADAP KUAT TEKAN PAVING BLOCK.



## Potensi pencahayaan alami pada bangunan peribadatan gereja GPIB Filadelfia Semarang

Varinca Augi Tahapary<sup>a</sup>, Chely Novia Bramiana<sup>a\*</sup>

<sup>a\*</sup> Teknik Infrastruktur Sipil dan Perancangan Arsitektur, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro, Indonesia

### ARTICLE INFO

#### Corresponding author:

Email:

[chely@lecturer.undip.ac.id](mailto:chely@lecturer.undip.ac.id)

#### Article history:

Received : 28 June 2024

Accepted : 28 September 2024

Publish : 30 September 2024

#### Keywords:

Natural lighting intensity, visual comfort, wall opening, worship room

### ABSTRACT

*Natural lighting is one of the supporting functions of space that can positively impact space users. One of the benefits is visual comfort when carrying out various indoor activities. Visual comfort is needed in every room, including the worship room. This study aims to evaluate the intensity of natural lighting in the GPIB Filadelfia Church Semarang church hall. This research uses the quantitative method by doing direct observations and measurements using a lux meter placed at twelve measuring points during sunny weather. The results showed that the average light intensity in the morning, afternoon, and evening complies with the visual comfort standards of SNI 03-6197-2000; thus, overall visual comfort is achieved. However, some measuring points with small lighting intensity are still not up to standards because the location is too far from the openings. A light barrier also affects the difference in light intensity at each measuring point.*

Copyright © 2024 PILARS-UNDIP

## 1. Pendahuluan

Menurut Manurung (2012), desain arsitektur harus mampu memperhitungkan pencahayaan alami yang cukup di dalam ruangan. Pernyataan ini juga didukung oleh Pangestu (2019) dimana pencahayaan alami adalah faktor esensial dalam suatu karya arsitektur. Keberadaan pencahayaan alami dinilai memberikan efek vital, diantaranya sebagai penunjang fungsi ruang, membentuk citra visual, serta menciptakan kenyamanan bagi pengguna. Pencahayaan alami juga berkaitan dengan kenyamanan visual yang mana membantu pengguna ruang untuk mendapatkan informasi visual tanpa mengalami kesulitan. Oleh karena itu penggunaan cahaya alami tidak dapat ditinggalkan dan perlu dimanfaatkan sebaik mungkin.

Sebagai salah satu penerang ruangan, pencahayaan alami dapat masuk melalui lubang cahaya yang berada pada dinding maupun langit-langit bangunan (Kunaefi, 2014). Pencahayaan alami sangat bergantung pada cuaca, iklim, dan musim (Dora dan Nilasari, 2011). Kenyamanan visual sangat bergantung dengan keberadaan pencahayaan alami dalam suatu bangunan (Athallah et al., 2017). Kenyamanan visual berguna bagi manusia dalam mengakses informasi visual dalam ruangan. Kondisi ruangan yang terlalu gelap akan mengganggu indera visual manusia (Manurung, 2012) serta menurut Kunaefi (2014), kejelasan visual suatu objek sangat bergantung pada intensitas cahaya dalam suatu bangunan yang dimana berhubungan dengan kenyamanan visual ruangan. Kenyamanan visual dapat dirasakan jika seluruh poin pendukung, antara lain kesesuaian rancangan dengan standar dan penataan layout ruangan teraplikasikan secara penuh (Widiyantoro et al., 2017). Diperlukan

penyebaran cahaya alami yang merata dalam suatu ruangan sehingga dapat mencapai keadaan yang nyaman (Meiza, 2019).

Untuk memperoleh intensitas cahaya alami yang baik, diperlukan kontrol terhadap jumlah cahaya matahari yang masuk ke dalam ruangan melalui bukaan dinding yang mana dipengaruhi oleh ukuran, posisi, dan jumlah bukaan dinding di dalam ruangan (Nurhaiza dan Lisa, 2016). Pernyataan tersebut juga didukung oleh Yuniar et al., (2014) dimana intensitas cahaya yang masuk ke ruangan diatur oleh desain, bentuk, dan kedalaman ruang. Menurut SNI-03-2396-2001, cahaya matahari yang masuk juga dipengaruhi oleh berbagai penghalang, seperti bangunan lain, kondisi lingkungan, dan bangunan itu sendiri. Jika diartikan secara lebih jelas penghalang cahaya merupakan benda yang mampu mengurangi atau menghalangi intensitas cahaya untuk masuk ke dalam bangunan (Kunaefi, 2014).

Ruang ibadah gereja berfungsi sebagai tempat untuk berkomunikasi dan berinteraksi antar jemaat gereja (Frisilia dan Citraningrum, 2021). Di dalam kegiatan peribadatan, pencahayaan yang cukup sangat diperlukan. Oleh karena itu, aspek kenyamanan visual sangat dibutuhkan agar kegiatan ibadah di gereja dapat berjalan dengan lancar. Berdasarkan SNI 03-6197-2000, kebutuhan pencahayaan minimum yang harus dipenuhi oleh sebuah ruang ibadah gereja yaitu sebesar 200 lux Tabel 1.

**Tabel 1.** Tingkat pencahayaan yang direkomendasikan untuk rumah ibadah

Fungsi ruangan	Tingkat pencahayaan (Lux)	Kelompok renderasi warna	Temperatur warna		
			Warm white <3300 K	Cool white 3300 K – 5300 K	Daylight > 5300 K
Rumah ibadah					
Masjid	200	1 atau 2		x	
Gereja	200	1 atau 2		x	
Vihara	200	1 atau 2		x	

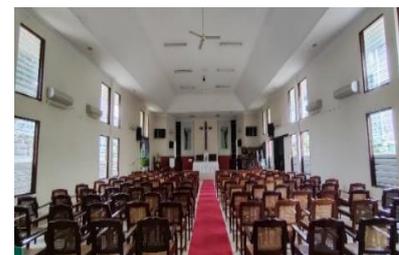
Gereja GPIB Filadelfia Semarang merupakan salah satu gereja yang berada di kawasan Wonodri, Kecamatan Semarang Selatan, Semarang, Jawa Tengah. Gereja ini memiliki 1 ruang ibadah utama di bagian tengah bangunan. Terdapat 28 bukaan dinding sebagai akses masuk sinar matahari ke dalam ruangan. Meskipun memiliki banyak bukaan dinding, di dalam setiap kegiatan peribadatannya masih menggunakan bantuan penerangan buatan. Isu tersebut yang kemudian menjadi latar belakang dan menggugah peneliti untuk melakukan evaluasi terhadap intensitas penerangan alami di dalam ruang ibadah gereja yang disajikan pada Gambar 1.



Lokasi Gereja GPIB Filadelfia Semarang



Tampak depan



Ruang ibadah

**Gambar 1.** Kondisi eksisting Gereja GPIB Filadelfia Semarang

## 2. Data dan metode

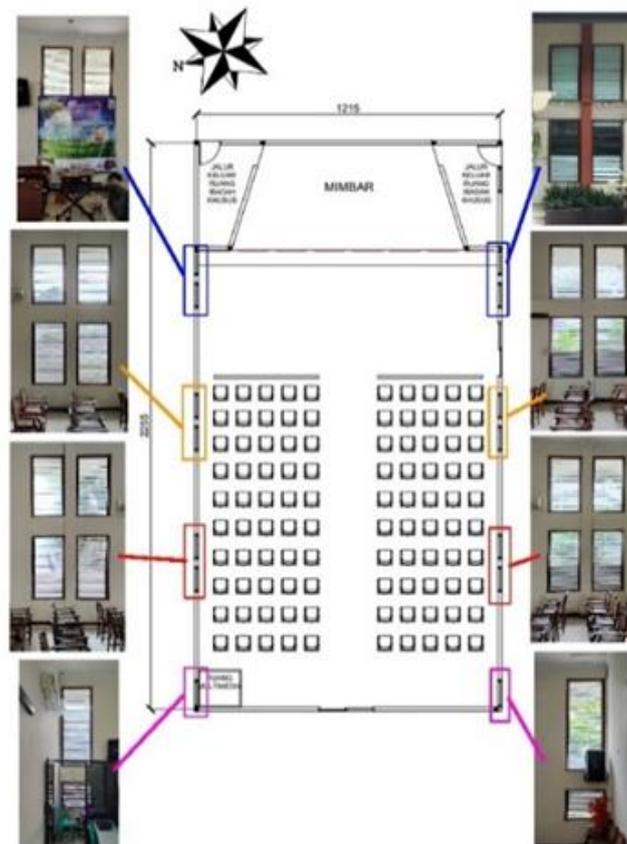
### 2.1. Metode penelitian

Metode yang diterapkan dalam penelitian ini adalah kuantitatif, yang berupa proses mendapatkan informasi melalui data berupa angka sebagai alat menganalisis keterangan yang ingin didapatkan peneliti (Djollong, 2014). Ditinjau dari pernyataan Swasti (2022), dalam evaluasi tingkat pencahayaan

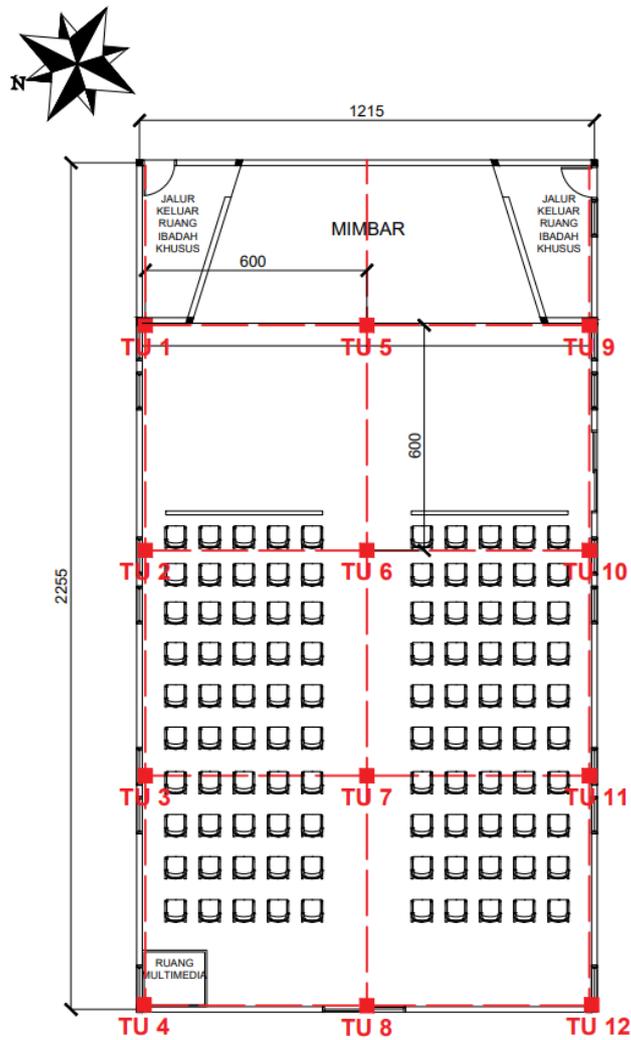
suatu ruang, diperlukan data variable tetap berupa posisi bukaan dan denah. Selain itu data variabel bebas yang dipakai adalah tingkat luminasi pencahayaan alami.

Berdasarkan latar belakang yang sudah dibahas sebelumnya, maka dilakukanlah pengambilan data intensitas pencahayaan pada ruang ibadah Gereja GPIB Filadelfia Semarang Gambar 1. Orientasi bangunan adalah Barat Laut. Dimensi ruang ibadah gereja adalah 12.15 m x 22.55 m dengan posisi bukaan dinding berada di bagian Barat Daya dan Timur Laut Gambar 2. Terdapat 28 bukaan dinding yang semuanya merupakan jendela nako. Berdasarkan hasil observasi, spesifikasi dari jendela yang ada adalah 1.0 m x 0.8 m, 1.1 m x 2.4 m, dan 1.1 m x 1.6 m. Terdapat 2 buah jendela tertutup oleh spanduk. Kemudian di sisi luar bangunan pada area Timur Laut terdapat dua pohon dengan tinggi  $\pm$  5 m. Selain itu pada bagian Timur Laut bangunan terdapat lahan dengan lebar 2,2 m yang langsung berbatasan dengan bangunan rumah penduduk. Dimungkinkan keberadaan dua pohon dan bangunan ini dapat menghalangi intensitas cahaya matahari yang masuk ke dalam ruang ibadah. Lalu pada bagian Barat Daya bangunan terdapat sisa lahan gereja dengan lebar 6,5 m dan bangunan Pasar Wonodri sebagai batas lahan gereja.

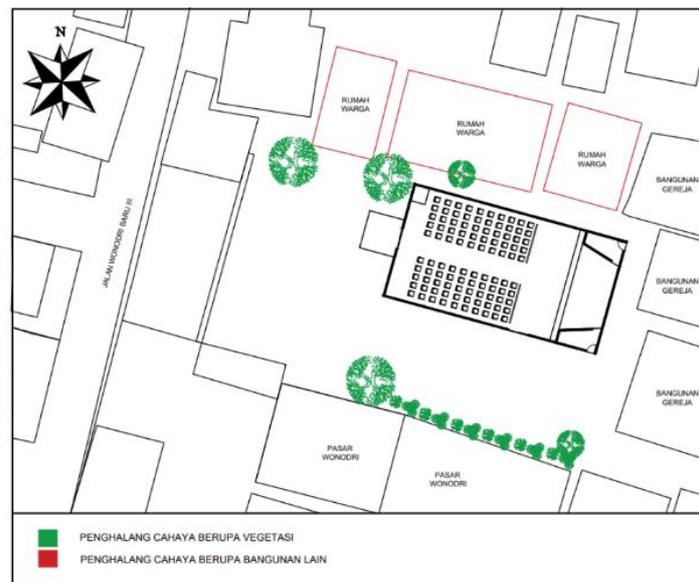
Waktu pengambilan data dilakukan selama dua hari yaitu pada tanggal 16 dan 18 November 2022 pada pukul 09:00-09:30, 12:00-12:30, dan 15:00-15:30. Kondisi rata-rata intensitas pencahayaan ruang luar pada saat itu adalah 20.63 Lux (pagi hari), 23.70 Lux (siang hari), dan 18.20 Lux (sore hari). Sedangkan untuk pengambilan data intensitas pencahayaan di dalam ruang ibadah mengacu pada pedoman SNI 16-7062-2004 dimana untuk ruangan dengan luas lebih dari 100 m<sup>2</sup>, pengambilan data dilakukan pada titik potong garis horizontal Gambar 3. Panjang dan lebar masing-masing luasan berjarak 6 m serta ketinggian alat ukur diantur pada jarak 0.75 m dari permukaan lantai. Untuk pengambilan data intensitas pencahayaan digunakan lux meter (Sunche light meter HS1010, Lemonbest, Cina).



**Gambar 2.** Bukaan dinding pada ruang ibadah Gereja GPIB Filadelfia Semarang



**Gambar 3.** Ilustrasi titik ukur pengambilan data intensitas pencahayaan di dalam ruang ibadah Gereja GPIB Filadelfia Semarang



**Gambar 4.** Ilustrasi orientasi bangunan Gereja GPIB Filadelfia Semarang dan letak vegetasi yang memungkinkan menjadi penghalang cahaya

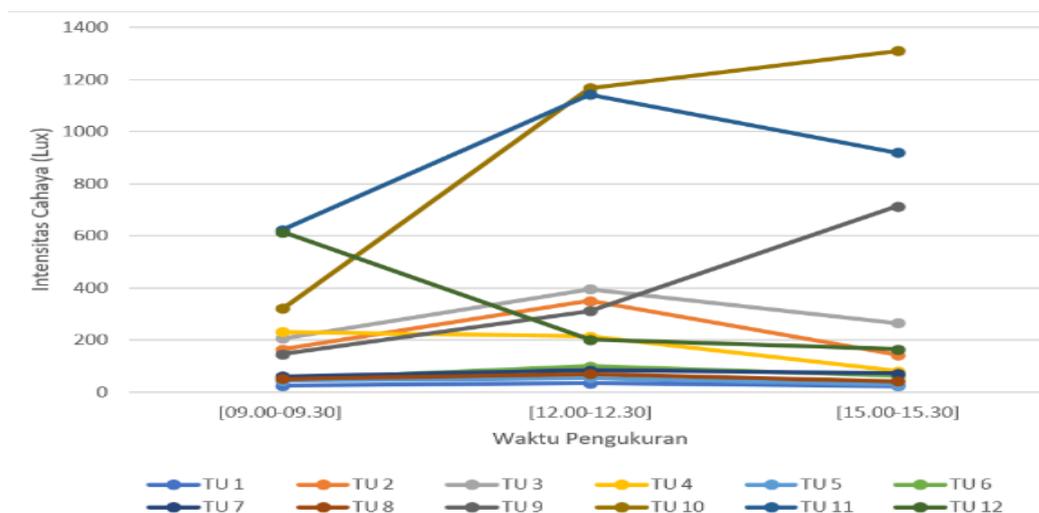
### 3. Hasil dan pembahasan

#### 3.1. Data hasil pengukuran intensitas pencahayaan alami di ruang ibadah

Secara umum, data hasil pengukuran pada Tabel 2 menunjukkan bahwa rata-rata intensitas pencahayaan alami di dalam ruang ibadah Gereja GPIB Filadelfia Semarang sudah memenuhi kebutuhan standar yang ada. Diketahui bahwa hampir setiap titik ukur mengalami perubahan intensitas pencahayaan berdasarkan waktu pengukuran dimana sebagian peningkatan intensitas pencahayaan yang signifikan dapat dilihat pada waktu siang hari dengan rata-rata 344 Lux. Sedangkan rata-rata penurunan intensitas pencahayaan sebesar 319 Lux dapat dilihat di sore hari. Hanya titik ukur 9 dan 10 yang masih menunjukkan kenaikan intensitas pencahayaan karena posisinya yang berada dekat dengan jendela yang menghadap Barat. Perbandingan dengan hasil pengambilan data pada ruang luar menunjukkan bahwa nilai intensitas pencahayaan pada ruang dalam berbanding lurus dengan nilai intensitas pencahayaan pada ruang luar. Dimana peningkatan intensitas cahaya juga terjadi pada siang hari dan penurunan pada sore hari. Gambar 5 memberikan ilustrasi perubahan intensitas pencahayaan yang terjadi di dalam ruang ibadah Gereja GPIB Filadelfia Semarang.

**Tabel 2.** Intensitas pencahayaan alami di dalam ruang ibadah Gereja GPIB Filadelfia Semarang

Ruang	Titik Ukur	Pagi (09.00-09.30)		Siang (12.00-12.30)		Sore (15.00-15.30)	
		Lux	Waktu	Lux	Waktu	Lux	Waktu
Ruang Ibadah	TU 1	26	09:16	34	12:17	24	15:18
	TU 2	165	09:14	351	12:17	143	15:18
	TU 3	207	09:12	396	12:16	266	15:18
	TU 4	231	09:11	215	12:16	81	15:23
	TU 5	44	09:20	55	12:07	29	15:18
	TU 6	51	09:19	99	12:06	62	15:18
	TU 7	61	09:19	84	12:05	72	15:19
	TU 8	52	09:18	70	12:04	42	15:19
	TU 9	147	09:15	312	12:19	713	15:17
	TU 10	322	09:13	1167	12:19	1310	15:17
	TU 11	623	09:11	1143	12:19	920	15:16
	TU 12	614	09:09	202	12:20	165	15:16
Rata-rata		212		344		319	
Rata-rata lux outdoor		20.633		23.700		18.200	



**Gambar 5.** Perubahan intensitas pencahayaan alami di dalam ruang ibadah Gereja GPIB Filadelfia Semarang

### 3.2. Pembahasan hasil pengukuran intensitas pencahayaan alami di ruang ibadah

Analisis lebih detail pada Tabel 3 memperlihatkan bahwa di pagi hari, intensitas pencahayaan di beberapa titik ukur yang berada di dekat jendela (TU: 3, 4, 10, 11, dan 12) mengalami kenaikan di atas 200 Lux. Sedangkan pada saat yang sama titik ukur yang berada di tengah ruangan dan berada pada jarak kurang lebih 6 meter dari bukaan jendela (TU: 1, 2, 5, 6, 7, 8, dan 9) masih menunjukkan nilai dibawah 200 Lux. Selain itu cahaya dari arah Timur mengakibatkan cahaya sulit masuk pada titik ukur 2 karena bayangan bangunan di sebelah Timur Laut menutupi jendela.

**Tabel 3.** Identifikasi intensitas pencahayaan alami kurang dari 200 Lux

Ruang	Titik Ukur	Pagi (09.00-09.30)		Siang (12.00-12.30)		Sore (15.00-15.30)	
		Lux	Waktu	Lux	Waktu	Lux	Waktu
Ruang Ibadah	TU 1	26	09:16	34	12:17	24	15:18
	TU 2	165	09:14	351	12:17	143	15:18
	TU 3	207	09:12	396	12:16	266	15:18
	TU 4	231	09:11	215	12:16	81	15:23
	TU 5	44	09:20	55	12:07	29	15:18
	TU 6	51	09:19	99	12:06	62	15:18
	TU 7	61	09:19	84	12:05	72	15:19
	TU 8	52	09:18	70	12:04	42	15:19
	TU 9	147	09:15	312	12:19	713	15:17
	TU 10	322	09:13	1167	12:19	1310	15:17
	TU 11	623	09:11	1143	12:19	920	15:16
	TU 12	614	09:09	202	12:20	165	15:16
Rata-rata		212		344		319	
Rata-rata lux outdoor		20.633		23.700		18.200	

Pada saat siang hari, titik ukur di bagian tengah ruangan yang jauh dari bukaan jendela (TU: 1, 5, 6, 7, dan 8) masih menunjukkan nilai dibawah 200 Lux. Untuk waktu siang hari seluruh titik ukur yang berdekatan dengan posisi jendela (kecuali pada TU: 1) mendapat cahaya yang sesuai tanpa terhalangi oleh barrier atau penghalang cahaya apapun. Kemudian pada sore hari, hampir semua titik ukur menunjukkan penurunan intensitas pencahayaan dikarenakan pergeseran arah datangnya sinar matahari yang masuk melalui bukaan dinding. Namun pada beberapa titik ukur di dekat jendela (TU: 3, 9, 10, dan 11) masih bisa mendapat intensitas cahaya di atas 200 lux. TU: 9, 10, dan 11 yang berada di bagian Barat mendapat intensitas cahaya yang besar pada sore hari dikarenakan posisi matahari yang menghadap ke arah yang sama. Lalu pada titik ukur 3, bayangan pohon dan bangunan mengarah ke arah Timur dan tidak menutupi jendela.



**Gambar 6.** Foto kondisi bagian timur laut bangunan

Berdasarkan hasil pengamatan, penghalang cahaya yang berada di site tidak banyak sehingga tidak semua titik ukur mengalami penurunan intensitas cahaya. Selain itu penghalang cahaya terbanyak berada di bagian Timur Laut sehingga intensitas cahaya yang didapat cenderung lebih rendah dibandingkan bagian Barat Daya. Bukaan pada bangunan gereja yang berada di Timur Laut dan Barat Daya memberi pengaruh cukup baik pada bangunan karena posisi tersebut sesuai dengan arah datangnya cahaya matahari. Hasil pengamatan memperlihatkan bahwa posisi keberadaan bukaan dinding pada bangunan akan mempengaruhi kualitas intensitas pencahayaan di dalam ruangan. Di samping itu, keberadaan pepohonan dan bangunan rumah penduduk di luar ruangan juga akan menjadi barrier atau penghalang masuknya sinar matahari di dalam bangunan. Oleh karena itu, penempatan bukaan dinding dan penataan landscape yang tepat sangat diperlukan di sini.

#### 4. Kesimpulan

Kualitas pencahayaan alami di dalam ruangan merupakan salah satu faktor utama di dalam menunjang fungsi ruang. Selain itu kuat terangnya pencahayaan alami di dalam ruangan akan mempengaruhi kenyamanan visual dari penggunaannya. Untuk mendapatkan intensitas cahaya alami yang baik, dibutuhkan pengaturan terhadap terhadap cahaya matahari yang masuk ke dalam ruangan yang mana dipengaruhi oleh luasan, letak, dan jumlah bukaan dinding.

Sebagai salah satu bangunan peribadatan, intensitas pencahayaan alami yang cukup juga dibutuhkan oleh ruang ibadah di dalam Gereja GPIB Filadelfia Semarang. Meskipun telah dilengkapi dengan banyak bukaan dinding, namun selama kegiatan ibadah di pagi, siang, dan sore hari, pencahayaan buatan tetap dibutuhkan. Oleh karena itu, dilakukanlah evaluasi untuk mengetahui intensitas penerangan alami di dalam ruang ibadah gereja.

Berdasarkan data hasil pengukuran diketahui bahwa, secara umum, rata-rata intensitas pencahayaan alami di dalam ruang ibadah gereja telah memenuhi standard diatas 200 Lux yaitu 212 Lux (pagi), 344 Lux (siang), dan 319 Lux (sore). Berdasarkan waktunya, selisih intensitas pencahayaan alami di dalam ruangan berkisar antara 12 Lux – 144 Lux. Kenaikan dan penurunan intensitas pencahayaan alami di dalam ruangan dipengaruhi oleh kuat terang intensitas cahaya matahari yaitu dari 20.633 Lux ke 18.200 Lux.

Identifikasi lebih jauh menunjukkan bahwa di pagi hari beberapa titik ukur yang berada di dekat jendela memiliki kenaikan intensitas pencahayaan alami yang signifikan diatas 200 Lux. Sedangkan pada saat yang sama, titik ukur yang berada di tengah ruangan masih menunjukkan nilai intensitas pencahayaan alami kurang dari 200 Lux. Hal ini membuktikan bahwa keberadaan bukaan dinding pada bangunan akan mempengaruhi kualitas pencahayaan alami di dalam ruangan. Selain itu adanya pepohonan dan bangunan penduduk di luar ruangan menjadi penghalang masuknya sinar matahari yang dapat mempengaruhi masuknya cahaya pada bukaan. Oleh karena itu, dalam usaha mencapai intensitas cahaya alami yang baik, posisi bukaan dinding yang tepat tanpa terhalang adanya barrier/penghalang cahaya sangat dibutuhkan. Ruang ibadah bangunan Gereja GPIB Filadelfia secara keseluruhan memiliki potensi pencahayaan alami yang baik dan bisa dikembangkan agar semua titik ruangan mendapat intensitas cahaya yang sesuai standar.

Berdasarkan hasil penelitian ini, saran yang bisa diberikan dalam memperoleh pencahayaan alami yang maksimal di bagian tengah ruang ibadah Gereja GPIB Filadelfia Semarang adalah menggunakan atap kaca atau transparan di beberapa titik sebagai jalur masuk cahaya matahari. Untuk penelitian selanjutnya bisa dilakukan dengan interval waktu yang lebih pendek dan dilakukan dalam cuaca berawan serta mendung agar bisa mendapat detail yang lebih jelas mengenai kondisi pencahayaan alami dalam ruang ibadah di Gereja GPIB Filadelfia Semarang.

#### Ucapan terima kasih

Ucapan terima kasih ditunjukkan kepada seluruh pihak yang membantu keberlangsungan penelitian ini, khususnya pihak Gereja GPIB Filadelfia Semarang yang mengizinkan peneliti untuk melakukan observasi dan pengukuran langsung di gereja.

## Referensi

- Athailah, A., Iqbal, M., & Situmeang, I. S. (2017). Simulasi Pencahayaan Alami pada Gedung Program Studi Arsitektur Universitas Malikussaleh. *NALARs Jurnal Arsitektur*, 16(2), 113–124. <https://doi.org/10.24853/nalars.16.2.113-124>
- Badan Standarisasi Nasional. (2000). SNI 03-6197- 2000: Konservasi Energi Sistem Pencahayaan Pada Bangunan Gedung.
- Badan Standarisasi Nasional. (2001). SNI 03-2396- 2001: Tata Cara Perancangan Pencahayaan Alami Siang Hari untuk Rumah dan Gedung.
- Badan Standarisasi Nasional. (2004). SNI 16-7062- 2004: Pengukuran Intensitas Penerangan di Tempat Kerja.
- Djollong, A. F. (2014). *Tehnik Pelaksanaan Penelitian Kuantitatif (Technique Of Quantitative Research)*. ISTIQRA, 2(1).
- Dora, P. E., & Nilasari, P. F. (2011). Pemanfaatan Pencahayaan Alami pada Rumah Tinggal Tipe Townhouse di Surabaya. In: *Seminar Nasional Living Green: Mensinergikan Kehidupan Mewujudkan Keberlanjutan*. Universitas Kristen Petra.
- Frisilia, G., & Citraningrum, A. (2021). Kajian Tata Akustik Ruang Ibadah Gereja Protestan di Indonesia Bagian Barat (GPIB) Jemaat Immanuel Malang. *Jurnal Mahasiswa Jurusan Arsitektur Universitas Brawijaya*, Vol.9(No.2).
- Kunaefi, I. (2014). *Kajian Pencahayaan Alami Ruang Kelas Ditinjau dari Aspek Kenyamanan Visual (Studi Kasus Ruang Kelas SMK Negeri 3 Semarang)*. Doctoral Dissertation, Universitas Negeri Semarang.
- Manurung, P. (2012). *Pencahayaan Alami dalam Arsitektur* (S. Suyantoro, Ed.). Andi Yogyakarta.
- Meiza, Abdilah (2019). *Pengaruh Desain Fasad Bangunan terhadap Distribusi Pencahayaan Alami pada Bangunan Perguruan Tinggi ( Studi Kasus Pengembangan Fakultas Pertanian Untidar)*. Universitas Islam Indonesia.
- Nurhaiza dan Lisa, N. P. (2016). *Optimalisasi Pencahayaan Alami pada Ruang (Studi Kasus: Gedung Prodi Arsitektur Universitas Malikussaleh)*. *Jurnal Arsitekno*, Vol.7(No.7).
- Pangestu, M. D. (2019). *Pencahayaan Alami Dalam Bangunan* (M. Christina, Ed.). Unpar Press.
- Swasti, T. E. (2022). Evaluasi Fasad Kulit Ganda Terhadap Pencahayaan Alami Pada Bangunan Masjid WTC Jendral Sudirman. *Vitruvian: Jurnal Arsitektur, Bangunan Dan Lingkungan*, 11(3), 201. <https://doi.org/10.22441/vitruvian.2022.v11i3.001>
- Widiyantoro, H., Muladi, E., & Vidiyanti, C. (2017). Analisis Pencahayaan Terhadap Kenyamanan Visual. *Vitruvian : Jurnal Arsitektur, Bangunan Dan Lingkungan*, 6(2).
- Yuniar, E., Dwicahyo, S., Harmanda, S. J., Putra, D. K., & Wijaya, F. R. (2014). Kajian Pencahayaan Alami pada Bangunan Villa Isola Bandung. In *Jurnal Reka Karsa ©Teknik Arsitektur Itenas | (Vol. 2, Issue 1)*.2



## Evaluasi sistem evakuasi kebakaran pada kantor wilayah direktorat jenderal bea cukai Kalimantan bagian selatan

Yasmine Adzkia<sup>b</sup>, Hermin Werdiningsih<sup>b</sup>

<sup>a\*</sup><sup>b</sup> Teknik Infrastruktur Sipil dan Perancangan Arsitektur, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro, Indonesia

### ARTICLE INFO

#### Corresponding author:

Email:

[yasmineadzkia25@gmail.com](mailto:yasmineadzkia25@gmail.com)

#### Article history:

Received : 25 June 2024

Accepted : 28 September 2024

Publish : 30 September 2024

#### Keywords:

Customs building, fire evacuation system, emergency stairs

### ABSTRACT

*Banjarmasin is one of Indonesia's ten provinces that are historically prone to fire. To prevent many life losses due to building fire, a building must comply with existing standards and regulations. Therefore, the fire evacuation system was evaluated at the South Kalimantan Regional Office of the Directorate General of Customs. In this research, the method used is descriptive with an evaluative analysis approach where the building data will be compared to related standards and regulations. From this research, it is proven that several fire evacuation system facilities in the building still do not comply with the existing standards and regulations, such as the number of emergency stairs, emergency exits, and the height of handrails on the stairs.*

Copyright © 2024 PILARS-UNDIP

## 1. Pendahuluan

Banjarmasin merupakan sebuah kota di Provinsi Kalimantan Selatan yang termasuk salah satu dari 10 provinsi di Indonesia yang secara historis rawan terjadi kebakaran. (Nicholas, 2023). Menurut data Satu Data Banua, kebakaran di Kota Banjarmasin pada tahun 2022 terjadi sebanyak 30 kali dan di Provinsi Kalimantan Selatan terjadi kebakaran sebanyak 193 kali. Terdapat sebanyak 292 jiwa yang terkena dampak dari kebakaran yang terjadi di Banjarmasin, dan 1364 orang untuk seluruh Provinsi Kalimantan Selatan. (Dinas Komunikasi dan Informatika Provinsi Kalimantan Selatan, 2021).

Kantor Wilayah Direktorat Jenderal Bea Cukai Kalimantan Bagian Selatan merupakan kantor yang bertugas untuk memeriksa serta mengawas barang-barang yang masuk dan keluar dari Indonesia. Namun, ada beberapa barang yang tertahan di Bea Cukai dikarenakan barang tersebut belum mendapatkan izin impor dan diletakkan di Gudang kantor Bea Cukai. Barang-barang ini kemudian disimpan di gudang yang ada dalam bangunan sebelum adanya izin impor. Barang-barang yang disimpan memiliki kemungkinan untuk memicu munculnya kebakaran karena barang-barang tersebut mungkin termasuk bahan-bahan yang mudah terbakar atau berbahaya.

Saat kebakaran pada bangunan terjadi, kepanikan menjadi reaksi alami yang dapat membuat para pengguna bangunan sulit bertindak untuk segera keluar bangunan. Sistem evakuasi kebakaran yang baik akan berguna untuk membantu pengguna bangunan keluar dari bangunan dengan aman. Adapun hal-hal yang termasuk dalam bagian sistem evakuasi kebakaran seperti jalur evakuasi, tangga darurat, titik kumpul, dan lainnya.

Untuk mengetahui kesesuaian sistem evakuasi kebakaran yang ada pada Kantor Wilayah Direktorat Jenderal Bea Cukai Kalimantan Bagian Selatan dengan peraturan serta standar yang sudah ada, maka akan dilakukan evaluasi terhadap sistem evakuasi kebakaran pada bangunan tersebut.

## 2. Data dan metode

### 2.1. Objek penelitian

Objek dari penelitian ini merupakan Kantor Wilayah Direktorat Jenderal Bea Cukai Kalimantan Bagian Selatan yang terletak di Jalan Ahmad Yani KM 2.5, Kelurahan Melayu, Kecamatan Banjarmasin Tengah, Kota Banjarmasin. Batas-batas tapak dari Kantor Wilayah Direktorat Jenderal Bea Cukai Kalimantan Bagian Selatan terbagi menjadi 4. Pada sisi utara bangunan terdapat Duta Mall Banjarmasin, di sisi selatan terdapat Jalan Ahmad Yani, di sisi timur terdapat rumah penduduk, dan di sisi barat terdapat area pertokoan yang ditunjukkan pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Lokasi kantor wilayah DJBC Kalimantan Selatan (Sumber: *Google Maps*)

### 2.2. Metode penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini merupakan metode deskriptif dengan pendekatan analisis evaluatif di mana data bangunan yang ada akan dibandingkan dengan peraturan serta standar terkait yang sudah ada. Data yang digunakan akan dibandingkan dengan ketentuan-ketentuan berdasarkan peraturan serta standar yang sudah ada dan kemudian dibuat analisis. Setelah itu, akan didapatkan kesimpulan tentang sistem evakuasi kebakaran pada Kantor Wilayah DJBC Kalimantan Selatan serta kekurangan pada sistem evakuasi kebakaran.

Data utama yang digunakan merupakan gambar kerja arsitektural dari Kantor Wilayah Direktorat Jenderal Bea Cukai Kalimantan Selatan. Adapun studi literatur yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari literatur seperti buku pedoman sistem evakuasi kebakaran, Peraturan Menteri, Standar Nasional Indonesia (SNI), dan jurnal-jurnal terdahulu mengenai sistem evakuasi kebakaran. Adapun daftar gambar kerja arsitektural ditunjukkan pada Gambar 2.

KANTOR WILAYAH DIREKTORAT JENDERAL BEA CUKAI KALIMANTAN SELATAN		DAFTAR GAMBAR KERJA ARSITEKTURAL	
NO	NO URUT	NO URUT	NO URUT
1	1	1	1
2	2	2	2
3	3	3	3
4	4	4	4
5	5	5	5
6	6	6	6
7	7	7	7
8	8	8	8
9	9	9	9
10	10	10	10
11	11	11	11
12	12	12	12
13	13	13	13
14	14	14	14
15	15	15	15
16	16	16	16
17	17	17	17
18	18	18	18
19	19	19	19
20	20	20	20
21	21	21	21
22	22	22	22
23	23	23	23
24	24	24	24
25	25	25	25
26	26	26	26
27	27	27	27
28	28	28	28
29	29	29	29
30	30	30	30
31	31	31	31
32	32	32	32
33	33	33	33
34	34	34	34
35	35	35	35
36	36	36	36
37	37	37	37
38	38	38	38
39	39	39	39
40	40	40	40
41	41	41	41
42	42	42	42
43	43	43	43
44	44	44	44
45	45	45	45
46	46	46	46
47	47	47	47
48	48	48	48
49	49	49	49
50	50	50	50
51	51	51	51
52	52	52	52
53	53	53	53
54	54	54	54
55	55	55	55
56	56	56	56
57	57	57	57
58	58	58	58
59	59	59	59
60	60	60	60
61	61	61	61
62	62	62	62
63	63	63	63
64	64	64	64
65	65	65	65
66	66	66	66
67	67	67	67
68	68	68	68
69	69	69	69
70	70	70	70
71	71	71	71
72	72	72	72
73	73	73	73
74	74	74	74
75	75	75	75
76	76	76	76
77	77	77	77
78	78	78	78
79	79	79	79
80	80	80	80
81	81	81	81
82	82	82	82
83	83	83	83
84	84	84	84
85	85	85	85
86	86	86	86
87	87	87	87
88	88	88	88
89	89	89	89
90	90	90	90
91	91	91	91
92	92	92	92
93	93	93	93
94	94	94	94
95	95	95	95
96	96	96	96
97	97	97	97
98	98	98	98
99	99	99	99
100	100	100	100

**Gambar 2.** Daftar gambar kerja arsitektural (PT. Yodya Karya (Persero))

### 3. Hasil dan pembahasan

Kantor Wilayah Direktorat Jenderal Bea Cukai Kalimantan Selatan merupakan bangunan yang memiliki ketinggian  $\pm 22.6$  meter dengan 5 lantai utama, di mana lantai pertama sebagai tempat layanan publik, daycare, ruang sekuriti, ruang loker, ruang media center, dan gudang. Di lantai kedua terdapat ruang rapat, ruang karyawan, dan ruang arsip. Di lantai ketiga terdapat ruang kepala kantor wilayah, ruang kepala bidang, ruang rapat, ruang sekretariat, dan ruang arsip. Pada lantai empat terdapat ruang kepala bidang, ruang rapat, ruang pelayanan, ruang rapat, dan ruang arsip. Pada lantai lima, terdapat ruang istirahat pegawai, ruang gym, ruang server, perpustakaan, ruang interogasi, ruang monitoring, ruang tahanan, dan gudang.

Hal-hal terkait sistem evakuasi kebakaran yang akan diteliti pada Kantor Wilaya DJBC Kalimantan Selatan adalah jalur evakuasi kebakaran, tangga darurat, dan pintu darurat. Berikut merupakan hasil dari analisa pada bangunan serta kesesuaian pada peraturan serta standar yang berkaitan dengan sistem evakuasi kebakaran.

#### 3.1. Jalur evakuasi kebakaran

Jalur evakuasi merupakan jalur yang digunakan sebagai jalan keluar dari segala tempat menuju tempat yang aman dalam keadaan darurat. Menurut Occupational Safety and Health Administration (OSHA), jalur evakuasi adalah jalur yang berkesinambungan dan terhalang dari seluruh area bangunan menuju area aman. Jalur evakuasi terdiri dari tiga bagian penting yaitu; koridor keluar, yaitu bukaan atau pintu keluar yang mengarah ke luar atau tempat aman, dan area terbuka di luar gedung yang digunakan sebagai tempat berlindung dari kebakaran. Dikatakan pula bahwa sebuah gedung harus memiliki 2 jalur evakuasi yang mampu mengevakuasi penghuni gedung dengan cepat jika terjadi keadaan darurat. Tabel 1 merupakan hasil analisa mengenai jalur evakuasi yang terdapat pada bangunan. Dapat terlihat bahwa masih ada beberapa hal yang belum sesuai dengan ketentuan yang ada terkait jalur evakuasi.

**Tabel 1.** Evaluasi jalur evakuasi (OSHA, 2003)

Objek Observasi	Peraturan yang digunakan	Ketentuan	Hasil Observasi	Keterangan
Jalur Evakuasi	<i>The Occupational Safety and Health Administration (OSHA)</i>	Sebuah bangunan harus memiliki setidaknya dua jalur evakuasi untuk memungkinkan proses evakuasi yang cepat	Bangunan hanya memiliki satu jalur evakuasi yang terletak di belakang bangunan	Belum memenuhi ketentuan
		Dua atau lebih jalur evakuasi harus terletak sejauh mungkin dari satu sama lain, berjaga-jaga apabila salah satu terhalangi api atau asap	Bangunan hanya memiliki satu jalur evakuasi di dalam bangunan	Belum memenuhi ketentuan
		Jalur evakuasi merupakan bagian permanen dari sebuah bangunan	Jalur evakuasi merupakan bagian permanen bangunan	Sudah memenuhi ketentuan

#### 3.2. Pintu darurat

Pintu darurat merupakan pintu yang digunakan dalam keadaan darurat untuk keluar dari bangunan menuju tempat yang lebih aman. Menurut OSHA, sebuah pintu darurat harus mengarah langsung ke luar atau jalan, jalan setapak, tempat berlindung, jalan umum, atau ruang terbuka dengan akses ke luar. Permenkes No. 48 Tahun 2016 menyatakan bahwa adapun syarat-syarat dari sebuah pintu darurat adalah sebagai berikut:

- 1) Sebuah bangunan dengan tiga tingkat atau lebih, harus dilengkapi dengan sedikitnya dua pintu keluar darurat.
- 2) Lebar pintu keluar darurat minimal 100 cm, dan terbuka ke arah tangga darurat kecuali permukaan tanah yang terbuka ke luar ruangan.
- 3) Jarak maksimum pintu keluar darurat dari setiap titik pada tingkat bangunan adalah 25 meter.

Berdasarkan kedua peraturan yang berkaitan dengan pintu darurat ini, dilakukan analisa pada gambar kerja bangunan. Tabel 2 memperlihatkan hasil dari analisis dan dapat dinyatakan bahwa pintu darurat dari bangunan hamper memenuhi ketentuan dari peraturan yang ada.

**Tabel 2.** Evaluasi pintu darurat (The Occupational Safety and Health Administration; Permenkes No. 48 Tahun 2016)

Objek Observasi	Peraturan yang digunakan	Ketentuan	Hasil Observasi	Keterangan
Pintu Darurat	<i>The Occupational Safety and Health Administration</i> (OSHA)	Sebuah pintu darurat harus mengarah langsung ke luar atau jalan, jalan setapak, tempat berlindung, jalan umum, atau ruang terbuka dengan akses ke luar	Pintu darurat yang terletak pada lantai satu mengarah ke arah luar yang merupakan jalan dari lingkungan bangunan	Sudah memenuhi ketentuan
		Sebuah bangunan dengan tiga tingkat atau lebih, harus dilengkapi dengan sedikitnya dua pintu darurat	Hanya terdapat satu pintu darurat	Belum memenuhi ketentuan
	Permenkes No. 48 Tahun 2016	Lebar pintu keluar darurat minimal 100 cm, dan terbuka ke arah tangga darurat kecuali permukaan tanah yang terbuka ke luar ruangan	Pintu darurat yang ada memiliki dimensi dengan lebar 100 cm dan tinggi 220 cm	Sudah memenuhi ketentuan
		Jarak maksimum pintu keluar darurat dari setiap titik pada tingkat bangunan adalah 25 meter	Jarak terjauh dari pintu darurat adalah 36 meter	Belum memenuhi ketentuan

### 3.3. Tangga darurat

Tangga darurat merupakan rangkaian tangga yang berfungsi sebagai jalan keluar menuju tempat yang lebih aman jika terjadi kebakaran pada gedung bertingkat. Setiap tangga darurat harus dibangun sesuai dengan standar dan peraturan terkait yang sudah ada. Dalam Permenkes NO. 48 Tahun 2016 dan SNI-03-1746-2000 disebutkan ada beberapa persyaratan baik dari segi ukuran maupun letak agar tangga darurat yang ada dapat digunakan secara efektif pada suatu bangunan. Tabel 3 merupakan hasil analisis yang dilakukan terhadap tangga darurat pada bangunan. Dapat dinyatakan bahwa masih ada beberapa bagian dari tangga darurat yang belum memenuhi ketentuan-ketentuan yang ada pada peraturan terkait tangga darurat.

**Tabel 3.** Evaluasi tangga darurat (Permenkes No. 48 Tahun 2016; SNI 03-1746-2000)

Objek Observasi	Peraturan yang digunakan	Ketentuan	Hasil Observasi	Keterangan
Tangga Darurat	Permenkes No. 48 Tahun 2016	Setiap bangunan gedung yang mempunyai 5 lantai atau lebih harus mempunyai tangga darurat tertutup yang	Tangga darurat pada bangunan tertutup, dan memiliki bukaan yang merupakan pintu masuk di setiap lantai	Sudah memenuhi ketentuan

Objek Observasi	Peraturan yang digunakan	Ketentuan	Hasil Observasi	Keterangan
		melayani seluruh lantai mulai dari lantai dasar (kecuali basement) sampai dengan lantai atas yang harus terbuka tanpa ada bukaan kecuali satu pintu masuk pada setiap lantai		
		Setiap gedung yang mempunyai lebih dari 3 lantai harus mempunyai minimal 2 tangga darurat dengan jarak maksimal 45 meter	Hanya ada satu tangga darurat pada bangunan	Belum memenuhi standar
		Lebar tangga minimal 1,20 meter	Lebar dari tangga adalah 1,25 meter.	Sudah memenuhi ketentuan
		Tangga darurat tidak boleh berbentuk lingkaran vertikal.	Tangga darurat tidak berbentuk lingkaran vertical	Sudah memenuhi ketentuan
		Ketinggian maksimal anak tangga adalah 18 cm	Tinggi dari anak tangga merupakan 18 cm	Sudah memenuhi ketentuan
		Kedalaman minimal anak tangga adalah 28 cm	Kedalaman dari anak tangga adalah 32 cm	Sudah memenuhi ketentuan
	SNI 03-1746-2000	Ketinggian dari pegangan tangga adalah 110 cm	Ketinggian dari pegangan tangga adalah 95 cm	Belum memenuhi ketentuan
		Tinggi maksimal dari ruangan adalah 200 cm	Tinggi ruangan yang paling rendah adalah 382,5 cm	Sudah memenuhi ketentuan

#### 4. Kesimpulan

Dari analisis yang telah dilakukan dengan cara komparasi gambar kerja dengan SNI serta peraturan-peraturan yang ada tentang sistem evakuasi kebakaran, dapat disimpulkan bahwa beberapa sistem evakuasi kebakaran pada bangunan masih belum sesuai dengan peraturan yang berlaku. Adapun rekomendasi yang dapat diberi berdasarkan hasil penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Memberi tambahan tangga darurat yang berada di sisi berbeda dari tangga darurat eksisting agar terciptanya dua jalur evakuasi. Juga memindahkan beberapa dinding serta furnitur agar terciptanya koridor tanpa hambatan sehingga memudahkan proses evakuasi secara cepat dan efektif.
- 2) Meningkatkan pegangan tangga sehingga mencapai 110 cm agar sesuai dengan standar yang ada dan dapat memberi rasa aman saat terjadi proses evakuasi.

#### Ucapan terima kasih

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada PT. Yodya Karya (Persero), Ketua Program Studi Teknik Sipil dan Perancangan Arsitektur, dan dosen pembimbing yang telah membantu peneliti dalam pembuatan penelitian ini sehingga dapat terlaksana secara baik.

#### Referensi

Dinas Komunikasi dan Informatika Provinsi Kalimantan Selatan. (2021). Rekap Kebakaran Permukiman Kalimantan Selatan. Retrieved 30 October 2023, from <https://data.kalselprov.go.id/dataset/data/1044>

Nicholas, H. (2023, September 15). El Niño leads to more fires and toxic air pollution in Indonesia. Retrieved 30 October 2023, from <https://news.mongabay.com/2023/09/el-nino-leads-to-more-fires-and-toxic-air-pollution-in-indonesia>

OSHA. (2003). Evacuation Plans and Procedures. Retrieved 30 October 2023, from <https://www.osha.gov/etools/evacuation-plans-procedures/emergency-standards/design-construction>

PERATURAN MENTERI KESEHATAN REPUBLIK INDONESIA NO. 48 TAHUN 2016. (2016).

SNI-03-1746-2000. (2000).

© PILARS, 2024. All rights reserved

