



PILARS
JURNAL SIPIL
DAN ARSITEKTUR

OPEN  ACCESS

E-ISSN 2988-5973

JURNAL SIPIL DAN ARSITEKTUR



PILARS	Volume 1	Nomor 1	Juni 2023	Hal 1-57	Semarang-Jawa Tengah
---------------	-----------------	----------------	------------------	-----------------	-----------------------------



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

JURNAL SIPIIL DAN ARSITEKTUR



Volume 1 Nomor 1 Juni 2023

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 1 Nomor 1 Juni 2023

DAFTAR ISI

1. Inovasi fiber optic untuk pembuatan dinding beton transparan
(Tubagus Fachrizal, Puji Widodo, Bambang Setiabudi) 1-7
2. Pemanfaatan sampah plastic PET dan kertas sebagai substitusi agregat pada beton ringan pada kolom praktis bangunan
(Muhammad Bima, Sahrah Umara, Riza Susanti, Puji Widodo) 8-15
3. Re-design struktur Gedung head office awann group berdasarkan integrasi BIM Autodesk melalui revit, naviswork, dan SAP 2000
(Adam Rizky Christiandava, Adelia A, Asri Nurdiana, Bambang Setiabudi) 16-32
4. Pemanfaatan limbah serbuk kayu dan *fly ash* sebagai bahan tambah pembuatan genteng beton *eco-friendly*
(Achmad Faruq F, Syaiful Kharis, Riza Susanti, Puji Widodo) 33-42
5. Evaluasi jalur evakuasi bencana kebakaran pada vihara prajna chan
(Muniifah Zahraani Setio S, Previari Umi Pramesti) 43-57

Inovasi fiber optik untuk pembuatan dinding beton transparan

Tubagus Fachrizal^{a*}, Puji Widodo^b, Bambang Setiabudi^c

^{a*,b,c} Universitas Diponegoro, Indonesia

ARTICLE INFO

Corresponding author:

Email:

tb_fachrizal@yahoo.co.id

Article history:

Received : 31 May 2023

Revised : 5 June 2023

Accepted : 14 June 2023

Publish : 21 June 2023

Keywords:

transparant concrete, fiber optics,
energy efficient, material strength

ABSTRACT

Research in the site of construction is currently focused on utilization of unique, innovative, and cost-effective construction materials for long-term purposes, particularly in the context of green buildings. One material that has gained attention is tralucent concrete or light-transmitting concrete, which employs nano-optic concepts and fiber optic to transmit external light through its internal spaces. This study present a comprehensive review of previous research on light-transmitting concrete, specifically examining its applications, optimalization fiber ratios, and arrangement. Furthermore, the investigation delves into the propertiesencompassing liht transmission, mechanical strength, and energy efficiency of transparent concrete. To maximize light transmission, various proportion of fiber optic, count 3%, 4%, and 5% were incorporated into the concrete mixture. As aresult, this study aims to identify differet types of transparent materials, elucidate their properties and offer pratical illustration and application to addres these research gaps. Indeed, this research contributes to advancement of innovative construction materials, which have potential to enhance energy efficiency .

Copyright © 2023 PILARS-UNDIP

1. Pendahuluan

Seiring berkembangnya jaman inovasi beton tidak hanya berfokus pada mutu dan biaya, tetapi juga fungsi dari beton itu sendiri. Salah satu inovasinya adalah beton tembus cahaya atau LTC (*light transmitting concrete*). Beton tembus cahaya memiliki sifat mekanis dan kegunaan yang unik. Kemampuannya mentransmisikan cahaya mampu mengurangi kebutuhan energi pencahayaan. Terdapat kesenjangan penelitian terkait kekuatan material yang rendah dan identifikasi rasio fiber optik yang optimal. Kesenjangan tersebut ditinjau melalui pengujian yang bertujuan menginvestigasi pengaruh rasio berbeda dari fiber optik dalam pembuatan beton transparan terhadap kekuatan material dan sifat transmisi cahaya untuk pembuatan *green building*.

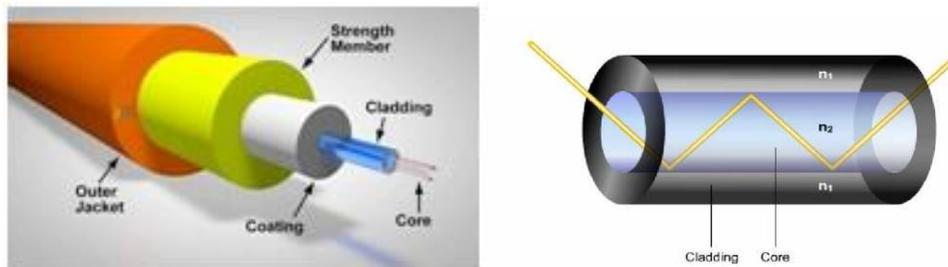
Beton transparan adalah salah satu jenis beton di era modern yang memiliki kemampuan untuk mentransmisikan cahaya eksternal kedalam bangunan. Dengan menanamkan *fiber optic* sebagai material transparan kedalam beton menciptakan efek transmisi cahaya. Beton transparan sendiri dapat digunakan dalam aplikasi arsitektur dan kontruksi serta potensi mengurangi kebutuhan energi untuk pencahayaan ruangan. Dalam proes prokusinya beton transparan teridi dari pencampuran semen, agregat halus, dan *fiber optic*. Proporsi dan jenis *fiber optic* yang digunakan mempengaruhi tingkat transmisi cahaya.

Berdasarkan standar pencahayaan alami yan dibuat oleh GBCI (*green building council* Indonesia) *summary greenship homes* v.10 GBCI menjelaskan bahwa pencahayaan alami mampu menerangi minimal 50% dari kebutuhan cahaya yang sesuai dengan standar SNI yang berlaku (SNI 6197-2011 sistem pencahayaan).

2. Data dan metode

2.1. Fiber optik

Fiber optik merupakan serat tembus pandang yang dapat memandu gelombang cahaya. Terdapat dua penampang bagian dalam serat optik ini, yaitu : bagian tengah disebut “Core” yang terbuat dari “Polymethyl Methacrylate” dan bagian luar disebut “Cladding” yang terbuat dari “Flourin Polymer”. Core dikelilingi atau dibungkus oleh Cladding. Bentuk penampang core bermacam-macam, antara lain segi tiga, segi empat, segi banyak, lingkaran maupun pipih. Dengan menggunakan konsep bias cahaya fiber optic mampu meneruskan cahaya pada bidang cahaya menuju bidang lainnya yang ditunjukkan pada Gambar 1.

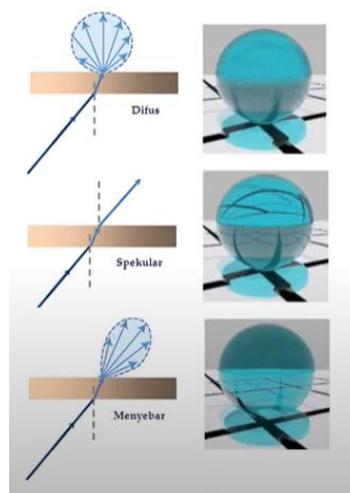


Gambar 1. Fiber optik

2.2. Transmisi Cahaya

Transmisi cahaya merupakan kemampuan suatu material untuk meneruskan cahaya pada bidang cahaya menuju bidang lainnya. Transmisi cahaya pada bidang transparan dapat bersifat:

- Difus : intensitas cahaya yang ditransmisikan terdapat disegala arah disebut juga permukaan translusent
- Specular : intensitar cahaya hanya ada pada sudut yang sama dengan sudut datangnya cahaya disebut juga permukaan transparan
- Menyebar : intensitas cahaya berkumpul disektar sudut yang sama dengan datangnya cahaya. Konsep penyebaran transmisi cahaya ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Konsep transmisi cahaya

2.3. Metode

2.3.1. Alat dan bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat uji kuat tekan beton (*compressive test machine*) untuk mengukur kuat tekan beton dan luxmeter untuk mengukur rasio transmisi cahaya

pada beton transparan. Bahan yang digunakan untuk pembuatan beton transparan adalah pasir yang telah melalui proses pengujian sesuai mutu menurut SK SNI S-04-1989-F, semen sebagai bahan ikat hidrolis campuran beton, dan fiber optik sebagai media untuk mentransmisikan cahaya.

2.3.2. Pengujian agregat

Pengujian agregat halus yang dilakukan dalam penelitian ini melalui 3 tahap antara lain uji Analisa saringan dengan *shieve shaker* sesuai standar SNI 03-1750-1990, uji kadar lumpur dengan system cucian sesuai SK SNI S-04-1998-F dan kadar lumpur organik dengan NaOH sesuai dengan SNI 2816 : 2014, ASTM C40.

2.3.3. Pembuatan benda uji

Dalam penelitian ini membuat benda uji berupa kubus dengan dimensi 15 x 15 x 15 cm. Cetakan dibuat sendiri dengan menggunakan triplek 12mm. triplek dilubangi pada sisi depan dan belakang lalu cetakan dirakit hingga membentuk kubus. Setelah cetakan dibuat *fiber optic* dapat dirakit sesuai dengan rencana 3%, 4%, dan 5% dari volume beton masing-masing 3 unit yang ditunjukkan pada Tabel 1, Tabel 2, dan Tabel 3 sedangkan bekisting untuk benda uji ditunjukkan pada Gambar 3.

Tabel 1. Perhitungan volume benda uji

Perhitungan volume				
	Panjang (cm)	Lebar/diameter (cm)	Tinggi (cm)	Volume (cm ³)
Kubus	15	15	15	3375
Fiber optik	15	0,2	2	0,471

Tabel 2. Perhitungan kebutuhan fiber optik

Perhitungan kebutuhan fiber optic				
(%)	3%	4%	5%	
Fiber optic (cm ³)	101,25	135	168,75	
Satuan	214,97	286,62	358,28	
Formasi matrik	15 x 15	17 x 17	19 x 19	

Tabel 3. Komposisi benda uji beton transparan

Komposisi benda uji beton transparan				
Fiber opik (%)	Fiber optic (cm3)	Air(l)	Semen (Kg)	Pasir (Kg)
3	101,25	1,2	2	6
4	135	1,2	2	6
5	168,75	1,2	2	6



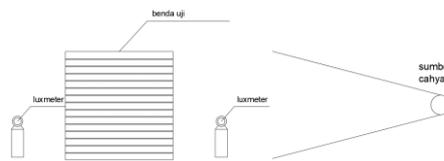
Gambar 3. Cetakan beton transparan

2.3.4. Pengujian kuat tekan

Kuat tekan beton dapat diketahui melalui pengujian kuat tekan beton. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode merusak (*Destructive test*) menggunakan mesin uji kuat tekan beton (*compressive test machine*) sesuai dengan SNI 03-1974-1990 mutu beton yang direncanakan adalah K-100 atau mutu tingkat 1 sesuai dengan SNI 03-0348-1989.

2.3.5. Pengujian transmisi cahaya

Metode pengukuran merupakan salah satu metode digunakan untuk menguji transmisi cahaya pada suatu benda transparan. Metode ini melibatkan pengukuran langsung intensitas cahaya yang melewati suatu objek transparan. Alat yang digunakan untuk mengukur intensitas cahaya adalah lux meter. Mula-mula ruangan harus dalam keadaan gelap dan pastikan cahaya tidak ada yang masuk. Kemudian nyalakan cahaya dan ukur intensitasnya dengan jarak sesuai ketebalan beton transparan. Letakan beton transparan diantara sumber cahaya dan luxmeter kemudian catat hasilnya. Ilustrasi pengujian transmisi cahaya ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Ilustrasi pengujian transmisi cahaya

2.3.6. Analisis natural lighting green building

Analisis *natural lighting* untuk penggunaan green building berdasarkan pada pencahayaan alami yang dibuat oleh GBCI (*green building council* Indonesia) summary green ship v.10 GBCI pencahayaan alami mampu menerangi 50% dari luas ruangan, sesuai dengan standar SNI system pencahayaan (SNI 6197-2011).

3. Hasil dan pembahasan

3.1. Pengujian analisis saringan

Pemeriksaan agregat dengan *shieve shaker* ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil analisis saringan dengan *shieve shaker*

Diameter saringan (mm)	Berat tertahan (gr)	Berat tertahan (%)	Komulatif		
			Berat tertahan	Tertahan (%)	Lolos(%)
9,5	0	0	0	0	100%
4,75	0	0	0	0	100%
2,36	55	11%	0,11	11%	89%
1,18	80	16%	0,27	27%	73%
0,6	80	16%	0,43	43%	57%
0,3	110	22%	0,65	65%	35%
0,15	90	18%	0,83	83%	17%
0,075	65	13%	0,96	96%	4%
0	20	4%	1	100%	0
Jumlah	500	100%	4	325%	

Fineness Modulus (FM) / Modulus kehalusan dilakukan perhitungan menggunakan Persamaan 1.1.

$$FM = \frac{\sum \text{berat tertinggal komulatif}}{100} \dots\dots\dots(Pers. 1.1)$$

FM = 2,2 (Kategori halus)

3.2. Pengujian kandungan lumpur system cucian

Pemeriksaan kandungan lumpur ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil pengujian kandungan lumpur

Berat pasir sebelum dicuci (gr)	Berat pasir setelah dicuci (gr)
200	195

3.3. Pengujian kandungan lumpur dengan NaOH

Pemeriksaan kandungan lumpur ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil pengujian kandungan lumpur dengan NaOH

Material	Awal	Akhir
Pasir	127	124
Lumpur	-	3
Air	194	194
NaOH	6	6
Warna	Purih keruh	Kuning Muda

3.4. Pengujian transmisi cahaya

Pemeriksaan transmisi cahaya ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil pengujian transmisi cahaya

Fiber Optik	Sampel	Cahaya diterima (lux)	Cahaya diteruskan (lux)	rasio transmisi cahaya(%)	nilai rata-rata (lux)	rata-rata rasio (%)
3%	1	12000	278	2%	307,00	3%
	2		426	4%		
	3		217	2%		
4%	1	12000	1500	13%	1277,33	11%
	2		1011	8%		
	3		1321	11%		
5%	1	12000	2003	17%	1806,33	15%
	2		1908	16%		
	3		1508	13%		

3.5. Analisis natural lightning green building

Analisis *natural lighting* dilakukan pada ruangan 101 D-IV Teknik sipil Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro dengan luas ruangan 20m² dan luas dinding penampang 16m². kebutuhan cahaya ruang kelas adalah 350 lux (SNI 6197-2011 sistem pencahayaan). Perhitungan analisis dilakukan menggunakan Persamaan 1.1

$$I_0 \times \tau \times A_1 = I_1 \times A_2 \dots\dots\dots(Pers. 1.2)$$

Ket : I_0 = cahaya external (lux)

τ = rasio transmisi cahaya

A_1 = luas dinding (m^2)

I_1 = cahaya yang ditransmisikan (lux)

A_2 = luas ruangan (m^2)

Untuk beton 3% *fiber optic*

$$10.000 \times 3\% \times 16 = I_1 \times 20$$

$$I_1 = 240 \text{ lux (memenuhi natural lighting)}$$

Untuk beton 4% *fiber optic*

$$10.000 \times 11\% \times 16 = I_1 \times 20$$

$$I_1 = 880 \text{ lux (memenuhi kebutuhan cahaya ruangan)}$$

Untuk beton 3% *fiber optic*

$$10.000 \times 3\% \times 16 = I_1 \times 20$$

$$I_1 = 1200 \text{ lux (melebihi standar kebutuhan cahaya)}$$

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian beton transparan dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Berdasarkan hasil uji kuat tekan beton transparan dengan campuran 1:3 semen dan pasir dan fiber optik 3%, 4%, dan 5% memiliki kuat tekan lebih dari K-100 sehingga aman jika dijadikan dinding ruangan.
2. Beton transparan dapat dijadikan material untuk dijadikan green building sesuai standar *summary green ship* v.10 GBCI dan SNI 6197:2011 sistem pencahayaan karena mampu mentransmisikan cahaya.
3. Analisis *natural lighting* bersifat fleksibel karena bergantung pada luas dinding dan luas ruangan.

Ucapan terima kasih

Terima kasih penyusun ucapkan kepada Bapak Drs. Puji Widodo, M.T. dan Bapak Bambang Setiabudi, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing dalam penelitian ini. Terima kasih kepada keluarga dan teman-teman yang telah membantu proses pelaksanaan sehingga dapat selesai tepat pada waktunya.

Referensi

Gunter K. Auernhammer. *Transparent model concrete with tunable rheology for investigating flow and particle-migration during transport in pipes. Germany.*

Huang, Baofeng. (2020) *Light transmitting performance of translucent concrete building envelope.* College of Civil Engineering, Nanjing Tech University, Nanjing, PR China.

Kamdi, Akshaya B. (2013) *Transparent concrete as a green material for building.* Civil engineering, Nagpur University, Maharashtra, India.

Luhar, Ismail, Salmabanu L, Pericles S, Antreas T, Michael F. P, Demetris N, (2021). *Light Transmitting concrete : A Review.* Departemen og Civil engineering, Shri jagdishprasad Jhabarmal Tibrewala University, Rajasthan 333001, India.

Nugrahaini, E F., Sekartedjo K., A.M. Hatta. *Perancangan system transmisi cahaya matahari melalui serat optic untuk pencahayaan ruangan.* Jurusan Teknik fisika, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Surabaya.

P.M . Shanmgavadviv, v. Scinduja, T. Sarathivelan, C.V Shudesamithronn. (2014) *An Experimental Study on Light Transmitting Concrete.* Departemen of civil engineering, Knowledge Institute of Technology, Kakkapalayam, Salem, - 637 504, Tamil Nadu, India.

Pratiwi, Sustika., Hakas P., Fadillawaty S. (2016) *Kuat tekan beton serat menggunakan variasi fiber optic dan pecahan kaca.* Teknik sipil, Fakultas Teknik,

Shreyas.K.(2018). *Transparent Concrete.* International Journal of Engineering Technology Science and Research.India

Su, xiaosung, Ling Z, Yongqiang L., Zhongbing L. (2022) *An energy analysis of translucent concrete embedded with inclined optical fibers.* College of Civil Engineering, Hunan University, Hunan 410082, PR China

- Tahwia, Ahmed M., Nimen., Mohmaed S., Mohammed A. (2022) *Mechanical and light transmittance properties of high-performance translucent concrete*. Civil Engineering Department, Faculty of engineering, Mansoura University, Mansoura, Egypt.
- Wahyudi, H.M. 2011. *Mengenal Teknologi Kabel Serat Optik (Fiber Optic)*. Bina Sarana Informatika.



Pemanfaatan sampah plastik PET dan kertas sebagai substitusi agregat pada beton ringan pada kolom praktis bangunan

Muhammad Bima Vladimir^{a*}, Sahrah Umara Dewi^b, Riza Susanti^c, Puji Widodo^d

^{a*, b, c, d} Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia

ARTICLE INFO

Corresponding author:

Email:

bimavladimir18@gmail.com
sahrahmrd@gmail.com

Article history:

Received : 9 June 2023

Revised : 11 June 2023

Accepted : 14 June 2023

Publish : 21 June 2023

Keywords:

plastik PET, kertas, kolom praktis

ABSTRACT

Almost all building construction projects use concrete as the material. The dead load of a construction building is affected by the specific gravity of the concrete. Lightweight concrete has a unit weight below 1900 kg/m³ (SNI 03-2847-2002). Lightweight concrete uses lightweight aggregate as a constituent, so PET plastic and paper can be used as aggregate substitutes. PET plastic has the characteristics of being durable, strong, light, thick, and with good abrasion resistance, which has a positive effect on the compressive strength test. The paper contains hydrogen, which can bind to OH molecules resulting in a stiff, stable, and strong bond. When the water evaporates, small voids filled with air will form, causing the concrete to become lighter. Based on this, an innovation emerged: the manufacture of lightweight concrete that utilizes PET and paper plastic waste. The study aimed to utilize PET and paper plastic waste as an aggregate substitute for lightweight concrete in practical building columns. This study will use experimental methods with variations in paper waste of 0% and 4% and variations in PET plastic waste of 0% and 0.2%. Cylindrical specimens measuring 15 cm x 30 cm were tested for compressive strength at seven days and 28 days of concrete and absorption at 28 days of concrete. The results of this study are that PET and paper plastic waste can be used as an aggregate substitute for lightweight concrete for practical columns and can achieve concrete compressive strength exceeding the K-125 plan by using SNI 7394:2008 as a reference for Job Mix Design.

Copyright © 2023 PILARS-UNDIP

1. Pendahuluan

Beban mati yang dimiliki bangunan konstruksi dipengaruhi oleh berat jenis beton. Pemakaian material ringan pada beton dapat mengurangi berat bangunan sehingga beton ringan menjadi salah satu solusi pada hal ini. Beton ringan dapat membuat struktur menjadi lebih ringan sehingga berat konstruksinya kecil. Beton ringan nonstruktur biasa digunakan pada kolom praktis, dinding, plat lantai, dan lain sebagainya. Beton ringan menggunakan agregat ringan sebagai penyusunnya sehingga sampah plastik PET dan kertas dapat digunakan sebagai substitusi agregatnya.

Plastik PET memiliki karakteristik kaku, tahan lama, kuat, ringan, tebal, dan mempunyai daya tahan yang baik terhadap sobekan dan kikisan sehingga baik untuk pengujian kuat tekan. Penelitian yang dilakukan oleh Wibowo menunjukkan penambahan *polyethylene* untuk beton dapat meningkatkan kuat tekan sebesar 20,36%. Kertas memiliki banyak kandungan hidrogen yang dapat mengikat molekul OH sehingga menghasilkan sifat ikatan yang kaku, mengkristal, stabil, dan kuat. Ketika air menguap akan terbentuk rongga kecil berisi udara yang mengakibatkan beton menjadi ringan.

Kertas sangat digunakan dalam kehidupan sehari-hari oleh hampir seluruh manusia. Produksi kertas yang terus meningkat akan memberikan dampak pada kelestarian lingkungan hidup (Astuti, 2018). *Paper On The Rocks* menyebutkan bahwa presentase deforestasi sama dengan kerusakan 4,1

juta hektar hutan setiap tahun. *World Wild Life* menyatakan lebih dari 40 persen semua kayu global digunakan pada industri kertas. Jumlah sampah kertas pun relatif banyak yaitu berjumlah 7.458.000 pada tahun 2019 (KLHK, 2021). Kertas yang sudah digunakan tidak semuanya didaur ulang oleh pabrik atau masyarakat. Kertas yang tidak bermanfaat akan menumpuk di Tempat Pembuangan Akhir (TPA). Sampah plastik berjumlah 66 juta ton per tahun (BPS, 2021) serta 0,26 juta sampai 0,59 juta ton sampah plastik mengalir ke laut (LIPI, 2021). Sekitar 500 hingga 1.000 tahun plastik akan terurai karena plastik merupakan komoditas yang tidak mudah terurai (Mulki, 2019). Di laut plastik akan terpecah menjadi ukuran kecil yang menyebabkan bahan beracun dari plastik akan ikut terpecah (Lalu M, 2018). Sehingga hewan-hewan di laut akan memakan bahan beracun dan menjadi rantai makanan. Kemudian sampah plastik dapat menghalangi peresapan air yang menyebabkan tanah menjadi tercemar (Arei, 2019).

Maka dari itu, peneliti melakukan penelitian campuran beton kertas dan plastik PET. Sebelumnya sudah ada penelitian mengenai beton kertas dan beton plastik PET, namun terdapat penelitian yang tidak efektif sehingga peneliti melakukan kembali penelitian untuk menemukan hasil yang efektif. Pada penelitian yang dilakukan oleh P Bhargavi, dkk (2018) terjadi peningkatan kuat tekan dari beton konvensional saat ditambahkan 4% kertas pada campuran beton dan terjadi penurunan kuat tekan dengan penambahan kertas lebih lanjut. Pada penelitian yang dilakukan Firda Hanif Amalia Rohamana (2022) terjadi peningkatan kuat tekan dari beton konvensional pada penambahan plastik PET 0,2% pada campuran beton.

Berdasarkan penjelasan di atas dilaksanakan pengujian kuat tekan beton dengan memanfaatkan sampah kertas sebagai substitusi agregat halus dan plastik PET sebagai substitusi agregat kasar. Sehingga sampah plastik PET dan kertas dapat digunakan untuk campuran beton ringan non struktural yaitu pada kolom praktis bangunan dengan kuat tekan sebagai rujukan.

Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah :

- a. Menganalisis *mix design* inovasi beton ringan menggunakan sampah plastik PET sebagai substitusi agregat kasar dan sampah kertas sebagai substitusi agregat halus yang memiliki kesamaan pada karakteristiknya.
- b. Menganalisis kertas sebagai substitusi agregat berdasarkan kuat tekan serta sifat fisik beton.
- c. Menganalisis keunggulan beton substitusi sampah plastik PET 0,2% dan kertas 4% dibandingkan beton normal.

2. Data dan metode

2.1. Metode penelitian

Penulis menggunakan studi penelitian kepustakaan sebagai metode pengumpulan data. Dimana pengumpulan informasi dengan mencari informasi dari literatur terkait. Penulis melakukan riset mengenai material penyusun beton normal dengan merujuk pada Standar Nasional Indonesia (SNI) sedangkan riset mengenai material substituen yang digunakan berupa *plastic* PET dan kertas merujuk pada jurnal baru yang berkaitan dengan material sampah plastik PET dan sampah kertas. Setelah itu dilakukan penelitian eksperimen di laboratorium.

2.2. Pengujian material

Penulis melakukan pengujian material pada agregat halus dan agregat kasar namun tidak dilakukan pengujian material pada air, semen, sampah plastik PET, dan sampah kertas. Agregat halus dan agregat kasar dilakukan pengujian karena mempunyai spesifikasi yang berpengaruh pada nilai kuat tekan beton.

2.3. Persiapan material tambahan

Sebelum mencampurkan sampah kertas dan sampah plastik PET ke dalam campuran beton, material tambahan diolah terlebih dahulu. Sampah kertas diolah dengan cara dijadikan bubuk kertas

kemudian dijemur di bawah sinar matahari, sedangkan sampah plastik PET dibersihkan dari kotoran kemudian digunting sebesar 3-4 cm. Cacahan plastik PET dan serbuk kertas ditunjukkan pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1. Cacahan plastik PET



Gambar 2. Serbuk kertas

2.4. Job mix design

Job Mix Design yang digunakan mengacu pada SNI 7394:2008 untuk beton normal K-25. Penelitian ini menggunakan 2 variabel bahan tambah campuran beton yaitu sampah plastik PET sebesar 0% (beton konvensional) dan 0,2% serta sampah kertas sebanyak 0% (beton konvensional) dan 4%. Job mix design yang digunakan dijelaskan pada Tabel 1.

Tabel 1. *Job Mix Design* Beton K125/*f*'c 9,8 Mpa

Campuran Beton	Kode Campuran Beton	Semen (kg)	Pasir (kg)	Kerikil (kg)	Air (liter)	Plastik PET (kg)	Kertas (kg)
Beton Normal	A	1,462	4,387	5,362	1,139	0	0
Beton Substitusi Plastik PET 0,2%	B	1,462	4,387	5,352	1,139	0,011	0
Beton Substitusi Kertas 4%	C	1,462	4,212	5,362	1,139	0	0,175
Beton Substitusi Plastik PET 0,2% dan Kertas 4%	D	1,462	4,212	5,352	1,139	0,011	0,175

3. Hasil dan pembahasan

3.1. Hasil pengujian material

3.1.1. Pengujian agregat halus

Agregat halus dilakukan 4 pengujian, yaitu uji saringan, kadar lumpur, organis, dan cucian agregat. Berikut adalah rekapitulasi hasil pengujian dari pengujian agregat halus diuraikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Rekapitulasi hasil pengujian agregat halus

Jenis Pengujian	Hasil		SNI Acuan	Keterangan
Uji Modulus Kehalusan	2,82	1,5 – 3,5	SNI ASTM C136:2012	Memenuhi
Uji Kadar Lumpur	96%	>70%	SNI S-04-1998-F	Memenuhi
Uji Organik	Berwarna kuning	Bening/tidak berwarna-kuning muda - merah kekuningan	SNI S-04-1998-F	Memenuhi
Uji Cuci Agregat	2%	<2,5%	SNI S-04-1998-F	Memenuhi

Tabel 2 menunjukkan bahwa setelah dilakukan pengujian agregat halus, pasir yang digunakan pada penelitian memenuhi syarat SNI acuan.

3.1.2. Pengujian agregat kasar

Agregat kasar dilakukan 2 pengujian, yaitu uji keausan dan agregat kasar. Berikut adalah rekapitulasi hasil dari pengujian agregat kasar diuraikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Rekapitulasi hasil pengujian agregat kasar

Jenis Pengujian	Hasil		SNI Acuan	Keterangan
Uji Keausan	10%	<20%	SNI 2417-2008	Memenuhi
Uji Saringan	2,13	<2,5	BSN SNI 03-2834-2000	Memenuhi

Tabel 3 menunjukkan bahwa setelah dilakukan pengujian agregat kasar, kerikil yang digunakan pada penelitian memenuhi syarat SNI acuan.

3.1.3. Hasil uji *slump* beton

Pengujian *slump* bertujuan untuk mengetahui homogenitas dan *workability* dari beton. Pengujian dilakukan berdasarkan SNI 1972:2008. Berikut adalah hasil pengujian *slump* pada beton segar dijelaskan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil uji *slump* beton

No	Campuran Beton	Nilai Slump	SNI 17394-2008
1	A	13	12±2
2	B	12	
3	C	10	
4	D	11	

Tabel 4 menunjukkan bahwa nilai uji *slump* yang dihasilkan memenuhi nilai *slump* beton K-125 yaitu 12 ± 2 sesuai dengan SNI 7394 : 2008.

3.1.4. Hasil kuat tekan

Cetakan silinder yang berisi campuran beton dilepas setelah 1x24 jam campuran dibuat. Kemudian direndam selama 5 hari untuk dilakukan uji kuat tekan pada umur beton 7 hari serta perendaman selama 12 hari untuk dilakukan uji kuat tekan pada umur beton 14 hari menggunakan

mesin CTM berdasarkan SNI 03-1974-1990. Berikut hasil uji kuat tekan pada umur 7 hari dan 14 hari dijelaskan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil uji kuat tekan beton umur 7 hari dan 14 hari

No	Campuran Beton	Kuat Tekan Beton Rata-Rata (Mpa)		SNI 7394-2008 (Mpa)	
		7 Hari	14 Hari	7 Hari	14 Hari
1	A	12,82	16,12	6,86	8,62
2	B	20,88	26,25		
3	C	9,7	12,19		
4	D	9,28	11,67		

Selanjutnya dilakukan konversi pada nilai kuat tekan rata-rata beton dari hari ke 7 ke hari 28
 Nilai kuat tekan beton umur 28 hari (konversi)

$$f'c \text{ 28 hari} = f'c \text{ 7 hari} / \text{angka konversi 7 hari}$$

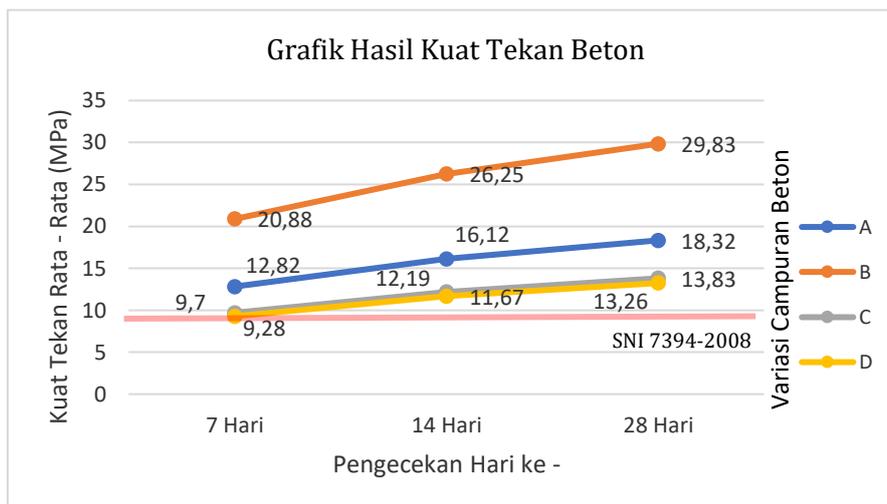
$$A = 12,82 / 0,7 = 18,32 \text{ Mpa}$$

Konversi umur beton 28 hari ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil kuat tekan beton 28 hari (konversi)

No	Campuran Beton	Kuat Tekan Beton Rata-Rata (Mpa)	SNI 7394-2008 (Mpa)
1	A	18,32	9,8
2	B	29,83	
3	C	13,85	
4	D	13,26	

Hasil pengujian kuat tekan beton pada usia beton 7 hari dan 14 hari serta hasil konversi kuat tekan beton dari usia beton 7 hari ke 28 hari dijabarkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik hasil kuat tekan beton

Dari Tabel 6 dan Gambar 3 dapat disimpulkan bahwa semua benda uji memiliki kuat tekan melebihi mutu rencana beton K-125 yaitu 6,86 Mpa pada usia beton 7 hari dan 8,62 pada usia beton 14 hari. Dengan hasil kuat tekan rata-rata tertinggi pada beton B (substitusi plastik PET 0,2%) mencapai 20,88 Mpa pada usia beton 7 hari dan 26,25 pada usia beton 14 hari. Kemudian kuat tekan rata-rata terendah pada beton D (substitusi plastik PET 0,2% dan kertas 4%) sebesar 9,28 Mpa pada usia beton 7 hari dan 11,67 pada usia beton 14 hari.

Beton B mengalami kenaikan yang cukup tinggi dari beton A (beton normal). Hal ini dikarenakan sifat material cacahan plastik PET memiliki sifat kuat dan halus serta berukuran kecil yang dapat mendukung kerekatan campuran beton sehingga volume campuran beton terisi dengan baik, Reski

Aprilia (2021). Sedangkan pada percobaan beton C (substitusi kertas 4%) mengalami penurunan dari beton A dikarenakan terdapat serbuk kertas yang menggumpal sehingga distribusi serbuk kertas di dalam beton tidak merata, Arqowi Pribadi (2020).

Berdasarkan hasil pengujian secara fisik beton D kurang homogen sehingga pengikatan antara sampah plastik PET 0,2% dan kertas 4% kurang optimal. Keadaan beton D yang berongga menyebabkan kuat tekan beton D menjadi rendah, namun beton D masih memenuhi standar SNI 7394-2008 mengenai beton ringan K125 atau 9,8 MPa. Sehingga beton D dapat digunakan sebagai alternatif beton ramah lingkungan untuk kolom praktis bangunan.

3.1.5. Biaya material

Biaya material berdasarkan website dinas PU Bina Marga dan Cipta Kerja di Kota Semarang Harga Satuan Pekerjaan Konstruksi Edisi ke-1 Tahun 2023 untuk ukuran 1m³ mutu beton K 125 atau fc' 9,8 pada beton A per m³ dijelaskan pada Tabel 7.

Tabel 7. Biaya material beton konvensional (A) per m³

Material	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Harga Jumlah (Rp)
Semen	276	Kg	1.100	303.600
Pasir	828	Kg	200	165.000
Kerikil	1.012	Kg	180	182.160
Air	215	Liter	-	-
Total anggaran				650.160

Tabel 7 menunjukkan bahwa jumlah biaya material yang diperlukan untuk membuat 1 benda uji beton konvensional (A) per m³ adalah sebesar Rp. 651.360,00. Sedangkan biaya material beton substitusi plastik 0,2% (B) per m³ dijabarkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Biaya material beton substitusi plastik 0,2% (B) per m³

Material	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Harga Jumlah (Rp)
Semen	276	Kg	1.100	303.600
Pasir	828	Kg	200	165.000
Kerikil	1009,976	Kg	180	181.795
Air	215	Liter	-	-
Plastik PET	2,024	kg	-	-
Total anggaran				650.995

Tabel 6 menunjukkan bahwa jumlah biaya material yang diperlukan untuk membuat 1 benda uji beton substitusi plastik 0,2% (B) per m³ adalah sebesar Rp. 650.995,68. Sedangkan biaya material beton substitusi kertas 4% (C) per m³ dijabarkan pada Tabel 7.

Tabel 7. Biaya material beton substitusi kertas 4% (C) per m³

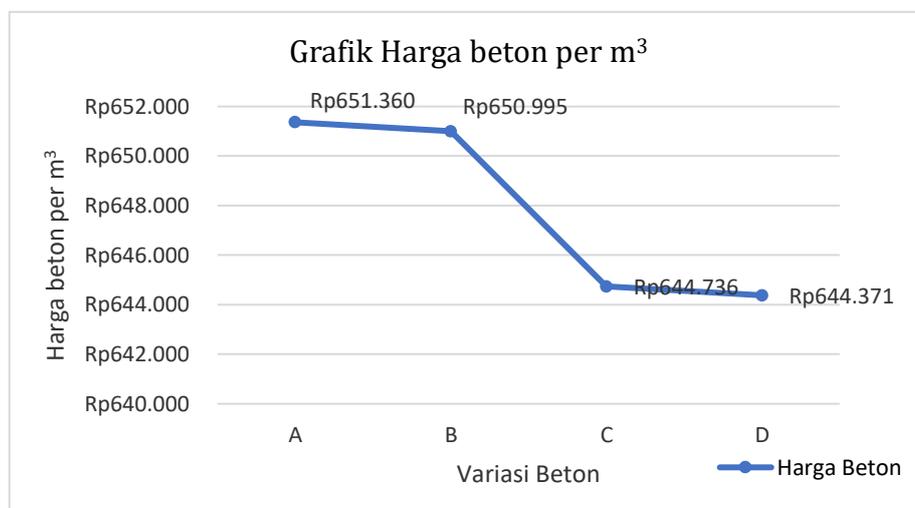
Material	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Harga Jumlah (Rp)
Semen	276	Kg	1.100	303.600
Pasir	794,88	Kg	200	165.000
Kerikil	1.012	Kg	180	181.795
Air	215	Liter	-	-
Kertas	33,12	kg	-	-
Total anggaran				644.736,00

Tabel 7 menunjukkan bahwa jumlah biaya material yang diperlukan untuk membuat 1 benda uji beton substitusi kertas 4% (C) per m³ adalah sebesar Rp. 644.736,00. Kemudian biaya material beton Substitusi plastik PET 0,2% dan kertas 4% (D) per m³ dijelaskan pada Tabel 8.

Tabel 8. Biaya material beton substitusi plastik PET 0,2% dan kertas 4% (D) per m³

Material	Koefisien	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Harga Jumlah (Rp)
Semen	276	Kg	1100	303.600
Pasir	794,88	Kg	200	158.976
Kerikil	1009,976	Kg	180	181.795
Air	215	Liter	-	
PET	2,024	Kg	-	
Kertas	33,12	Kg	-	
Total anggaran				644.371

Tabel 8 menunjukkan bahwa jumlah biaya material yang diperlukan untuk membuat 1 benda uji beton substitusi plastik PET 0,2% dan kertas 4% (D) per m³ adalah sebesar Rp. 644.371. Rekapitulasi biaya material variasi beton dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik harga beton per m³

Gambar 4 menunjukkan bahwa anggaran biaya pembuatan beton substitusi plastik 0,2% dan kertas 4% (D) lebih hemat Rp. 6.988,32/m³ dibandingkan dengan biaya pembuatan beton konvensional (A).

4. Kesimpulan

Setelah dilakukan pengujian serta analisis data, maka dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Penelitian ini menunjukkan dengan substitusi sampah plastik PET 0,2% dan kertas 4% sebagai agregat menurunkan kuat tekan dari beton normal pada umur beton 7 hari dan 14 hari.
2. Perbandingan nilai kuat tekan rata-rata pada beton A (normal), beton B (substitusi plastik PET 0,2%), beton C (substitusi kertas), dan beton D (substitusi sampah plastik PET 0,2% dan kertas 4%) 12,82 Mpa, 20,88 Mpa, 9,7 Mpa, 9,28 Mpa dan 16,12 Mpa, 26,25 Mpa, 12,19 Mpa, dan 11,67 Mpa.
3. Hasil dari kuat tekan beton D memenuhi standar SNI 7394-2008 mengenai beton ringan K125 atau 9,8 MPa. Sehingga beton D dapat digunakan sebagai alternatif beton ramah lingkungan untuk kolom praktis bangunan serta terjadi penekanan biaya sebesar Rp. 6.988,32/m³.

Ucapan terima kasih

Rasa 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

- Kurniawan, K. D. *Et Al.* (2020) 'Uji Kuat Tekan Dan Absorpsi Pada Beton Ringan Dengan Penambahan Limbah Bata Ringan Dan Bubuk Talek', 3(1), Pp. 1-11.
- Pribadi, A. *Et Al.* (2015) 'Pemanfaatan Limbah Kertas Koran Sebagai Bahan Pengganti Agregat Kasar Dalam Campuran Papercrete Serta Aplikasinya Untuk Elemen Struktur Ringan Dan Non Struktur Ramah Lingkungan', 1, Pp. 1-10.
- ROHMANA, F. H. A. (2022) 'Kuat Tekan Beton Menggunakan Bahan Tambah Limbah Plastik Botol Kemasan Air Minum Poly Ethylene Terephthalate Melalui Metode Wet Curing'.
- Shell, S. *Et Al.* (2021) 'Pengaruh Kuat Tekan Beton Dengan Menggunakan Bahan Tambah Botol Plastik Kemasan Air Mineral Jenis Polyethylene Terephthalate (Pet)', 6(1), Pp. 39-45.
- TANDIPAYUK, R. P. (2016) 'Karakteristik Beton Ringan Kuat Tekan 35 Mpa Menggunakan Limbah Kertas Sebagai Substitusi Parsial Agregat Halus'.



Re-design struktur gedung head office awann group berdasarkan integrasi BIM autodesk melalui revit, naviswork, dan SAP2000

Adam Rizky Christiandava^{a*}, Adelia Azzahra^b, Asri Nurdiana^c, Bambang Setiabudi^d

^{a*, b, c, d} Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia

ARTICLE INFO

Corresponding author:

Email:
adamrizky070101@gmail.com

Article history:

Received : 30 May 2023
Revised : 11 June 2023
Accepted : 14 June 2023
Publish : 21 June 2023

Keywords:

BIM, design, revit

ABSTRACT

Building Information Modeling (BIM), implementation is an innovative advancement in the construction industry. Generally, developing a construction project requires several phases in which information is created manually using a lot of software. Unfortunately, the steps that must be completed in conventional software for project management are inefficient and susceptible to misinterpretation, which frequently causes issues. Therefore, this study focuses on re-planning the Awann Group Semarang Head Office Building using BIM integration based on Autodesk Revit, Naviswork, and SAP 2000 planning software. Re-planning is conducted under SNI 2847-2019 for structural concrete planning requirements, SNI 1727-2020 for minimum load review, and SNI 1726-2019 for structural earthquake resistance standards. This plan produces structural analysis for calculating the feasibility of a building structure, 3D designs from Revit software that can generate 2D designs for Detail Engineering Designs, and work volumes for RAB calculations. Then, for scheduling, Revit will be integrated with Naviswork, which can display scheduling with 3D visualization. The re-planning of the Head office of the Awan Group Semarang resulted in a budget plan of Rp. 4,661,246,792.98 was calculated using the automatic Quantity Take Off from Autodesk Revit and scheduling planning using Microsoft Project and Autodesk Naviswork for ten months of work.

Copyright © 2023 PILARS-UNDIP

1. Pendahuluan

Bidang konstruksi adalah salah satu poin penting yang mencerminkan kesejahteraan negara (Olanrewaju et al., 2022). Seperti di negara-negara berkembang, sektor konstruksi telah mengalami perubahan yang cepat untuk memenuhi target ekonomi negara (Mousa, 2015). Sementara itu, proyek pembangunan biasanya dihadapkan pada berbagai kendala seperti keterlambatan jadwal proyek, pembengkakan anggaran, kualitas yang tidak sesuai, hingga proyek yang tidak selesai (Ernest Kissi, Emmanuel Bannor Boateng dan Theophilus Adjei-Kumi, 2015).

Implementasi BIM atau *Building Information modeling* merupakan kemajuan teknologi utama di bidang konstruksi (Phang, Chen dan Tiong, 2019). Pembangunan konstruksi pada umumnya memerlukan beberapa tahapan untuk membuat informasi secara manual dengan menggunakan banyak perangkat lunak oleh beberapa bidang konstruksi yang berbeda. Sayangnya tahapan yang harus dilalui dalam pengerjaan proyek secara konvensional melalui beberapa *software* sangat tidak efisien dan memiliki kesempatan untuk salah tafsir yang sering menyebabkan masalah.

Salah satu bagian yang paling efisien dari BIM adalah hanya memasukkan satu informasi proyek karena BIM bersifat digital, sehingga dapat memungkinkan beberapa pengguna untuk mengaksesnya dengan cepat, pasti, dan akurat selama proses proyek (McGraw Hill Construction, 2015). Karena BIM mampu membuat, menyimpan, dan berbagi informasi yang memiliki dampak efisien pada keseluruhan

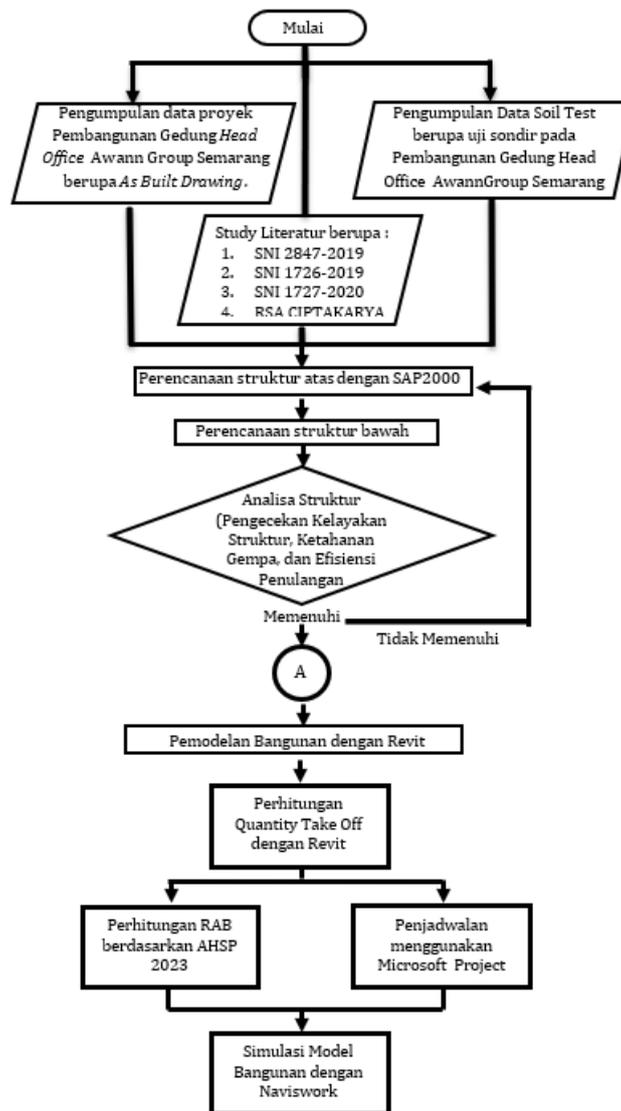
proses konstruksi. Mengintegrasikan data menggunakan BIM dengan perencanaan desain, sumber daya, dan struktural dapat mengurangi kesalahan dan meningkatkan manajemen risiko yang mempengaruhi penghematan biaya produksi (Oraee et al., 2019).

Namun pada kenyataannya, penerapan BIM belum mampu mencapai potensi maksimalnya karena banyak kendala dalam proses pelaksanaannya (Olanrewaju, Ajiboye Babarinde dan Salihu, 2020). Bahkan, penerapan BIM dianggap sebagai proses yang menantang karena terdapat beberapa tingkatan tahapan, antara lain tahap konvensional, tahap pemodelan berbasis desain, tahap pemodelan berbasis kolaborasi, tahap pemodelan berbasis integrasi (Othman et al., 2021). Penelitian ini berfokus pada proses perencanaan ulang Gedung *Head Office* Awann Group Semarang menggunakan integrasi BIM berbasis Autodesk Revit, Naviswork, dan *Software* perencanaan SAP 2000, dengan tujuan untuk mengetahui keunggulan pengaplikasian BIM pada proyek yang belum menerapkan BIM.

Perencanaan ulang yang dilakukan mengacu pada SNI 2847-2019 mengenai syarat perencanaan beton struktural, SNI 1727-2020 perihal tinjauan beban minimum, dan SNI 1726-2019 untuk standar ketahanan gempa struktur. Peranan pengaplikasian Autodesk Revit pada penelitian ini berfungsi untuk memodelkan desain 3D dimana berdasarkan kebutuhan potongan maupun detailnya dapat sekaligus dijadikan desain 2D sebagai *Detail Engineering Design*, selain itu Revit juga dapat digunakan dalam pengecekan volume kebutuhan pada penampang struktur yang nantinya dapat digunakan sebagai base atau dasar dari perhitungan RAB. Untuk Naviswork memiliki peranan sebagai *software* perencanaan penjadwalan dan pengendalian proyek yang sudah terintegrasi dengan Revit, sehingga setiap progress yang akan dikerjakan setiap minggunya mampu divisualisasikan dari hasil desain Revit. Dan untuk SAP2000 memiliki peranan dalam menganalisa data struktur yang akan digunakan sebagai acuan perhitungan kelayakan sebuah struktur bangunan gedung.

2. Data dan metode

Metode yang digunakan dalam perencanaan ulang struktur Gedung Head Office Awann Grup Semarang ini secara garis besar sesuai dengan diagram alir yang mana melalui 8 fase utama yaitu Perhitungan struktur atas menggunakan SAP 2000, Perhitungan perencanaan struktur bawah, pemodelan 3D bangunan Analisa Struktur, Permodelan DED, Perhitungan Volume RAB, Manajemen Penjadwalan Proyek dan RKS. Berikut dapat dilihat diagram alir pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir metode perencanaan

3. Hasil dan pembahasan

3.1. Preliminary design

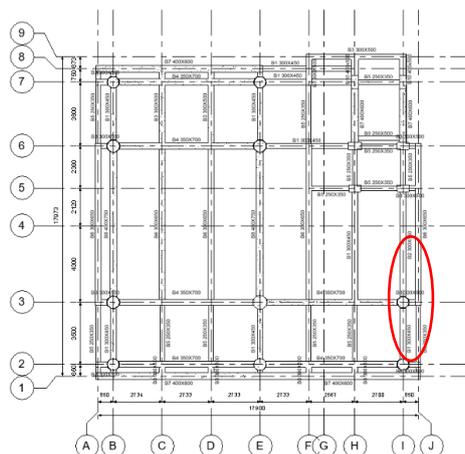
3.1.1. Hasil perhitungan dimensi balok

Berikut merupakan contoh perhitungan preliminary balok yang digunakan pada perencanaan kali ini :

- Data-data perencanaan balok induk 1 :

Tipe Balok	= B2
Bentang Balok	= 6420 mm
Kuat leleh tulangan lentur (f_y)	= 392
Mutu Beton (f'_c)	= 30

- Gambar denah perencanaan untuk perhitungan balok dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Denah balok

- Perhitungan perencanaan :

$$h = \frac{L}{12}$$

$$h = \frac{6420}{12}$$

$$h = 535 \text{ mm} \cong 550 \text{ mm}$$

$$b = \frac{h}{2} = \frac{550}{2}$$

$$b = 275 \text{ mm} \cong 300 \text{ mm}$$

Maka didapatkan hasil rencana balok induk **B2** dengan dimensi **300x550**. Berikut merupakan rekap hasil *preliminary* balok induk lantai 1 sampai dengan lantai 6 dalam perencanaan ulang bangunan gedung *Head Office Awann Group* dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Rekapitulasi *preliminary* balok

No	As Balok	Bentang	Dimensi		Tipe Balok Realisasi
			Tinggi Kebutuhan	Lebar Kebutuhan	
a	b	j	c	d = c/12	g = Pembulatan e
1	As B,E,I 2-3	3500	291,67	145,83	B1 300x450
2	As B,E 3-6	8800	733,33	366,67	B8 400x750
3	I 3-5	3600	300,00	150,00	B1 300x450
4	As I 3-5	6420	535,00	267,50	B2 300x550
5	As H 3-5	6420	401,25	200,63	B1 300x450
6	As H,I 5-6	2380	198,33	99,17	B5 250x350
7	As B,E 6-7	5023	418,58	209,29	B1 300x450
8	As H,I 6-7	5023	418,58	209,29	B7 400x500
9	As 2,3,6,7 B-E	8200	683,33	341,67	B4 350x700
10	As 2,3 E-I	8000	666,67	333,33	B4 350x700
11	As 6,7 E-H	5300	441,67	220,83	B1 300x450
12	As 6,7 H-I	2380	198,33	99,17	B5 250x350
13	As 5 H-I	2380	198,33	99,17	B5 250x350
14	As H,I 6-7	5023	418,58	209,29	B10 400x500

Setelah mendapatkan hasil perhitungan preliminary lalu dilanjutkan dengan pengecekan sesuai dengan Syarat Tinggi dan Lebar efektif menurut SNI 2847:2019 Pasal 18.6.2.1 seperti ditunjukkan pada Tabel 2.

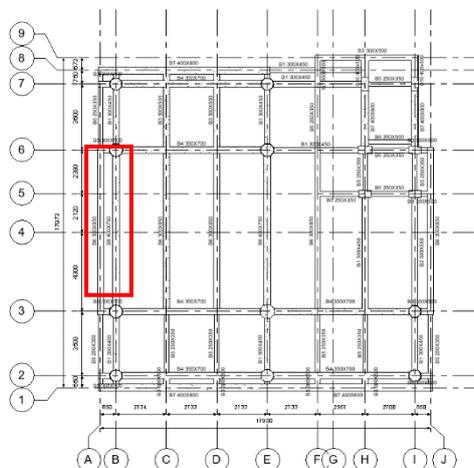
Tabel 2. Pengecekan syarat dan lebar balok

No	Tipe Balok Realisasi	Ln	d'	d	Syarat Tinggi Efektif Balok SNI 2847:2019 Pasal 18.6.2.1	Syarat Lebar Efektif Balok SNI 2847:2019 Pasal 18.6.2.1
a	g = Pembrekalan e	k=c-f/2-g/2	l	m	o	p
1	B1 300x450	3125,00	49,50	400,50	OK	OK
2	B8 400x750	8225,00	49,50	700,50	OK	OK
3	B1 300x450	3225,00	49,50	400,50	OK	OK
4	B2 300X550	5995,00	48,00	502,00	OK	OK
5	B1 300X450	6045,00	48,00	302,00	OK	OK
6	B5 250x350	2080,00	49,50	400,50	OK	OK
7	B1 300x450	4648,00	49,50	400,50	OK	OK
8	B7 400x500	4648,00	51,00	649,00	OK	OK
9	B4 350X700	7675,00	51,00	649,00	OK	OK
10	B4 350X700	7475,00	49,50	400,50	OK	OK
11	B1 300x450	4925,00	48,00	302,00	OK	OK
12	B5 250X350	2080,00	48,00	302,00	OK	OK
13	B5 250X350	2080,00	49,50	450,50	OK	OK
14	B10 400x500	4573,00	49,50	450,50	OK	OK

Tabel 2 menunjukkan bahwa untuk seluruh tipe balok yang direncanakan pada Gedung *Head Office* Awann Group Semarang ini telah memenuhi syarat tinggi dan lebar efektif balok berdasarkan SNI 2847:2019 Pasal 18.6.2.1.

3.1.2. Hasil perhitungan dimensi pelat

Tebal pelat satu arah ditentukan berdasarkan SNI 2847:2019 Tabel 7.3.1.1. Pelat yang akan direncanakan yaitu pelat S1 dengan ukuran 2,734 m x 8,8 m seperti pada Gambar 3.



Gambar 1. Denah balok untuk perencanaan pelat satu arah

Pelat S1 didefinisikan sebagai pelat satu arah karena $L_x < 0,4 L_y$ atau $L_y/L_x > 2$, seperti pada penjabaran di bawah ini:

- $L_x = 2,734$ m
- $L_y = 8,8$ m
- $L_x < 0,4 L_y = 2,734 < 0,4 \times 8,8 = 2,734 < 3,52$

- $L_y/L_x > 2 = 8,8/2,734 > 2 = 3,218 > 2$

Ketebalan pelat satu solid dengan kedua ujung menerus yang diatur pada SNI 2847:2019 Tabel 7.3.1.1. yaitu :

$$Tebal\ min = \frac{L}{2R} = \frac{273}{2R} = 9,76\ cm$$

Maka dari itu, Tebal pelat S1 minimum yaitu sebesar 9,76 cm sehingga ketebalan pelat yang akan digunakan sebesar 12 cm.

3.1.3. Hasil perhitungan dimensi kolom

Lantai 1-6 (K1) :

- Beban Mati pada 1 Lantai : 30657.50 kg
- Beban Mati pada 6 Lantai : 267539 kg
- Beban Hidup pada 1 Lantai : 7246 kg
- Beban Hidup pada 6 Lantai : 69327 kg
- Beban Mati pada Atap : 14975 kg
- Beban Hidup pada Atap : 2837 kg

Sehingga, beban kombinasi yang terjadi pada kolom K1, antara lain :

$$Dl\ Total = 467539 + 14975 = 282514\ kg$$

$$LL\ Total = 69327 + 2837 = 72164\ kg$$

$$Wu = 1.2DL + 1.6LL = 754479,2\ kg$$

Luas kolom dapat dihitung menggunakan SNI 2847:2019 pasal 9.3.2.2. , sebagai berikut :

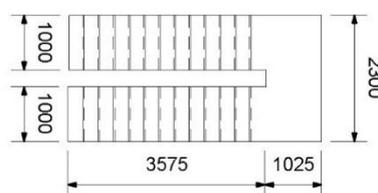
$$A = \frac{Wu}{0,3x\ fy} = \frac{754479,2}{0,3x\ 400} = 6287,327\ cm^2$$

$$D = 2 \times \sqrt{\frac{6287,327}{3,14}} = 50,50\ cm = 70\ cm$$

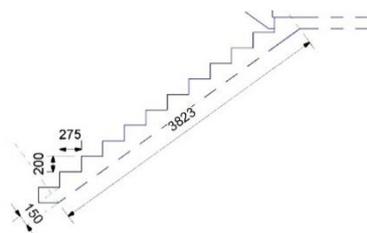
Dimensi kolom K1 yang akan digunakan pada perencanaan ini yaitu sebesar 70 cm.

3.1.4. Hasil perhitungan dimensi tangga

Pada Gambar 4 dan Gambar 5 merupakan hasil denah dan potongan rencana tangga.



Gambar 4. Denah tangga



Gambar 5. Potongan tangga

Data Perencanaan Tangga

- Tinggi Lantai : 480 cm
- Tinggi Injakan (t) : 18,75 cm

- Lebar Injakan (i) : 27,5 cm
- Lebar Tangga : 100 cm
- Tebal Pelat Tangga (tp) : 15 cm
- Jumlah Tanjakan : 24
- Elevasi1 : 240 cm
- Tebal Pelat Bordes : 12 cm
- Lebar Bordes : 102,5 cm
- Panjang Bordes : 230 cm
- Panjang Horizontal Tangga : 764 cm
- Kemiringan Tangga : $\text{arc tan } \alpha \frac{18,75}{27,5} = 34,29^\circ$
- Tebal Pelat Rata-Rata (t_{pr}) : $\frac{i}{2} \sin \alpha = 7,053 \text{ cm}$
- Tebal Pelat Total : $t_{pr} + t_p = 23 \text{ cm}$

Perencanaan tangga harus memenuhi syarat standard kemiringan tangga dan ukuran dimensi anak tangga, sebagai berikut :

Syarat Kemiringan Tangga

$$25^\circ \leq \alpha \leq 40^\circ$$

$$25^\circ \leq 34,29^\circ \leq 40^\circ (OK)$$

Syarat Dimensi Anak Tangga

$$60^\circ \leq (2t + i) \leq 65^\circ$$

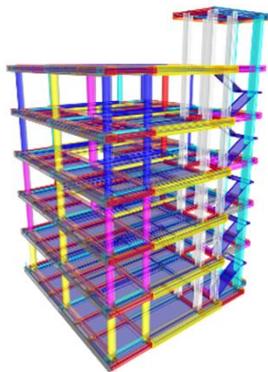
$$60^\circ \leq (2(18,75) + 27,5) \leq 65^\circ$$

$$60^\circ \leq 65 \leq 65^\circ (OK)$$

Maka, dapat disimpulkan untuk perencanaan tangga pada Gedung *Head Office Awann Group Semarang* ini telah memenuhi syarat kemiringan tangga dan syarat dimensi anak tangga berdasarkan SNI 03-1746-2000.

3.2. Hasil pemodelan struktur

Berikut merupakan hasil permodelan struktur Gedung *Head Office Awann Group Semarang* menggunakan SAP2000 yang ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 2. Permodelan struktur menggunakan SAP2000

3.3. Analisis struktur

Tahap Analisa Struktur yang dilakukan mengalami beberapa langkah pengecekan, diantaranya :

3.3.1. Kontrol analisis beban gempa

Berikut merupakan Kontrol Analisis Beban Gempa Dinamis yang ditinjau berdasarkan beberapa faktor diantaranya :

- a. Analisis Jumlah Ragam atau Partisipasi Massa

Analisis jumlah ragam harus mendapatkan massa ragam x dan y diatas 90% berdasarkan SNI 1726-2019. Berikut merupakan tabel kontrol Analisa jumlah ragam atau partisipasi massa di Gedung *Head Office* Awann Group Semarang yang sudah melebihi 90%.

Tabel 3. Modal participating mass ratio

Design Case	Step Type	Step Name	Period	UX	UY	UZ	Sum UX	Sum UY	Sum UZ	UX	UY	UZ	Sum UX	Sum UY	Sum UZ
Time	Time	Time	Sec	Mass	Mass	Mass	Mass	Mass	Mass	Mass	Mass	Mass	Mass	Mass	Mass
MODAL	Mode	1	0.04332	0.00001913	0.02	0.000004373	0.00001913	0.02	0.000004373	0.27	0.000004017	0.00000443	0.27	0.000004017	0.00000443
MODAL	Mode	2	0.005396	0.01	0.000002505	0.000001400	0.01	0.02	0.000003705	0.000004245	0.29	0.00000772	0.27	0.29	0.00000772
MODAL	Mode	3	0.015117	0.0007341	0.004277	0.000004929	0.02	0.02	0.00001071	0.00001192	0.00003196	0.01	0.27	0.29	0.02
MODAL	Mode	4	0.203160	0.00002725	0.11	0.000000002	0.02	0.03	0.000000051	0.24	0.00001024	0.00000066	0.21	0.29	0.03
MODAL	Mode	5	0.205024	0.11	0.00000000	0.00000000	0.02	0.03	0.000004659	0.000001462	0.23	0.00000444	0.21	0.51	0.03
MODAL	Mode	6	0.263903	0.0000190	0.002773	0.000003522	0.03	0.03	0.00000212	0.000002504	0.00000000	0.00000000	0.21	0.52	0.03
MODAL	Mode	7	0.240994	1.213E-06	0.0002502	3.024E-06	0.03	0.03	0.00000213	0.00000291	0.000002400	0.00001227	0.21	0.52	0.03
MODAL	Mode	8	0.236563	7.427E-07	0.000000353	6.117E-09	0.03	0.03	0.00000213	0.000001022	2.090E-07	0.000002100	0.21	0.52	0.03
MODAL	Mode	9	0.236027	4.997E-06	0.0001491	4.019E-06	0.03	0.03	0.00000622	0.000005623	0.000003566	0.00001334	0.21	0.52	0.03
MODAL	Mode	10	0.234429	4.700E-06	0.0001975	3.041E-07	0.03	0.03	0.00000213	0.00000170	0.000003537	0.00000000	0.21	0.52	0.03
MODAL	Mode	11	0.233401	0.00002159	0.00000437	6.013E-07	0.03	0.03	0.00000317	0.000002015	0.00000000	0.00000000	0.21	0.52	0.03
MODAL	Mode	12	0.102407	0.0002422	0.01603	0.00000021	0.03	0.03	0.00000010	0.00000547	0.00000000	0.00000000	0.22	0.52	0.03

b. Perbandingan geser dasar statis dan dinamis

Analisis perbandingan geser dasar statis dan dinamis harus mendapatkan V Dinamik Geser Dasar > V Statik Geser Dasar maka keadaan dianggap OK atau Memenuhi. Berikut merupakan tabel kontrol Analisa perbandingan geser dasar statis dan dinamis di Gedung *Head Office* Awann Group Semarang yang sudah memenuhi ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Analisa perbandingan geser statis dan dinamis dari output SAP2000

Base Shear	Dinamik (VD) Geser Dasar (kN)	Statik (VS) Geser Dasar (kN)	Faktor skala VS / VD	kontrol (VD) >= 100% Vs
arah x	553590,07	518425,04	0,936478	OK
arah y	543272,38	518425,04	0,954264	OK

c. Simpang antar lantai

Analisis simpangan antar lantai harus menghasilkan simpangan antar tingkat desain tidak boleh melebihi simpangan antar tingkat izin. Berikut merupakan tabel 5 dan tabel 6 hasil kontrol Analisa simpangan antar lantai di Gedung *Head Office* Awann Group Semarang yang sudah memenuhi.

Tabel 5. Simpangan lantai arah x dari output SAP2000

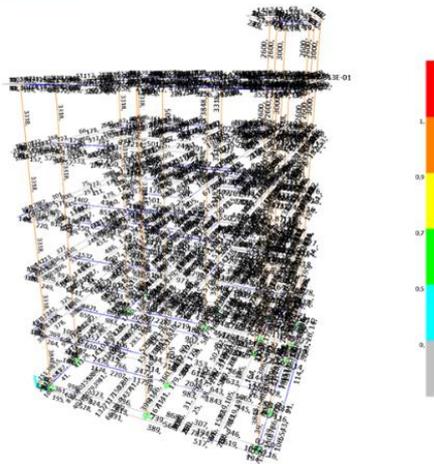
Lantai	Hsx (mm)	Dx (mm)	Δx (mm)	Δa (Ijin) (mm)	kontrol Δx < Δ ijin
LT. 6	4350	12,5689	7,5238	109	OK
LT. 5	4500	11,2009	12,9932	113	OK
LT. 4	4500	8,8385	16,9440	113	OK
LT. 3	4500	5,7578	18,6913	113	OK
LT. 2	4800	2,3594	12,9767	120	OK
LT. 1	0	0	0	0	

Tabel 6. Simpangan lantai arah y dari output SAP2000

Lantai	Hsx (mm)	dy (mm)	Δy (mm)	Δa (Ijin) (mm)	kontrol Δy < Δ ijin
LT. 6	4350	14,4863	9,1178	109	OK
LT. 5	4500	12,8285	15,1473	113	OK
LT. 4	4500	10,0745	19,0697	113	OK
LT. 3	4500	6,6073	20,9062	113	OK
LT. 2	4800	2,8061	15,4338	120	OK
LT. 1	0	0	0	0	

3.3.2. Kontrol analisis ratio batang

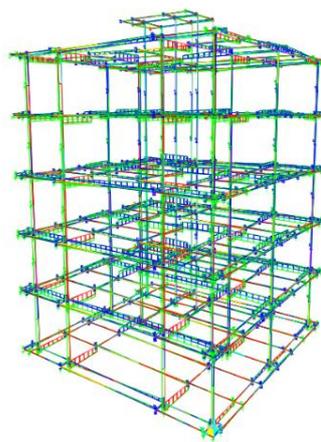
Dilakukan pengecekan efisiensi penampang, lalu pengecekan kecocokan penggunaan jenis material dengan penampang, dengan hasil penampang dan material yang direncanakan telah sesuai dan tidak terdapat ketidakcocokan. Selanjutnya dilakukan pengecekan kelayakan struktur guna menghindari penampang balok maupun kolom yang mengalami overstressed dan hasilnya yaitu semua penampang rencana baik kolom maupun balok berada dalam keadaan aman dan tidak ada yang mengalami *overstressed*. Dapat dilihat pada Gambar 7 hasil pengecekan seluruh *frame*.



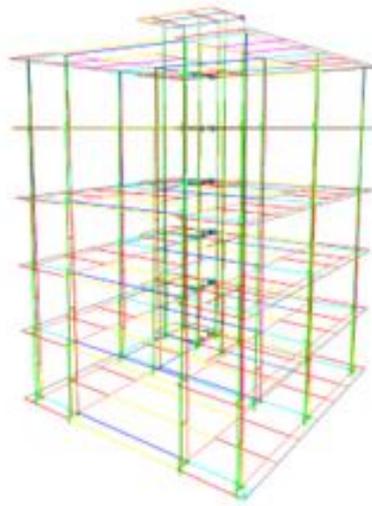
Gambar 3. Hasil control efisiensi penampang

3.3.3. Pengecekan gaya geser, momen, dan gaya aksial

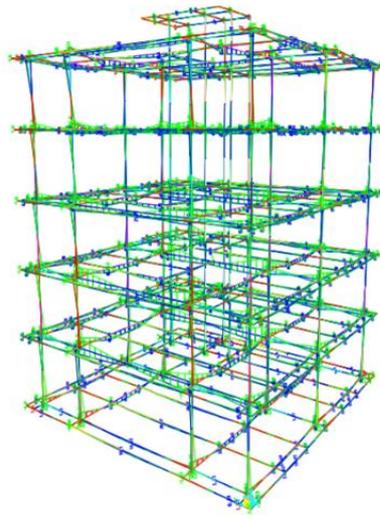
Gaya – gaya dalam yang dihasilkan dari analisis struktur Gedung Head Office Awann Group Semarang pada program SAP 2000 dapat dilihat pada Gambar 8, Gambar 9, Gambar 10.



Gambar 4. 3D Gaya Lintang



Gambar 5. 3D Gaya Aksial



Gambar 6. 3D Momen

3.4. Perhitungan penulangan struktur

3.4.1. Perhitungan penulangan lentur dan geser balok

Berikut merupakan tabel rekapitulasi perhitungan tulangan utama dan Sengkang seluruh penampang balok yang sudah memenuhi syarat gaya aksial dan tinggi efektif menurut SNI 2847:2019. Langkah perhitungan penulangan utama balok dengan mendapatkan nilai A_s perlu dari *output* SAP2000 lalu dibandingkan dengan A_s minimum pada komponen struktur lentur berdasarkan SNI 2847:2019 untuk mendapatkan dimensi serta jumlah tulangan utama yang dibutuhkan. Sedangkan untuk perhitungan tulangan geser balok dengan menggunakan nilai A_v atau A_s perlu sengkang dari hasil SAP2000 untuk menghitung kebutuhan dimensi dan jarak tulangan.

Tabel 1. Rekapitulasi perhitungan tulangan lentur balok

Nama	Ukuran Balok (b x h)		Daerah	Letak Tulangan	As Perlu mm ²	As min 1	As min 2	As Terpasang mm ²	Dipasang	
B1	300	x	450	Tumpuan	Atas	1215	420	429	1417,644	5 D 19
					Bawah	580			850,586	3 D 19
		x		Lapangan	Atas	487			567,057	2 D 19
					Bawah	1291	420	429	1417,644	5 D 19
B2	300	x	550	Tumpuan	Atas	537	526	538	603,186	3 D 16
					Bawah	490			603,186	3 D 16
		x		Lapangan	Atas	175			402,124	2 D 16
					Bawah	501	526	538	603,186	3 D 16
B3	300	x	500	Tumpuan	Atas	374	474	484	603,186	3 D 16
					Bawah	235			402,124	2 D 16
		x		Lapangan	Atas	216			402,124	2 D 16
					Bawah	138	474	484	603,186	3 D 16
B4	350	x	700	Tumpuan	Atas	2594	793	811	2660,929	7 D 22
					Bawah	1232			1520,531	4 D 22
		x		Lapangan	Atas	770			1140,398	3 D 22
					Bawah	2267	793	811	2280,796	6 D 22
B5	250	x	350	Tumpuan	Atas	701	264	270	804,248	4 D 16
					Bawah	356			402,124	2 D 16
		x		Lapangan	Atas	356			402,124	2 D 16
					Bawah	220	264	270	804,248	4 D 16
B6	300	x	650	Tumpuan	Atas	564	629	643	850,586	3 D 19
					Bawah	607			850,586	3 D 19
		x		Lapangan	Atas	206			567,057	2 D 19
					Bawah	651	629	643	850,586	3 D 19
B7	400	x	600	Tumpuan	Atas	739	769	786	850,586	3 D 19
					Bawah	739			850,586	3 D 19
		x		Lapangan	Atas	1018			1134,115	4 D 19
					Bawah	596	769	786	850,586	3 D 19

Tabel 8. Rekapitulasi perhitungan tulangan lentur balok

Nama	Ukuran Balok (b x h)			Daerah	Av Perlu	Ø mm	Spasi Max 1 mm	Spasi Max 2 mm	S pakai mm	Dipasang		
B1	300	x	450	Tumpuan	1,75	10	100	114	100	2	D	10 - 100
				Lapangan	0,97	10	200	200	2	D	10 - 200	
B2	300	x	550	Tumpuan	0,69	10	100	114	100	2	D	10 - 100
				Lapangan	0,56	10	200	200	2	D	10 - 200	
B3	300	x	500	Tumpuan	1,75	10	100	114	100	2	D	10 - 100
				Lapangan	1,72	10	200	200	2	D	10 - 200	
B11	400	x	700	Tumpuan	1,26	10	100	114	100	2	D	10 - 100
				Lapangan	1,19	10	200	200	2	D	10 - 200	
B4	350	x	700	Tumpuan	2,62	10	100	114	100	2	D	10 - 100
				Lapangan	2,59	10	200	200	2	D	10 - 200	
B5	250	x	350	Tumpuan	1,55	10	100	114	100	2	D	10 - 100
				Lapangan	1,55	10	200	200	2	D	10 - 200	
B6	300	x	650	Tumpuan	1,31	10	100	114	100	2	D	10 - 100
				Lapangan	1,22	10	200	200	2	D	10 - 200	
B7	400	x	600	Tumpuan	1,85	10	100	114	100	2	D	10 - 100
				Lapangan	1,68	10	200	200	2	D	10 - 200	

3.4.2. Perhitungan penulangan lentur dan geser kolom

Berikut merupakan tabel rekapitulasi perhitungan tulangan utama dan Sengkang seluruh penampang kolom yang ada di perencanaan Gedung Head Office Awann Group Semarang yang sudah memenuhi syarat sesuai dengan SNI 2847:2019. Langkah perhitungan penulangan utama kolom dengan mendapatkan nilai A_s perlu dari *output* SAP2000 untuk menghitung dimensi serta jumlah tulangan utama yang dibutuhkan dengan membandingkan A_s perlu dan A_s terpasang. Sedangkan untuk perhitungan tulangan geser kolom juga dengan menggunakan nilai A_v atau A_s perlu sengkang dari hasil SAP2000 untuk menghitung kebutuhan dimensi dan jarak tulangan.

Tabel 9. Rekapitulasi perhitungan tulangan lentur kolom

Nama	Ukuran Kolom	A_s perlu mm^2	Ø mm	Luas mm^2	Jumlah	A_s Terpasang mm^2	Syarat A_s Terpasang $\geq A_s$ perlu	Dipasang
K1A	700	3848	22	380,133	12	4562	OK	12 D 22
K1B	650	3318	22	380,133	12	4562	OK	12 D 22
K1C	600	3318	22	380,133	12	4562	OK	12 D 22
K2A	800	5027	22	380,133	15	5702	OK	15 D 22
K2B	750	4418	22	380,133	13	4942	OK	13 D 22
K2C	700	3848	22	380,133	12	4562	OK	12 D 22

K2D	650	3318	22	380,133	12	4562	OK	12 D 22
K3	40 X 65	2600	22	380,133	10	3801	OK	10 D 22
K4	40 X 75	3000	22	380,133	10	3801	OK	10 D 22

Tabel 2. Rekapitulasi perhitungan tulangan geser kolom

Nama	Ukuran Kolom	Av / Sperlu mm ² / mm	Ø mm	Luas mm ²	S perlu mm	Spasi Max 1 mm	Spasi Max 2 mm	S pakai mm	Dipasang
K1A	700	1	13	398	0,00	132	150	150	3 D 13 - 150
K1B	650	1	13	398	395,43	132	150	150	3 D 13 - 150
K1C	600	1,495	13	398	266,35	132	150	150	3 D 13 - 150
K2A	800	2,428	13	398	164,00	132	150	150	3 D 13 - 150
K2B	750	0,354	13	398	1124,85	132	150	150	3 D 13 - 150
K2C	700	2	13	398	197,13	132	150	150	3 D 13 - 150
K2D	650	1	13	398	482,66	132	150	150	3 D 13 - 150
K3	40 X 65	1	13	398	550,76	132	150	150	3 D 13 - 150
K4	40 X 75	1,22	13	398	326,39	132	150	150	3 D 13 - 150

3.4.3. Perhitungan penulangan pelat

Berikut merupakan tabel rekapitulasi perhitungan tulangan seluruh penampang pelat yang ada di perencanaan Gedung Head Office Awann Group Semarang yang sudah memenuhi syarat sesuai dengan SNI 2847:2019. Perhitungan penulangan pelat dengan menggunakan nilai Mu dari hasil SAP2000 untuk menghitung kebutuhan dimensi dan jarak tulangan.

Tabel 3. Rekapitulasi perhitungan tulangan pelat lantai

Tebal Pelat	Nama Tulangan	Daerah	Mu kNm	Ø mm	Jarak mm	Tebal Efektif Pelat (d)	Ø Mn kNm	a mm	Di Pasang
150	Tulangan Arah X	Tumpuan	8,32	10	100	130	34,12	12,43	10 - 100
		Lapangan	6,64	10	150	130	23,13	8,28	10 - 150
150	Tulangan Arah Y	Tumpuan	9,42	10	100	130	33,85	14,41	10 - 100
		Lapangan	7,16	10	150	130	23,01	9,61	10 - 150
120	Tulangan Arah X	Tumpuan	7,19	10	100	100	25,58	14,41	10 - 100
		Lapangan	5,5	10	150	100	17,50	9,61	10 - 150
120	Tulangan Arah Y	Tumpuan	8,12	10	100	100	25,58	14,41	10 - 100
		Lapangan	7,4	10	150	100	17,50	9,61	10 - 150

3.4.4. Perhitungan penulangan *pile cap*

Nilai momen lentur yang digunakan untuk mendesain penulangan pile cap diambil dari reaksi tiang pancang terhadap muka kolom. Sedangkan untuk pondasi tiang pancang rencana yang dipakai yaitu dimensi 40 dengan kedalaman 22 m. Berikut merupakan perhitungan kebutuhan tulangan untuk pile cap. Dengan nilai $V_u = 405,297$.

$$M_u = 2(405,297)(0,6 - (0,7/2)) \\ = 202,648 \text{ KN}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} \\ = \frac{202,648 \times 10^6}{0,9 \times 2.400 \times 911^2} \\ = 0,113$$

$$\rho \text{ perlu} = \frac{0,85 f'_c}{f_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 R_n}{0,85 f'_c}} \right] \\ = \frac{0,85 \times 30}{392} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0,113}{0,85 \times 30}} \right] \\ = 0,00028315$$

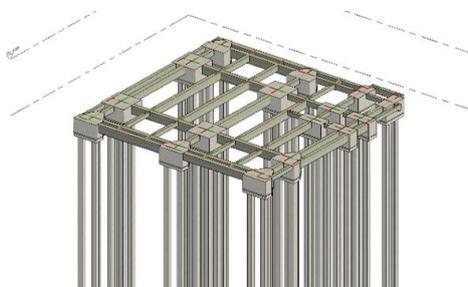
$$A_s \text{ perlu} = \rho b d \\ = 0,00028315 \times 2.400 \times 911 \\ = 691,084 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ min} = \rho b d \\ = 0,00028315 \times 2.400 \times 1000 \\ = 679,565 \text{ mm}^2$$

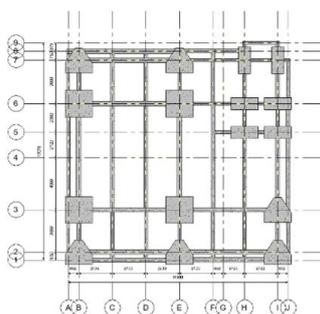
Maka, digunakan tulangan $\varnothing 10 - 200$ tulangan atas dan $\varnothing 19 - 150$ Untuk tulangan bawah di tulangan melintang maupun memanjang.

3.5. Pemodelan bangunan menggunakan revit

Berikut merupakan hasil pemodelan menggunakan Revit untuk struktur bawah gedung *head office* awann group semarang yang sudah sesuai dengan perhitungan struktur yang direncanakan terdiri dari pondasi tiang pancang, *pile cap*, dan *tie biem*.

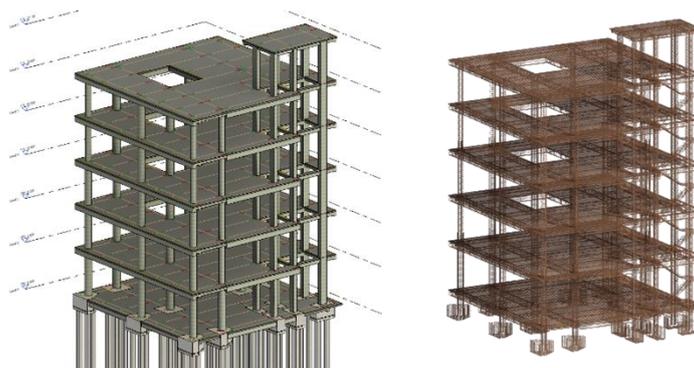


Gambar 7. 3D Struktur bawah dari revit



Gambar 12. Denah struktur bawah dari revit

Selanjutnya di bawah ini juga hasil pemodelan menggunakan Revit untuk struktur atas gedung *head office* awann group semarang yang sudah sesuai dengan hasil perhitungan struktur. Pemodelan struktur atas ini terdiri dari kolom, balok, pelat lantai, dan tangga.



Gambar 8. 3D Struktur atas gedung *Head Office* Awanngroup Semarang

3.6. Hasil quantity take off dari revit

Dari pemodelan menggunakan Autodesk Revit untuk pekerjaan struktur bawah yang terdiri dari pondasi tiang pancang, pile cap, dan Tie beam serta pekerjaan struktur atas yang terdiri dari kolom, balok, pelat lantai, dan tangga akan mendapatkan informasi yang lengkap seperti volume masing-masing pekerjaan secara otomatis. Hal tersebut akan memudahkan perencana untuk mendapatkan *Quantity Take Off*. Berikut merupakan *output Quantity Take Off* dengan software Revit yang digunakan pada perencanaan kali ini yaitu volume kebutuhan beton, tulangan, serta luasan bekisting dari pekerjaan pile cap, tie beam, balok, kolom, pelat lantai, dan tangga.

3.7. Perhitungan RAB

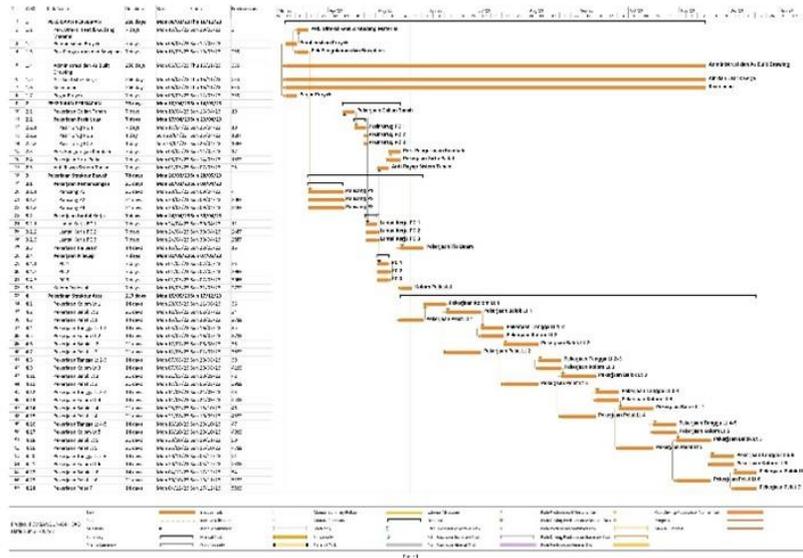
Renana anggaran biaya didapatkan melalui perhitungan volume yang didapatkan dari output Quantity Take Off Revit dikalikan dengan nilai Analisa Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) yang telah disusun sesuai dengan wilayah pembangunan. Pada Tabel 12 di bawah ini merupakan rekap rancangan anggaran biaya Gedung Head Office Awann Group Semarang.

Tabel 4. Rekapitulasi rencana anggaran biaya

NO	URAIAN PEKERJAAN	REKAPITULASI BIAYA
I	PEKERJAAN PERSIAPAN	Rp 82.753.644,03
II	PEKERJAAN TANAH	Rp 39.688.057,00
III	PEKERJAAN STRUKTUR	Rp 4.076.879.734,09
	JUMLAH	Rp 4.199.321.435,11
	PPN 11%	Rp 461.925.357,86
	TOTAL	Rp 4.661.246.792,98

3.8. Penjadwalan menggunakan *Microsoft Project*

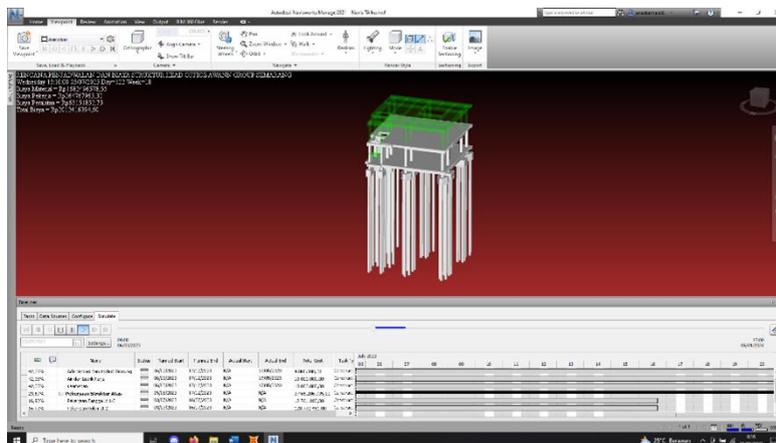
Hasil perhitungan Quantity Take Off yang didapatkan dari Revit lalu digunakan untuk menentukan penjadwalan proyek menggunakan *Microsoft Project* seperti pada gambar 14 di bawah ini. Perencanaan penjadwalan pembangunan struktur Gedung *Head Office* Awann Group Semarang menggunakan *Microsoft Project* dijadwalkan dengan total durasi 10 bulan pengerjaan.



Gambar 9. Hasil penjadwalan menggunakan *Microsoft Project*

3.9. Simulasi model bangunan menggunakan Naviswork

Dari hasil penjadwalan menggunakan *Microsoft project* dapat langsung di integrasikan kedalam software naviswork yang juga telah terintegrasi ke hasil pemodelan 3D Revit. Selanjutnya Naviswork akan dapat mensimulasikan visual progress pekerjaan sesuai dengan penjadwalan yang sudah direncanakan seperti pada Gambar 15.



Gambar 10. Simulasi model bangunan di Naviswork

4. Kesimpulan

Berdasarkan keseluruhan hasil analisa yang telah dilakukan dalam penyusunan perencanaan ini, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Dalam perencanaan struktur Gedung *Head Office Awann Group Semarang* ini terdapat beberapa perubahan yaitu:
 - Jumlah lantai direncanakan menjadi 6 lantai dari jumlah awal 5 lantai.
 - Dimensi Penampang struktur berbeda dengan *as built drawing* Gedung *Head Office Awann Group Semarang*. Karena dimensi penampang struktur dihitung *preliminary* ulang sehingga seluruh dimensi serta tipe pondasi, pile cap, Tie Beam, Balok, Kolom, Pelat dan tangga berubah. Perubahan tersebut terjadi dikarenakan faktor pembebanan yang berbeda serta efisiensi luasan ruangan.

2. Seluruh struktur yang direncanakan sudah aman melalui pembebanan serta Analisa struktur menggunakan SAP2000.
3. Perhitungan volume anggaran biaya pembangunan struktur Gedung Head Office Awann Group Semarang dihitung menggunakan *Quantity Take Off* otomatis dari Autodesk Revit dan didapatkan total biaya sebesar Rp 4.661.246.792,98.
4. Perencanaan penjadwalan pembangunan struktur Gedung Head Office Awann Group Semarang menggunakan *Microsoft Project* dan Autodesk Naviswork dijadwalkan selama 10 bulan pengerjaan.

Ucapan terima kasih

Dalam kesempatan kali ini, penulis berterima kasih kepada CV. AML dan OSARA *Design* karena telah memberikan data *as built drawing*, data tanah serta data teknis bangunan sebagai pendukung dalam perencanaan ulang ini.

Referensi

- Ernest Kissi, Emmanuel Bannor Boateng and Theophilus Adjei-Kumi (2015) 'Strategies for implementing value management in the construction industry of Ghana', 2nd International Conference on Development and Investment in Infrastructure (DII) Conference. Available at: <http://diiconference.org/>.
- McGraw Hill Construction (2015) The Business Value of BIM in China, SmartMarket Report.
- Mousa, A. (2015) 'A Business approach for transformation to sustainable construction: An implementation on a developing country', Resources, Conservation and Recycling, 101, pp. 9–19. doi: 10.1016/j.resconrec.2015.05.007.
- Olanrewaju, O., Ajiboye Babarinde, S. and Salihu, C. (2020) 'Current State of Building Information Modelling in the Nigerian Construction Industry', Journal of Sustainable Architecture and Civil Engineering, 27(2), pp. 63–77. doi: 10.5755/j01.sace.27.2.25142.
- Olanrewaju, O. I. et al. (2022) 'Modelling the relationship between Building Information Modelling (BIM) implementation barriers, usage and awareness on building project lifecycle', Building and Environment, 207(PB), p. 108556. doi: 10.1016/j.buildenv.2021.108556.
- Oraee, M. et al. (2019) 'Collaboration barriers in BIM-based construction networks: A conceptual model', International Journal of Project Management, 37(6), pp. 839–854. doi: 10.1016/j.ijproman.2019.05.004.
- Othman, I. et al. (2021) 'The level of Building Information Modelling (BIM) Implementation in Malaysia', Ain Shams Engineering Journal, 12(1), pp. 455–463. doi: 10.1016/j.asej.2020.04.007.
- Phang, T. C. H., Chen, C. and Tiong, R. L. K. (2019) 'New Model for Identifying Critical Success Factors Influencing BIM Adoption New Model for Identifying Critical Success Factors Influencing BIM Adoption from Precast Concrete Manufacturers ' View', (July). doi: 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001773.



Pemanfaatan limbah serbuk kayu dan *fly-ash* sebagai bahan tambah pembuatan genteng beton *eco-friendly*

Ahcmad Faruk Faqrudin^{a*}, Syaiful Kharis Setiawan^b, Riza Susanti^c, Puji Widodo^d

^{a*, b, c, d} Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro, Indonesia

ARTICLE INFO

Corresponding author:

Email:

ahcmadfaruk@gmail.com

Article history:

Received : 17 June 2023

Revised : 19 June 2023

Accepted : 20 June 2023

Publish : 21 June 2023

Keywords:

concrete tile, wood powder, fly-ash

ABSTRACT

Some roofs in Indonesia still use concrete tiles because they are expensive and heavy. Indonesia is also the largest producer of wood and coal in the world, which will cause sawdust and fly ash waste. Therefore, research was conducted aimed at utilizing wood dust waste and fly-ash waste as a mixture and trying to make lighter concrete tiles. So that in its use it can ease roof construction and also utilize waste so that concrete tile becomes more economical but has quality that meets SNI. The method used is an experimental method, with a mixture composition of cement and sand that is 1: 3 and uses 4 variations of test objects, namely for sawdust variation A, 0%; B, 25%; C, 0%; D, 25% of the weight of sand while for fly ash variation A, 0%; B, 0%; C, 25%; D, 25% by weight of cement. These tests include visible properties, size, flatness, bending load, absorption and seepage of water. The result of the average bending load in variations A = 170.632 kg, B = 168.933 kg, C = 195.446 kg, D = 179.812 kg. For the test results of average water absorption in variations A = 9.44%, B = 10.07%, C = 6.12%, D = 8.13%. The use of sawdust can reduce bending strength and increase water absorption and the addition of fly ash will increase bending strength and decrease water absorption compared to normal concrete tiles. Therefore, it can be concluded that concrete tile with the addition of sawdust and fly ash is better, economical and lighter than concrete tile without added materials and still meets SNI.

Copyright © 2023 PILARS-UNDIP

1. Pendahuluan

Atap merupakan pelindung suatu bangunan, di Indonesia sebagian masyarakat sudah menggunakan genteng beton sebagai penutup atap. Menurut kompas.com (2021), “genteng beton dapat bertahan hingga 20 tahun. Dalam pembuatannya genteng ini juga tidak perlu dibakar seperti halnya genteng tanah liat, sebab dengan adanya semen portland yaitu dengan sifatnya yang mengeras dan kaku bila bereaksi dengan air”. Namun dengan kelebihan tersebut atap di Indonesia selalu menggunakan genteng tanah liat sebagai bahan utamanya sehingga faktor penggerusan tanah semakin dalam dan mengakibatkan penggunaan genteng tanah liat kurang efisien dalam bahan bangunan oleh sebab itu genteng beton sebagai salah satu alternatif pengganti genteng tanah liat. Namun dalam penggunaannya genteng beton mempunyai harga yang relatif mahal daripada genteng yang lainnya, genteng beton juga mempunyai berat lebih besar sehingga konstruksi atap memerlukan desain yang cukup kuat dalam menahan berat genteng beton tersebut. Hal ini akan menjadi masalah dalam pemakainya sebab penggunaan genteng beton bakal berpengaruh terhadap ukuran reng.

Dalam dunia konstruksi, beton mempunyai kelemahan yaitu memiliki sifat getas dan kurang mampu menahan gaya tarik sehingga usaha dalam meningkatkan kualitas beton terus dilakukan sampai saat ini baik peningkatan kuat tekan, tarik maupun lentur dan bahkan ada yang sampai membuat beton menjadi ringan namun tetap memiliki kekuatan tinggi dan genteng beton merupakan salah satu bentuk pengaplikasian beton sebagai bahan bangunan non struktural yang memiliki kekurangan yang sama. Dalam penelitian ini peneliti mencoba membuat genteng yang lebih ringan dari biasanya sehingga dalam penggunaannya bisa meringankan konstruksi atap dan juga memanfaatkan limbah sehingga genteng beton menjadi lebih ekonomis namun mempunyai kualitas yang memenuhi SNI 0096-2007.

Indonesia adalah negara penghasil kayu terbanyak di dunia. Menurut Data Kehutanan Triwulan Tahun 2020, jumlah produksi kayu di Indonesia adalah sebesar 61,02 juta m³ (BPS, 2020), dengan banyaknya produksi kayu tersebut banyak menghasilkan perindustrian meubel dan kerajinan kriya, bukan hanya keindahan kerajinan kriya dan manfaat dari meubel itu sendiri namun hal itu juga dapat menimbulkan masalah baru dengan semakin meningkatnya produksi kerajinan dan meubel semakin banyak pula limbah serbuk kayu yang dihasilkan.

Bukan hanya penghasil kayu terbanyak, Indonesia juga merupakan negara penghasil batu bara terbanyak di dunia. Pada tahun 2021 pemerintah Indonesia menetapkan domestic market obligation (DMO) batu bara sebesar 113 juta ton (Widagdo, 2021). Batu bara di Indonesia sebagai pembangkit listrik tenaga uap hasil pembakaran tersebut akan menjadi limbah *fly-ash*. Hal tersebut menimbulkan masalah jika *fly-ash* tidak dimanfaatkan dengan baik diantaranya yaitu masalah kesehatan dan lingkungan, karena *fly ash* yang dihasilkan dari pembakaran batu bara biasanya dibuang sebagai timbunan. Oleh karena itu dibutuhkan pengelolaan supaya tidak menimbulkan masalah, seperti penurunan kualitas ekosistem dan pencemaran udara.

Genteng beton merupakan salah satu material penting yang digunakan untuk penutup atap, bahan campuran yang digunakan merata antara semen portland atau sejenisnya dengan agregat dan air atau tanpa menggunakan pigmen (SNI 0096-2007). Selain itu genteng beton juga sering di modifikasi dalam segi bentuk maupun bahan penyusunnya. Hal ini dilakukan agar dapat mengurangi limbah serta mengoptimalkan pemanfaatan limbah. Seperti penelitian yang dilakukan oleh (Nugroho,2016) yang menguji tentang kualitas genteng beton menggunakan substitusi serbuk kayu dengan hasil penelitian, semakin besar persentase penambahan serbuk kayu semakin besar juga kuat lentur namun masih belum memenuhi kriteria SNI sehingga penelitian seperti ini perlu dikembangkan lebih lanjut agar genteng beton sesuai SNI. Selain itu menurut penelitian yang dilakukan oleh, (Anhadi,2018) tentang pemanfaatan limbah serbuk kayu dan *fly-ash* terhadap kuat tekan dan penyerapan air pada batako dengan hasil yang baik sehingga dapat disimpulkan bahwa beton dapat di campur dengan bahan limbah serbuk kayu dan *fly-ash* agar terjadi adanya pemanfaatan limbah yang berkelanjutan dan selain itu perlu dikembangkan bahwa limbah serbuk kayu dan *fly-ash* bukan hanya digunakan untuk batako melainkan bisa digunakan untuk genteng beton dan plesteran.

Berdasarkan permasalahan tersebut munculah sebuah gagasan untuk memanfaatkan limbah serbuk kayu dan *fly-ash*. Gagasan yang diberikan adalah membuat genteng beton dengan campuran bahan serbuk kayu dan *fly-ash*. Gagasan ini diharapkan dapat menciptakan genteng beton yang lebih ringan daripada biasanya, lebih ekonomis, ramah lingkungan dan dapat menghasilkan genteng beton dengan nilai pengujian sifat tampak, ukuran, kerataan, beban lentur, penyerapan air (porositas), rembesan air (impermeabilitas) pada setiap variasi yang sesuai dengan SNI 0096-2007. Limbah serbuk kayu dan *fly-ash* dipilih karena limbah serbuk kayu dan *fly-ash* memiliki kandungan yaitu selulosa 60%, lignin 28% dan zat lain (termasuk zat gula) 12% (Baharudin,2005). Kandungan tersebut memiliki manfaat untuk mengikat material, serta meningkatkan mutu kuat tekan beton sedangkan kandungan silika dalam limbah *fly-ash* dapat bereaksi dengan kehadiran air melalui proses kimia dengan kalsium hidroksida yang tercipta dari proses hidrasi semen, maka akan dihasilkan zat yang memiliki kemampuan mengikat (Djiwantoro, 2001).

Tujuan

Tujuan dalam penelitian ini adalah :

1. Menganalisis pengaruh limbah serbuk kayu dan *fly-ash* sebagai campuran genteng beton berdasarkan hasil pengujian sifat tampak, ukuran, kerataan, beban lentur, penyerapan air

(porositas), rembesan air (*impermeabilitas*) pada setiap variasi.

- Membandingkan dari segi biaya antara genteng beton normal dengan genteng beton yang ditambahkan limbah serbuk kayu dan *fly-ash*.

2. Data dan metode

2.1. Metode penelitian

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

2.2. Pengujian material

Penulis dalam pengujian material ini hanya melakukan pengujian terhadap agregrat halus, semen dan air. Untuk bahan tambah seperti serbuk kayu dan *fly-ash* penulis tidak melakukan pengujian. Pengujian dilakukan terhadap agregrat halus, semen dan air dikarenakan bahan tersebut sebagai dasar dalam pembuatan genteng beton.

2.3. Persiapan material tambahan

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



Gambar 1. Serbuk kayu



Gambar 2. Fly-ash lolos saringan 0,075 mm

2.4. Job mix design

Penulis melakukan perencanaan *mix design* yang bertujuan agar mengetahui perbandingan proporsi material yang digunakan dalam pembuatan genteng beton dengan bahan tambah serbuk kayu dan *fly-Ash*. Untuk pedoman campuran yang digunakan yaitu 1 PC :3 PS, yang kemudian dikonversikan ke dalam perbandingan volume. Dalam penelitian ini bahan tambah serbuk kayu di substitusi dari berat pasir dan *fly-ash* di substitusi dari berat semen, dengan total 4 variasi yaitu untuk benda uji A 0% SK ; 0% FA (genteng beton normal), benda uji B 25% SK, benda uji C 25% FA dan benda uji D 25% SK ; 25% FA. Untuk job mix design bisa dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Job mix design

Bahan Tambah	Sampel A	Sampel B	Sampel C	Sampel D	Keterangan
Serbuk Kayu	0%	25%	0%	25%	Terhadap berat pasir
<i>Fly Ash</i>	0%	0%	25%	25%	Terhadap berat semen

3. Hasil dan pembahasan

3.1. Pengujian material

3.1.1. Pengujian agregat halus

Dari hasil kadar lumpur dengan menggunakan pasir muntilan didapatkan nilai rata-rata sebesar 3,51 %, yang mana menurut SK-SNI-S-04-1989-F kadar lumpur tidak boleh lebih dari 5 %. Dari hasil tersebut untuk kadar lumpur menggunakan pasir muntilan sudah memenuhi SK-SNI-S-04-1989-F. Untuk gradasi pasir muntilan memiliki hasil modulus halus butir sebesar 3,685 %, dengan hasil tersebut pasir muntilan memenuhi syarat sesuai SNI 03-1972-1990 yaitu 1,5 - 3,8 %.

3.1.2. Pengujian air

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

3.1.3. Pengujian semen

Keadaan Kemasan Semen, Pengujian ini dilihat dari kondisi semen yang mana kemasan semen dilakukan dengan cara visual secara langsung. Untuk penelitian ini kondisi semen masih bagus tidak terbuka ataupun robekan, untuk kemasan sendiri juga kering dan kondisi semen terlihat gembur tidak memadat. Keadaan Butiran Semen, Untuk proses pengujian ini dengan melakukan cara yaitu membuka kemasan semen dan selanjutnya di lihat secara visual mengenai keadaan butiran semen. Dari hasil yang didapatkan dalam pengamatan semen, terlihat bahwa semen dipakai dalam penelitian ini masih bagus atau dalam keadaan baik yang mana tidak terjadi gumpalan pada butiran semen.

3.2. Pengujian genteng beton

3.2.1. Sifat tampak

Untuk pengujian sifat tampak genteng beton dilakukan dengan jumlah benda uji 3 buah dari masing-masing variasi penambahan genteng beton dengan serbuk kayu dan *fly ash*. Dari pengamatan atau hasil pengujian semua benda uji genteng beton di semua variasi yang sudah di buat mempunyai permukaan atas yang halus, tidak dapat retakan atau cacat lain yang mengakibatkan kegunaan genteng beton kurang maksimal. Untuk pengujian sifat tampak bisa dilihat pada Gambar 3.



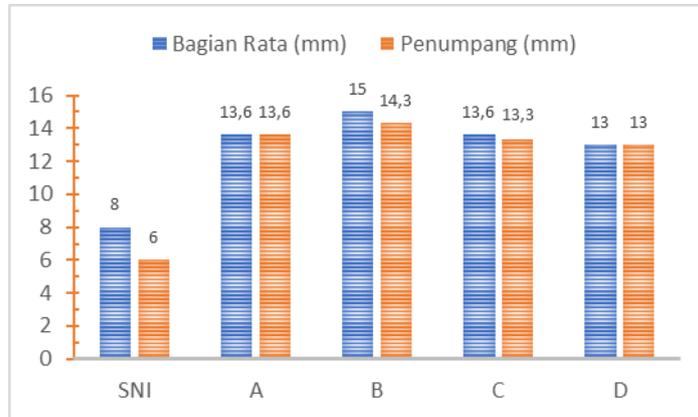
Gambar 3. Sifat tampak

Pengujian sifat tampak dilakukan dengan cara melihat secara visual. Untuk hasilnya tidak memiliki perbedaan antara sifat tampak genteng beton tanpa bahan tambah serbuk kayu dan *fly ash* dengan genteng beton yang ditambahkan serbuk kayu dan *fly ash* namun dalam segi warna terjadi perbedaan untuk genteng beton variasi A memiliki warna putih, variasi B memiliki warna agak kecoklatan, variasi C memiliki warna putih keabu-abuan dan variasi D memiliki warna putih kecoklatan keabu-abuan. Dalam penelitian ini sifat tampak di semua variasi yang sudah di buat mempunyai permukaan atas yang halus, tidak dapat retakan atau cacat lain yang mengakibatkan

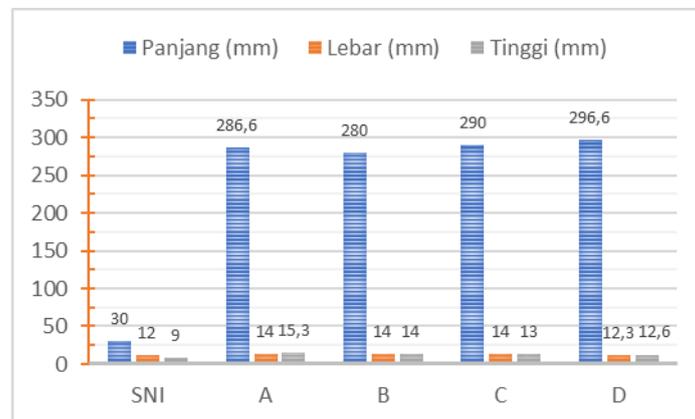
kegunaan genteng beton kurang maksimal sehingga pengujian sifat tampak pada genteng beton ini sudah memenuhi SNI 0096-2007.

3.2.2. Ukuran

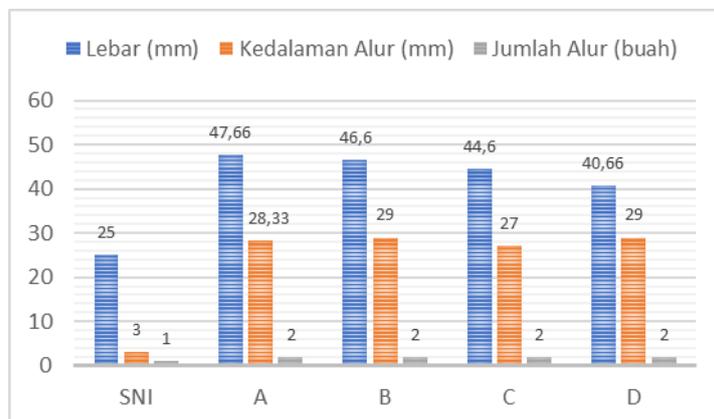
Dari hasil pengujian ukuran genteng beton dilakukan dengan jumlah benda uji 3 buah dari masing-masing variasi penambahan genteng beton dengan serbuk kayu dan *fly ash*. Untuk pengujian ukuran genteng beton bisa dilihat dari ketebalan, kaitan dan penumpangan. Dari pengukuran atau hasil pengujian ukuran genteng beton bisa dilihat pada gambar grafik dibawah ini. Untuk pengujian ukuran bisa dilihat pada Gambar 4, Gambar 5, Gambar 6.



Gambar 4. Grafik perbandingan tebal



Gambar 5. Grafik perbandingan kaitan



Gambar 6. Grafik perbandingan penumpangan

Gambar 4, Gambar 5, dan Gambar 6, bisa disimpulkan bahwa hasil yang diperoleh pada genteng beton di semua pengujian ukuran pada variasi A, B, C dan D menunjukkan bahwa ukuran sudah memenuhi batas minimal SNI 0096-2007. Dalam hal ini ukuran genteng beton tanpa bahan tambah

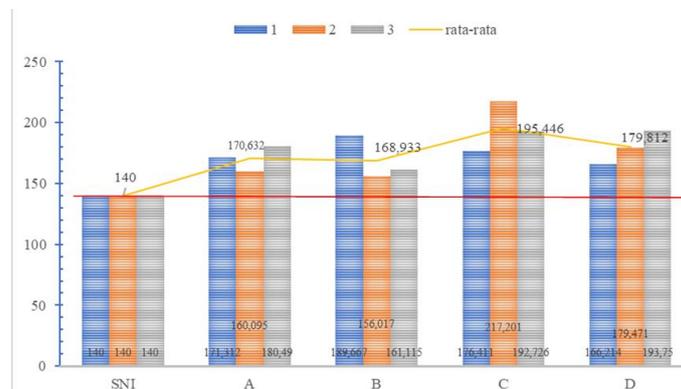
serbuk kayu dan *fly ash* dan genteng beton yang ditambahkan dengan serbuk kayu dan *fly ash* tidak mempunyai pengaruh yang signifikan, karena ukuran bergantung dengan cetakan yang digunakan.

3.2.3. Kerataan

Dari pengujian kerataan genteng beton dilakukan dengan jumlah benda uji 3 buah dari masing-masing variasi penambahan genteng beton dengan serbuk kayu dan *fly ash*. Kerataan dari genteng beton maksimal 3 mm dan tidak boleh lebih dari itu. Pengujian kerataan genteng beton ini dilakukan dengan meletakkan genteng beton dipermukaan yang rata dan dicek permukaan yang bawah menggunakan baja pipih dengan ukuran 3 mm. Pada genteng beton dengan penambahan serbuk kayu dan *fly ash* di semua variasi yang sudah di buat untuk kerataan dari genteng beton tidak lebih dari 3 mm sehingga sudah memenuhi SNI 0096-2007. Dalam hal ini ukuran genteng beton tanpa bahan tambah serbuk kayu dan *fly ash* dan genteng beton yang ditambahkan dengan serbuk kayu dan *fly ash* tidak mempunyai pengaruh yang berarti, karena kerataan bergantung dengan cetakan yang dipakai.

3.2.4. Beban lentur

Dari pengujian beban lentur genteng beton dilakukan pengujian dengan genteng pada umur 28 hari dengan jumlah benda uji 3 buah dari masing-masing variasi penambahan genteng beton dengan serbuk kayu dan *fly ash*. Untuk hasil dari pengujian beban lentur pada genteng beton bisa dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Grafik perbandingan kuat lentur

Pada gambar Gambar 7 hasil pengujian kuat lentur di semua variasi sesuai SNI 0096-2007 dan diperoleh nilai kuat lentur genteng beton tertinggi ada pada campuran variasi C (1PC ; 3 PS ; 25% FA terhadap berat semen) dengan nilai kuat lentur rata-rata sebesar 195,446 kg dan nilai kuat lentur terendah terjadi pada campuran B (1PC ; 3 PS ; 25% SK terhadap berat pasir) dengan nilai kuat lentur rata-rata sebesar 168,933 kg.

Nilai kuat lentur rata-rata genteng beton pada campuran variasi A (1PC ; 3 PS) adalah sebesar 170,63 kg. Kemudian pada campuran variasi B adalah sebesar 168,933 kg. Penambahan serbuk kayu pada genteng beton menjadi alasan terjadinya penurunan kuat lentur, karena serbuk kayu mempunyai berat jenis yang lebih rendah dari pasir (Anhadi, 2018). Sehingga dapat mempengaruhi berat genteng beton yang mengakibatkan terjadinya penurunan kuat lentur.

Berdasarkan grafik di atas di peroleh kuat lentur genteng beton dengan bahan tambah *fly ash* pada variasi campuran C dengan nilai kuat lentur rata-rata sebesar 195,446 kg. Hal tersebut karena *fly ash* mempunyai butiran yang sangat halus, dengan butiran yang halus *fly ash* dapat mengisi rongga terkecil atau pori yang ada pada genteng beton akibat adanya penambahan serbuk kayu (Anhadi, 2018). Sehingga dengan adanya penambahan *fly ash* mengakibatkan genteng beton lebih padat yang dapat mempengaruhi terjadinya peningkatan kuat lentur pada genteng beton.

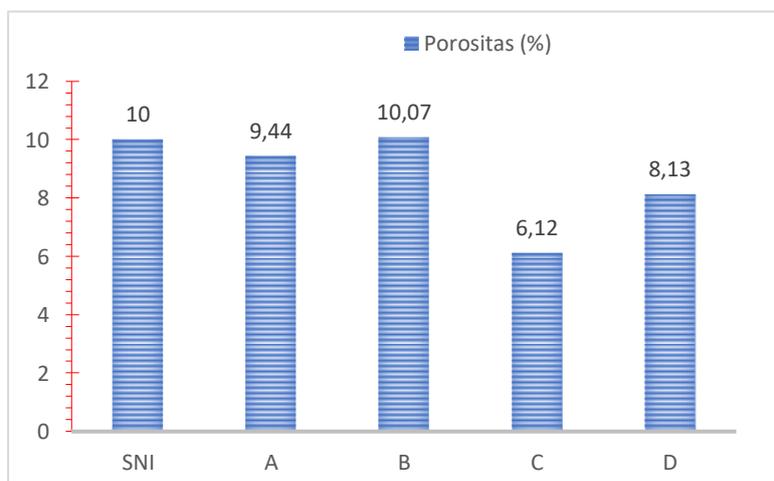
Meskipun pada variasi B nilai kuat lentur mengalami penurunan. Namun serbuk kayu memiliki daya ikat terhadap campuran beton sebab terdapat senyawa hemiselulosa, selulosa dan lignin (Anhadi, 2018). Sehingga memudahkan dalam pengerjaan genteng beton dikarenakan tidak terjadi pemisahan butiran campuran beton. Oleh karena itu, digunakan *fly ash* sebagai bahan tambah pada

genteng beton serbuk kayu. Sehingga nilai kuat lentur genteng beton variasi D (1PC ; 3 PS ; 25% SK terhadap berat pasir ; 25% FA terhadap semen) memiliki nilai rata-rata sebesar 179,812 kg. Hasil campuran variasi D ini mengalami peningkatan dari campuran variasi B namun masih di bawah campuran variasi C dikarenakan adanya penambahan serbuk kayu di campuran variasi D. Meskipun genteng beton campuran variasi D kuat lenturnya di bawah genteng beton campuran variasi C tetapi genteng beton variasi campuran D lebih baik daripada genteng beton tanpa tambahan serbuk kayu dan *fly ash* dan lebih ramah lingkungan di karenakan memanfaatkan lebih dari 1 limbah dan masih tetap memenuhi SNI 0096-2007. Sehingga bisa disimpulkan bahwa dalam pemanfaatan limbah tidak hanya 1 namun bisa lebih dari 1 agar terjadi pemanfaatan limbah yang berkelanjutan.

Dari hasil nilai kuat lentur dilakukan perhitungan karakteristik nilai beban lentur. Dalam perhitungan karakteristik beban lentur digunakan standard deviasi (sd), jumlah benda uji (n) tidak dikurangi 1, ini disebabkan karena pengujian kuat lentur menggunakan 3 benda uji dimana jika n-1 digunakan apabila jumlah benda uji minimal 10 buah. Dari perhitungan di setiap variasi didapatkan nilai karakteristik beban lentur, pada variasi A sebesar 1569,539 N, variasi B sebesar 1446,476 N, variasi C sebesar 1679,544 N dan variasi D sebesar 1613,717 N. Hasil tersebut menunjukkan bahwa di semua variasi sudah memenuhi SNI 0096-2007 yaitu untuk genteng beton dengan tinggi profil $20 \geq t \geq 5$ dan lebar penutup ≥ 300 harus memenuhi dengan nilai minimal 1400 N.

3.2.5. Penyerapan air

Dari pengujian penyerapan air (*porositas*) pada genteng beton dilakukan pada umur 28 hari dengan jumlah benda uji 3 buah dari masing-masing variasi penambahan genteng beton dengan serbuk kayu dan *fly ash*. Untuk hasil dari pengujian penyerapan air (*porositas*) pada genteng beton bisa dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Grafik penyerapan air

Pada Gambar 8 dapat dilihat bahwa hasil dari pengujian penyerapan air (*porositas*) menunjukkan bahwa hanya campuran variasi B (1PC ; 3 PS ; 25% SK terhadap berat pasir) yang tidak sesuai SNI 0096-2007 dikarenakan terjadi nilai penyerapan air genteng beton tertinggi dengan nilai penyerapan air rata-rata sebesar 10,07 % dan nilai penyerapan air terendah terjadi pada campuran C (1PC ; 3 PS ; 25% FA terhadap berat semen) dengan nilai penyerapan air rata-rata sebesar 6,12 %.

Nilai penyerapan air rata-rata pada campuran variasi A (1PC ; 3 PS) adalah sebesar 9,44%. Kemudian pada campuran variasi B (1PC ; 3 PS ; 25% SK terhadap berat pasir) adalah sebesar 10,07 %. Penambahan serbuk kayu pada genteng beton menjadi alasan dikarenakan serbuk kayu mudah menyerap air (Anhadi, 2018). Sehingga terjadi peningkatan nilai penyerapan air ketika genteng beton ditambahkan serbuk kayu.

Berdasarkan grafik di atas di peroleh kuat lentur genteng beton dengan bahan tambah fly ash pada variasi campuran C dengan nilai penyerapan air sebesar 6,12%. Hal tersebut karena fly ash memiliki sifat fisika yang mempunyai butiran lebih halus dari semen yang menambah internal kohesi yang menyebabkan daerah terkecil dalam beton di isi oleh fly ash (Fatimah dan zikir, 2023). Sehingga

air sulit untuk masuk di karenakan adanya penambahan fly ash pada genteng beton. Meskipun pada variasi B nilai penyerapan air mengalami penurunan. Namun serbuk kayu memiliki daya ikat terhadap campuran beton sebab terdapat senyawa hemiselulosa, selulosa dan lignin (Anhadi, 2018). Sehingga memudahkan dalam pengerjaan genteng beton dikarenakan tidak terjadi pemisahan butiran campuran beton. Oleh karena itu, digunakan fly ash sebagai bahan tambah pada genteng beton serbuk kayu. Sehingga nilai penyerapan air genteng beton campuran variasi D (1PC ; 3 PS ; 25% SK terhadap berat pasir ; 25% FA terhadap semen) memiliki nilai rata-rata sebesar 8,13%. Hasil campuran variasi D ini mengalami penurunan dari campuran variasi B namun masih lebih tinggi dibanding campuran variasi C dikarenakan adanya penambahan serbuk kayu yang menyebabkan nilai penyerapan air meningkat, tetapi nilai tingkat penyerapan air masih berada dibawah batas maksimum SNI 0096-2007.

3.2.6. Rembesan air

Dari pengujian rembesan air (*Impermeabilitas*) pada genteng beton dilakukan pada umur 28 hari dengan jumlah benda uji 3 buah dari masing-masing variasi penambahan genteng beton dengan serbuk kayu dan *fly ash*. Untuk hasil dari pengujian rembesan air (*Impermeabilitas*) pada genteng beton bisa dilihat pada Tabel 2.

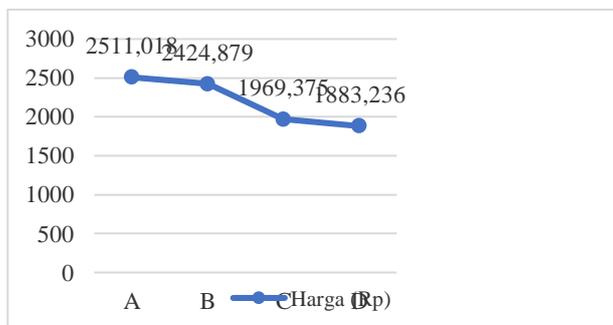
Tabel 2. Rembesan air

Sampel	Benda uji	Hasil
A	A1	Tidak terjadi tetesan air
	A2	Tidak terjadi tetesan air
	A3	Tidak terjadi tetesan air
B	B1	Tidak terjadi tetesan air
	B2	Tidak terjadi tetesan air
	B3	Tidak terjadi tetesan air
C	C1	Tidak terjadi tetesan air
	C2	Tidak terjadi tetesan air
	C3	Tidak terjadi tetesan air
D	D1	Tidak terjadi tetesan air
	D2	Tidak terjadi tetesan air
	D3	Tidak terjadi tetesan air

Dari Tabel 2 bisa disimpulkan bahwa hasil dalam penelitian ini alam pengujian rembesan air (*impermeabilitas*) ini dilakukan selama 20 jam \pm 5 menit, dengan jumlah benda uji 3 buah di setiap variasi penambahan serbuk kayu dan *fly ash*. Dari pengujian menunjukan bahwa masing-masing dari 3 buah setiap variasi mempunyai hasil tidak terjadi tetesan air akibat rembesan sehingga dari 4 variasi penambahan serbuk kayu dan *fly ash* memenuhi SNI 0096-2007.

3.3. Analisis perbandingan biaya material

Berikut adalah perbandingan biaya material genteng beton konvensional dengan genteng beton dengan menambahkan bahan serbuk kayu dan juga *fly ash*. Dengan perbandingan seperti pada Gambar 9.



Gambar 9. Grafik analisis perbandingan biaya material

Dalam analisis perbandingan biaya pada Gambar 9 mengenai genteng beton dengan substitusi serbuk kayu terhadap pasir dimana harga genteng beton campuran normal memiliki harga Rp 2.511,018.-. Pada variasi B dengan substitusi serbuk kayu terhadap pasir menyebabkan adanya selisih harga sebesar Rp 86,139,- dengan genteng beton variasi A. Hal ini dikarenakan substitusi serbuk kayu menyebabkan adanya pengurangan volume pasir yang mana mempengaruhi harga genteng beton variasi B. Namun selisih tersebut terbilang kecil dibandingkan dengan selisih antara variasi A dan variasi C dengan substitusi *fly-ash* terhadap semen yang memiliki selisih sebesar Rp 541,643.- dimana hal tersebut dikarenakan harga satuan semen per kilo dengan Rp 1.425,00 dibanding harga pasir per kilo dengan Rp 170.-. Sedangkan pada variasi D memiliki selisih harga yang paling tinggi dikarenakan adanya substitusi bahan serbuk kayu terhadap pasir dan substitusi *fly-ash* terhadap bahan penyusun semen yang mengakibatkan biaya menjadi turun dengan selisih sebesar Rp 627.692,-. Namun dengan harga yang lebih murah tersebut bukan berarti kualitas menjadi turun. Bisa dilihat dan disimpulkan bahwa genteng dengan penambahan serbuk kayu dan *fly ash* memiliki kualitas yang baik daripada genteng beton tanpa bahan tambah serbuk kayu dan *fly ash* ini bisa dilihat dari kuat lentur yang bertambah ketika ditambahkan serbuk kayu dan *fly ash* dan penyerapan air (*porositas*) juga lebih baik dengan terjadi penurunan.

4. Kesimpulan

Berdasarkan uraian hasil penelitian dan pembahasan, maka bisa di tarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil pengujian sifat tampak pada genteng beton di setiap variasi tidak mempengaruhi sifat tampak genteng beton pada umumnya. Semua variasi telah memnuhi persyaratan sesuai SNI 0096-2007. Akan tetapi terjadi perbedaan warna disetiap variasi
2. Hasil pengujian pengukuran pada genteng beton di setiap variasi menunjukkan bahwa telah memenuhi SNI 0096-2007 yang mana ukuran lebih dari batas minimum.
3. Pengujian kerataan pada genteng beton di setiap variasi menunjukkan bahwa semua variasi sudah memenuhi SNI 0096-2007 yaitu tidak lebih dari 3 mm
4. Hasil beban lentur menunjukkan bahwa penambahan serbuk kayu dapat menurunkan nilai beban lentur dan penambahan *fly ash* dapat meningkatkan nilai beban lentur. Hal ini bisa dilihat dengan campuran variasi B dengan ditambahkan serbuk kayu mengalami penurunan dan campuran variasi C dengan ditambahkan *fly ash* mengalami peningkatan. Namun ketika serbuk kayu dicampur dengan *fly ash* terjadi peningkatan ini bisa dilihat dari campuran variasi D dan campuran variasi D ini lebih baik daripada campuran variasi A yang tidak ditambahkan serbuk kayu dan *fly ash*. Namun campuran variasi D kuat lentur masih dibawah campuran variasi C tetapi campuran variasi D lebih ekonomis daripada campuran variasi C dan masih memenuhi SNI 0096-2007.
5. Dari hasil pengujian penyerapan air (*porositas*) menunjukkan bahwa penambahan serbuk kayu dapat meningkatkan nilai penyerapan air dan penambahan *fly ash* dapat menurunkan nilai penyerapan air. Hal ini bisa dilihat dengan campuran variasi B dengan ditambahkan serbuk kayu mengalami peningkatan dan campuran variasi C dengan ditambahkan *fly ash* mengalami penurunan. Namun ketika serbuk kayu dicampur dengan *fly ash* terjadi penurunan ini bisa dilihat dari campuran variasi D dan campuran variasi D ini lebih baik daripada campuran variasi A yang tidak ditambahkan serbuk kayu dan *fly ash*. Namun campuran variasi D penyerapan air masih

diatas campuran variasi C tetapi campuran variasi D lebih ekonomis daripada campuran variasi C dan masih memenuhi SNI 0096-2007. Sehingga hanya campuran variasi B (1PC ; 3 PS ; 25% SK terhadap berat pasir) yang tidak sesuai SNI 0096-2007 dikarenakan lebih dari 10% akibat penambahan serbuk kayu.

6. Hasil pengujian rembesan air (*impermeabilitas*) pada genteng beton di setiap variasi tidak terjadi tetesan bahkan tidak terjadi rembesan sehingga dalam pengujian rembesan air (*impermeabilitas*) di setiap variasi sudah memnuhi SNI 0096-2007
7. Perbandingan biaya pada pembuatan 1 genteng beton didapatkan biaya yang paling murah terdapat pada genteng beton campuran variasi D dengan total biaya Rp.1.883,236,- Ini dikarenakan adanya faktor penambahan limbah dan pengurangan bahan penyusun seperti semen dan pasir yang mengakibatkan biaya menjadi turun.

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

- Cici Kusuma D. (2020). *Pemanfaatan Abu Sekam Padi dan Abu Ampas Tebu Sebagai Bahan Tambah Dalam Pembuatan Genteng Beton Ramah Lingkungan*. Surabaya: Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya.
- Edy Hermanto, Dkk. (2017). *Pemanfaatan Limbah Styrofoam Dan Serat Sabut Kelapa Sebagai Bahan Tambah Genteng Beton*. Medan: Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik. Universitas Medan Area, Indonesia.
- Febriesa Tri Nugroho, Dkk. (2017). *Pembuatan Genteng Beton Berkonsep Eco-Friendly Materials*. Surakarta: Mahasiswa, Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Dedi Irawan, Dkk. (2012). *Tinjauan Kualitas Genteng Beton Sebagai Penutup Atap Dengan Bahan Tambah Serbuk Gergaji Kayu Akasia*. Mahasiswa Surakarta, Universitas Muhammadiyah.
- Nurul Aini, P. D. (2021). *Pengaruh Penggunaan Serbuk Kayu Sebagai Bahan Substitusi Agregat Halus Dalam Campuran Beton dengan Bahan Tambah Superplasticizer*. 169-178. Garut: Mahasiswa, Institut Teknologi Garut.
- Setiawati. (2018). *Fly Ash Sebagai Bahan Pengganti Semen Pada Beton*. 1-8. Jakarta, Mahasiswa, Universitas Muhammadiyah Jakarta.
- Umar, U. H. (2019). *Analisis Kuat Tekan Beton dengan Serbuk Kayu Jati*. 20-25. Batam, Mahasiswa, Universitas Internasional Batam
- Zacoeb, A, Dkk. (2013). *Pemanfaatan Bottom Ash Sebagai Pengganti Semen Pada Genteng Beton Ditinjau Dari Segi Kuat Lentur dan Perembesan*. 81-87. Malang, Mahasiswa, Universitas Brawijaya
- Supatmi. (2011). *Analisis Kualitas Genteng Beton dengan Bahan Tambah Serat Ijuk dan Pengurangan Pasir*. Yogyakarta, Mahasiswa, Universitas Negeri Yogyakarta
- Sulistiyono. (2014). *Pengaruh Penambahan Serat Ijuk Sebagai Bahan Dalam Pembuatan Genteng Beton*. Semarang, Mahasiswa, Universitas Negeri Semarang
- Bandung aksara. (2021). *Pemanfaatan Limbah Ampas Tebu (Bagasse) Sebagai Substitusi Campuran Agregat Halus Pada Genteng Beton Analisi*. Semarang, Mahasiswa, Universitas Semarang



Evaluasi jalur evakuasi bencana kebakaran pada vihara prajna chan

Muniifah Zahraani Setio Setoto ^{a*}, Previari Umi Pramesti^b

^{a*, b} Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia

ARTICLE INFO

Corresponding author:

Email:

muniifahzhr@students.undip.ac.id

Article history:

Received : 28 May 2023

Revised : 11 June 2023

Accepted : 14 June 2023

Publish : 21 June 2023

Keywords:

vihara, sarana jalur evakuasi, kebakaran

ABSTRACT

Vihara is a public building that is used to serve the needs of the general public as a meeting building for worship. Religious buildings must have comfort and security in every situation that can protect the facilities and visitors inside, including in terms of fire disaster rescue. At the Prajna Chan Vihara, fire evacuation routes are still not fully fulfilled. Therefore, it is necessary to carry out an evaluation to determine the effectiveness of its use in accordance with the requirements of Minister of Public Works no. 26 of 2008, SNI 03-1735-2000, SNI 03-1746-2000, and SNI 03-6574-2001. The purpose of this study was to determine the suitability of the effectiveness of the fire evacuation route in accordance with applicable standards and regulations and to become a more optimal design solution for the monastery circulation area during the fire evacuation process. Quantitative descriptive method is used as a research method where this method is carried out in several stages, such as through the analysis of each component part based on existing standards and regulations. Quantitative data was obtained through the process of studying literature, understanding working drawings, and observing data collection at locations. In general, the results showed that the level of eligibility for fire evacuation at the Prajna Chan Temple only obtained 32% of the 88 requirements. Fulfillment of evacuation routes needs to be reviewed to optimize comfort, safety, and smooth evacuation process as a mitigation effort at Prajna Chan Temple when a fire occurs.

Copyright © 2023 PILARS-UNDIP

1. Pendahuluan

Menurut (Presiden Republik Indonesia, 2008), Indonesia menetapkan enam agama yang sah, yaitu Islam, Kristen Protestan, Katolik, Hindu, Buddha, dan Kong Hu Cu. Agama Buddha merupakan agama minoritas di Indonesia dengan jumlah umat sebanyak 1.703.254 atau sekitar 0,72% dari total penduduk Indonesia pada tahun 2010. Agama Buddha datang dan menyebar ke Indonesia pertama kali pada tahun ke-6 Masehi dengan proses penyebaran agamanya melalui sistem perdagangan laut. Dahulu, kerajaan-kerajaan di Indonesia banyak yang menganut agama Buddha, seperti kerajaan Majapahit dan Sriwijaya. Meski merupakan agama minoritas di Indonesia, namun pemenuhan tempat ibadah atau vihara Buddha di setiap provinsi, khususnya di provinsi DKI Jakarta harus tercukupi.

Vihara adalah sebuah bangunan yang digunakan sebagai tempat ibadah umat Buddha, sebagai biara Buddha, atau tempat pertemuan para biksu Buddha. Secara Bahasa, yaitu Bahasa Pali (bahasa India kuno) kata vihara dapat diartikan sebagai tempat tinggal atau tempat melakukan puja bhakti menurut (Giriputra, 1994:2) dalam (Wagito, 2017) Bangunan vihara berbentuk kompleks dengan banyak ruang sebagai tempat ibadah sesuai bangunan vihara berbentuk kompleks dengan banyak ruang sebagai tempat ibadah sesuai dengan fungsinya masing-masing. Ruang tersebut terdiri dari *Dhammasala*, *Uposathagara*, *Kuthi*, dan *Bhavana Sabha*. Vihara adalah bangunan umum bersifat publik yang digunakan oleh masyarakat sebagai tempat pertemuan untuk beribadah. Sebagai fasilitas

umum, vihara harus memberikan kenyamanan dan keamanan dalam segala situasi yang dapat melindungi fasilitas dan pengunjung yang ada di dalamnya, dalam hal penyelamatan dari bencana, termasuk bahaya kebakaran.

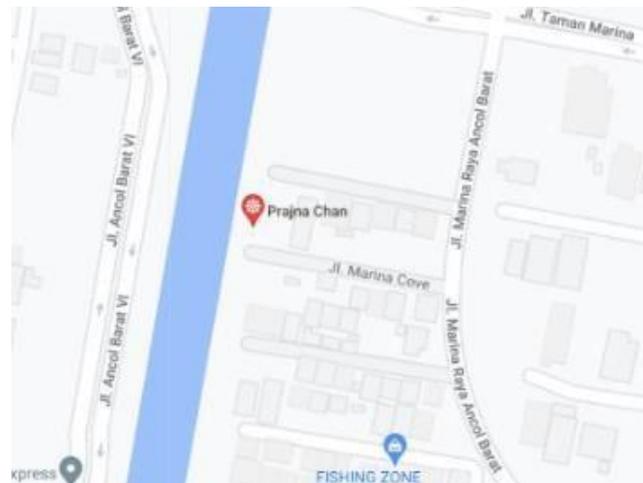
Vihara Prajna Chan menjadi salah satu vihara terpilih yang berada di Provinsi DKI Jakarta sebagai objek penelitian dengan tujuan untuk mengetahui keefektifan akses dan sirkulasi evakuasi jalur bahaya kebakaran, mengetahui bagaimana evaluasi jalur evakuasi yang sesuai dengan syarat dan peraturan yang berlaku tentang Persyaratan Teknis Sistem Proteksi Kebakaran pada Bangunan Gedung dan Lingkungan, serta mengetahui fasilitas dan sarana apa saja yang perlu diperhatikan untuk mengoptimalkan proses evakuasi bencana kebakaran.

Hasil yang diharapkan adalah evakuasi dan evaluasi bencana kebakaran Vihara Prajna Chan dapat menawarkan suatu opsi untuk perbaikan sebagai solusi desain sirkulasi vihara. Mengoptimalkan masukan untuk memastikan operasional berjalan lancar sehingga dapat menjaga keselamatan pengunjung, kenyamanan, dan melindungi penghuni bangunan selama proses evakuasi bencana, khususnya bencana kebakaran.

2. Data dan metode

2.1. Data objek penelitian

Lokasi penelitian yaitu pada sebuah vihara yang bernama Vihara Prajna Chan berlokasi di Jl. Marina Cove 2, Blok C, No.1, Kel. Ancol Barat, Kec. Pademangan, Kota Jakarta Utara, DKI Jakarta (**Gambar 1**). Batas-Batas tapak Vihara Prajna Chan terbagi menjadi 4, yaitu pada sisi utara bangunan berbatasan dengan Sungai Ancol Utara, sisi selatan berbatasan langsung dengan perumahan tetangga, sisi timur berbatasan dengan Jalan Marina Cove 2, dan terakhir pada sisi barat berbatasan langsung dengan Jalan Marina Cove 1.



Gambar 1. Lokasi vihara prajna chan (*Google Maps*)

2.2. Metode penelitian

Metode deskriptif kuantitatif digunakan sebagai metode penelitian dimana metode ini dilakukan dengan beberapa tahapan, seperti melalui analisis setiap bagian konstruksi berdasarkan teori-teori konstruksi yang ada. Data kuantitatif dikumpulkan melalui studi pustaka, observasi ke lokasi objek penelitian, memahami gambar kerja, dan studi analisis. Kemudian, hasil studi pustaka tersebut dibandingkan dengan hasil observasi lapangan berdasarkan ketentuan dan peraturan yang dipakai. Setelah analisis, dapat ditarik kesimpulan tentang bagaimana menangani evaluasi jalur evakuasi Vihara Prajna Chan jika terjadi bencana kebakaran.

Sumber data yang digunakan dalam penelitian Evaluasi Jalur Evakuasi Bencana Kebakaran Vihara Prajna Chan ini berasal dari studi literatur buku pedoman kebakaran, Peraturan Menteri PU, Standar Nasional Indonesia, makalah, penelitian terdahulu, dan jurnal lainnya. Studi literatur yang digunakan ialah mengumpulkan data, meneliti kesesuaian penelitian, memahami isi dari buku

pedoman Standar Nasional Indonesia tentang sistem proteksi kebakaran pada bangunan gedung dan lingkungan, jurnal, makalah, dan sumber referensi lainnya yang relevan dengan topik evaluasi jalur evakuasi bahaya kebakaran guna menunjang proses penelitian.

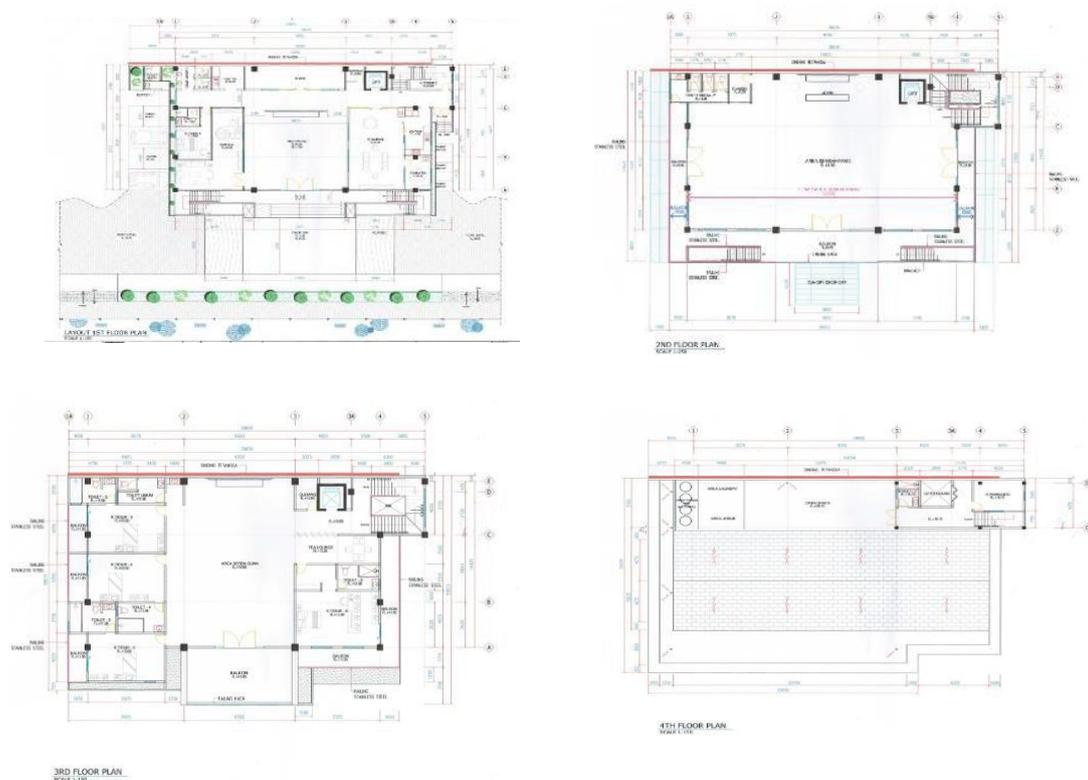
Berbagai komponen jalur evakuasi pada Vihara Prajna Chan yang diamati tersebut kemudian akan diidentifikasi keadaannya untuk dideskripsikan sesuai dengan kondisi di lapangan, seperti letak, jumlah, ukuran, jarak, dan ketentuan lainnya yang sesuai dengan peraturan-peraturan yang berlaku, seperti Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 26/PRT/M/2008, SNI-03-1735-2000, SNI-03-1746-2000, SNI 03-6574-2001, dan tinjauan pustaka lainnya seperti Buku Ilmu Fisika Bangunan karangan Heinz Frick pada tahun 2008 dan Buku Panduan Sistem Bangunan Tinggi karangan Jimmy Juwana pada tahun 2005.

2.3. Metode pengumpulan data

Metodologi penelitian yang digunakan merupakan metode deskriptif, yaitu memaparkan dan menguraikan data kualitatif secara jelas dan terperinci. Data-data diperoleh dengan menggunakan metode sebagai berikut.

2.3.1. Pengumpulan data bangunan gedung

Pengumpulan data bangunan gedung yang akan dievaluasi sebagai bahan penelitian meliputi pengumpulan data dan gambar kerja atau DED yang diperoleh dari pihak konsultan. Kumpulan data dari kontraktor PT. Alam Dunia Engineering and Construction dapat digunakan sebagai acuan untuk menyusun laporan seminar riset terapan. Salah satu contoh gambar kerja Vihara Prajna Chan dapat dilihat pada **Gambar 2**. dimana terdapat denah lantai satu hingga lantai empat bangunan vihara.



Gambar 2. Gambar kerja vihara prajna chan (Kontraktor PT. ADEC)

2.3.2. Pengumpulan data melalui kajian Pustaka

Pengumpulan data dan teori yang dipakai berdasarkan proses literasi Peraturan Pemerintah, Peraturan Menteri, Buku Pedoman SNI Dinas Kebakaran (Perlindungan Terhadap Bahaya Kebakaran

pada Bangunan Gedung), jurnal, makalah, buku, serta sumber referensi lainnya yang relevan dengan topik.

2.3.3. Observasi ke lokasi survei

Teknik observasi dilakukan untuk mengumpulkan informasi pendukung yang ada di lokasi dan mendapatkan kesimpulan terhadap objek diamati serta dapat menggambarkan objek dan segala sesuatu yang berhubungan dengan objek penelitian melalui pengamatan dengan panca indera. Pada **Gambar 3** terdapat salah satu kegiatan observasi, yaitu mendokumentasikan exterior bangunan vihara menggunakan *camera drone*.



Gambar 3. Dokumentasi objek penelitian (Kontraktor PT. ADEC)

2.3.4. Analisis data kesesuaian hasil observasi

Proses Analisa data dilihat dari berbagai komponen yang dijadikan objek penelitian, yaitu aspek sarana evakuasi, sarana eksisting, standar sarana penyelamatan evakuasi kebakaran, persyaratan teknis evakuasi bencana kebakaran, dan perlengkapan penunjang penyelamatan bencana kebakaran sesuai dengan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 26/PRT/M/2008, SNI-03-1735-2000, SNI-03-1746-2000, SNI 03-6574-2001, dan tinjauan pustaka lainnya.

3. Hasil dan pembahasan

Vihara Prajna Chan resmi didirikan pada tahun 2021 bulan November di bawah kontraktor PT. Alam Dunia Engineering and Construction. Vihara ini memiliki ketinggian 20,25 m dengan 4 lantai utama, dimana lantai pertama digunakan sebagai ruang cafeteria, ruang kerja, ruang pengurus Yayasan, ruang rapat, gudang, dan resepsionis. Pada lantai dua merupakan ruang utama dari peribadatan yang luas serta ruang audio. Pada lantai ketiga terdapat kamar tempat tinggal bagi Bikku/Bikkhuni atau Samanera/Samaneri dan ruang meditasi atau pentasbihan. Pada lantai paling atas, terdapat ruang mesin lift, *open space* yang difungsikan untuk menjemur pakaian, dan tempat tinggal untuk pembantu vihara.

Komponen jalur evakuasi yang akan diteliti pada Vihara Prajna Chan meliputi, Tanda Arah Eksit, Akses Eksit, Lif, Penerangan Darurat, Sistem Peringatan Bahaya, Sistem Daya Darurat, Tangga Darurat, Pintu Darurat, dan komponen sarana lainnya. Berikut ini merupakan poin penting dan ilustrasi dari ketentuan sarana jalur evakuasi bencana kebakaran sesuai dengan peraturan yang telah disebutkan.

3.1. Hasil sarana jalur evakuasi kebakaran

3.1.1. Tanda arah eksit

Vihara Prajna Chan sama sekali tidak memiliki tanda arah EXIT untuk mempermudah proses evakuasi bencana kebakaran, sehingga perlu ditinjau lagi untuk membantu penghuni, tamu, dan pemadam kebakaran saat mengevakuasi dalam bencana kebakaran tersebut. Tanda Arah merupakan

hal penting untuk mempermudah penghuni yang berada di dalam bangunan cepat keluar menyelamatkan diri ke titik kumpul yang aman. Pemberian *exit instruction* bertujuan untuk memberikan arah atau petunjuk yang jelas tentang cara keluar dan alur menuju jalan keluar (Sunarno, 2010). **Tabel 1** memperlihatkan hasil observasi dari komponen tanda arah eksit yang mendapatkan tingkat kelayakan sebesar 0% karena belum memenuhi peraturan yang berlaku.

Tabel 1. Evaluasi sarana jalur evakuasi
(SNI-03-1735-2000, 2000; SNI 03-6574-2001, 2001)

Objek Observasi	Peraturan	Ketentuan	Hasil Observasi	Keterangan
Tanda Arah Eksit	SNI 03-1735-2000	Menempelkan papan tanda penunjuk arah pada pintu dengan kata "EKSIT" dan berwarna putih	Tidak memiliki tanda arah eksit	Belum Memenuhi Standar
		Tulisan pada papan menggunakan huruf besar dengan tinggi papan minimal 25 mm	Tidak memiliki tanda arah eksit	Belum Memenuhi Standar
		Tinggi tulisan "EKSIT" minimal 15 cm, tebal huruf 2 cm, dan lebar huruf 5 cm	Tidak memiliki tanda arah eksit	Belum Memenuhi Standar
		Ditempel pada sarana jalan ke luar supaya mudah terlihat saat evakuasi	Tidak memiliki tanda arah eksit	Belum Memenuhi Standar
		Pada setiap pintu menuju tangga dipasang tanda arah di atas gagang pintu setinggi 150 cm dari permukaan lantai terhadap garis tengah tanda arah	Tidak memiliki tanda arah eksit	Belum Memenuhi Standar
		SNI 03-6574-2001	Papan tanda arah harus di cat dengan warna khusus, kontras, dan diberikan pencahayaan	Tidak memiliki tanda arah eksit

3.1.2. Akses eksit

Sebanyak 64% tingkat kelayakan akses exit yang dimiliki Vihara Prajna Chan sudah memenuhi standar. Bangunan ini memiliki bukaan akses sebanyak 7 buah. Pada lantai satu terdapat 2 buah bukaan akses pada sisi depan dan samping. Pada lantai dua terdapat 3 buah bukaan akses pada sisi depan, kanan, dan kiri bangunan. Pada lantai 3 dan 4 hanya memiliki 1 buah akses bukaan. Pintu terbuat dari material kayu suren dengan ukuran 3x1,6 m, namun tidak dilengkapi dengan kaca tahan api. Pada jalur akses eksit tidak terdapat tanda penunjuk arah dan evakuasi untuk pemadam kebakaran. Akses eksit yang ada pada lantai dasar memiliki bukaan 1,2 m, panjang koridor menuju arah eksit yaitu 7 m, lebar koridor 2,5 m, dan langit-langit koridor setinggi 4 m. Koridor dan jalur ke luar bebas dari penumpukan barang dandekorasi interior mayoritas terbuat dari aluminium sehingga tidak mudah terbakar dan tidak menghalangi proses evakuasi bencana kebakaran. **Tabel 2** memperlihatkan hasil observasi dari komponen akses eksit yang mendapatkan tingkat kelayakan sebesar 33%.

Tabel 2. Evaluasi akses eksit

(SNI-03-1735-2000, 2000; SNI 03-1746-2000, 2000)

Objek Observasi	Peraturan	Ketentuan	Hasil Observasi	Keterangan
Bukaan Akses	SNI 03-1735-2000	Ukuran bukaan akses petugas pemadam kebakaran tidak boleh kurang dari 85 cm lebar dan 100 cm tinggi	Ukuran bukaan akses petugas pemadam kebakaran yaitu lebar 160 cm dan tinggi 300 cm	Memenuhi Standar
		Bukaan akses pemadam memiliki tanda segitiga merah	Tidak memiliki tanda segitiga merah	Belum Memenuhi Standar
		Memiliki akses bukaan untuk pemadam minimal 2 di setiap lantai	Pada lantai 1 dan 2 memiliki akses bukaan 2 buah pintu, namun pada lantai 3 dan 4 hanya memiliki 1 buah pintu	Belum Memenuhi Standar
		Ukuran bukaan akses petugas pemadam kebakaran tidak boleh kurang dari 85 cm lebar dan 100 cm tinggi	Ukuran bukaan akses petugas pemadam kebakaran yaitu lebar 160 cm dan tinggi 300 cm	Belum Memenuhi Standar
		Bukaan akses pemadam memiliki tanda segitiga merah	Tidak memiliki tanda arah eksit	Belum Memenuhi Standar
Jalur Akses Eksit	SNI 03-1735-2000	Memiliki perkerasan jalan untuk mobil pemadam	Memiliki perkerasan jalan untuk mobil pemadam	Memenuhi Standar
		Memiliki lebar perkerasan 6m dan panjang 15 m	Memiliki lebar perkerasan 6,3 m dan panjang 26 m	Memenuhi Standar
Bukaan Akses	SNI 03-1735-2000	Tinggi ruangan minimal 2,3 m	Tinggi ruangan 4 m	Memenuhi Standar
		Lebar sarana jalan ke luar bersih minimal 1,8 m	Lebar sarana jalan ke luar 2,5 m	Memenuhi Standar
		Sarana jalan ke luar dilengkapi dengan tanda penunjuk arah ke pintu darurat	Tidak memiliki tanda penunjuk arah	Belum Memenuhi Standar
		Jarak dari lantai dasar ke mezanin minimal 2,2 m	Jarak dari lantai dasar ke mezanin 4,148 m	Memenuhi Standar
		Panjang sarana jalan ke luar menuju arah pintu darurat tidak lebih dari 25 m.	Panjang sarana jalan ke luar menuju arah pintu darurat 7 m	Memenuhi Standar
		Sarana jalan ke luar dilengkapi dengan sprinkler	Tidak memiliki sprinkler pada sarana jalan keluar	Memenuhi Standar

Akses Eksit	SNI 03-1746-2000	Akses ke luar tidak boleh kurang dari 91 cm	Akses ke luar 1,2 m	Memenuhi Standar
		Tidak memiliki dekorasi atau benda lain yang diletakkan sepanjang jalur eksit	Bebas dari dekorasi atau benda lain yang menghalangi jalur eksit	Memenuhi Standar
		Cermin tidak boleh dipasang pada jalur akses eksit	Tidak ada cermin pada jalur akses eksit	Memenuhi Standar
Koridor	SNI 03-1735-2000	Koridor berakhir pada pintu darurat kebakaran dengan tanda atau petunjuk penyelamatan	Tidak memiliki tanda arah eksit	Belum Memenuhi Standar
		Kapasitas koridor tidak lebih kecil daripada kapasitas eksit	Tidak memiliki tanda arah eksit	Belum Memenuhi Standar
		Koridor harus bebas dari penimbunan barang	Tidak memiliki tanda arah eksit	Memenuhi Standar
		Lantai terbuat dari bahan yang tidak licin	Tidak memiliki tanda arah eksit	Belum Memenuhi Standar
		Interior koridor terbuat dari bahan yang tidak mudah terbakar atau memiliki ketahanan api selama 2 jam	Tidak memiliki tanda arah eksit	Memenuhi Standar
		Panjang minimum koridor 25 m	Panjang koridor 7 m	Memenuhi Standar
		Tinggi langit-langit koridor minimum 2,10 m	Tinggi langit-langit koridor 4m	Memenuhi Standar

3.1.3. Lift

Lif yang beroperasi sudah memenuhi standar dan sesuai dengan peraturan yang berlaku. Vihara ini memiliki satu lif yang dapat mengangkat paling banyak 8 orang, dengan sumber listrik yang sudah terproteksi dengan material tidak mudah terbakar, tidak ditempatkan pada daerah rawan kebakaran, serta peralatan, alat komunikasi, dan pendingin dapat terkontrol dengan baik. Sumber daya yang dipakai oleh lif dipasok oleh sumber daya normal dan cadangan. **Tabel 3** memperlihatkan hasil observasi dari komponen lif yang mendapatkan tingkat kelayakan sebesar 100%.

Tabel 3. Evaluasi Lif (SNI-03-1746-2000, 2000)

Objek Observasi	Peraturan	Ketentuan	Hasil Observasi	Keterangan
Lif	SNI 03-1746-2000	Bangunan publik kelas 9 minimal memiliki 1 buah lif	Bangunan hanya memiliki 1 buah tangga darurat	Memenuhi Standar
		Lif berkapasitas 8 orang	Lif dapat menampung 8 orang	Memenuhi Standar
		Lif tidak ditempatkan pada daerah rawan kebakaran	Lif tidak ditempatkan pada daerah rawan kebakaran	Memenuhi Standar
		Di dalam lif harus memiliki peralatan evakuasi, alat komunikasi, pendingin yang harus dipasok oleh sumber daya normal dan sumber daya cadangan	Di dalam lif memiliki peralatan evakuasi, alat komunikasi, pendingin yang dipasok oleh sumber daya normal dan sumber daya cadangan	Memenuhi Standar
		Sumber listrik yang ada di dalam lif harus terpro-teksi dengan baik dan berasal dari material tidak mudah terbakar	Sumber listrik yang ada di dalam lif sudah terproteksi dengan baik dan berasal dari material tidak mudah terbakar	Memenuhi Standar

3.1.4. Penerangan darurat

Penerangan Darurat menjadi komponen krusial yang wajib tersedia disetiap bangunan gedung. Namun, faktanya di lapangan 100% penerangan darurat yang dimiliki oleh vihara ini belum memenuhi standar. Vihara Prajna Chan sama sekali tidak memiliki penerangan maupun lampu darurat untuk evakuasi bencana kebakaran. Tidak ada satu pun penerangan darurat yang terhubung dengan instalasi sistem daya darurat maupun cadangan daya lainnya. Lampu darurat juga tidak dimiliki, sehingga saat mati listrik atau terjadi bencana kebakaran gedung akan mengalami kegelapan dan menyulitkan evakuasi. **Tabel 4** memperlihatkan hasil observasi dari komponen penerangan darurat sebesar 0% karena belum memenuhi peraturan yang berlaku.

Tabel 4. Evaluasi penerangan darurat

(Peraturan Menteri Pekerjaan Umum, 2008; SNI 03-6574-2001, 2001; SNI-03-1746-2000,2000)

Objek Observasi	Peraturan	Ketentuan	Hasil Observasi	Keterangan
Penerangan	Peraturan Menteri Pekerjaan Umum	Penerangan darurat harus pada suatu instalasi yang terpisah dari instalasi penerangan umum	Penerangan darurat tidak ada pada bangunan	Belum Memenuhi Standar
		Terhubung dengan sistem daya darurat apabila saklar utama mengalami gangguan	Tidak memiliki penerangan darurat	Belum Memenuhi Standar

Lampu Darurat	SNI 03-6574-2000	Disediakan pada sarana jalan ke luar, seperti jalan lintas, ruangan luas lebih dari 300 m, koridor, dan ruang terbuka	Tidak memiliki penerangan darurat	Belum Memenuhi Standar	
		Penerangan darurat harus selalu menyala selama penghuni membu-tuhkan sarana jalan ke luar	Tidak memiliki penerangan darurat	Belum Memenuhi Standar	
		Terletak pada lantai dan permukaan untuk berjalan pada tempat yang aman	Tidak memiliki penerangan darurat	Belum Memenuhi Standar	
		Intensitas penca-hayaan minimal 10 lux	Tidak memiliki penerangan darurat	Belum Memenuhi Standar	
		Penerangan pada sarana jalan ke luar harus dari sumber daya listrik yang dijamin kehanda-lannya	Tidak memiliki penerangan darurat	Belum Memenuhi Standar	
	SNI 03-1746-2000	Disediakan pada pintu darurat	Tidak memiliki tanda arah eksit	Belum Memenuhi Standar	
		Penerangan darurat disam-bungkan pada generator cada-ngan yang dipasang untuk peralatan ventilasi mekanis ruang tertutup kedap asap	Tidak memiliki tanda arah eksit	Belum Memenuhi Standar	
	Lampu Darurat	SNI 03-6574-2001	Lampu darurat bekerja secara otomatis	Tidak memiliki tanda arah eksit	Belum Memenuhi Standar
			Lampu darurat memiliki penerangan yang cukup untuk jalur evakuasi yang aman	Tidak memiliki tanda arah eksit	Belum Memenuhi Standar
			Lampu darurat yang digunakan sesuai standar	Tidak memiliki tanda arah eksit	Belum Memenuhi Standar
Lampu darurat dipasang pada sarana jalur eksit, seperti tangga darurat, koridor, ram, lif, ruang kosong, dan jalur menuju jalan umum			Tidak memiliki tanda arah eksit	Belum Memenuhi Standar	

3.1.5. Sistem peringatan bahaya

Bangunan ini minim sekali proteksi kebakaran hingga sistem peringatan bahaya kebakaran. Vihara Prajna Chan tidak menyediakan panel kontrol deteksi dimana dapat mengontrol semua detektor yang dapat menyebabkan kebakaran, seperti detektor asap, api, panas, gas kebakaran, dan

detektor kebakaran lainnya. Padahal, vihara merupakan bangunan rawan kebakaran, karena salah satu proses ibadahnya menggunakan api untuk membakar dupa dan sesajen lainnya. Vihara ini juga tidak dilengkapi dengan alarm kebakaran sehingga dapat menghambat proses evakuasi. Komunikasi juga sangat diperlukan saat proses evakuasi, sayangnya perangkat penguat suara yang dimiliki vihara hanya dapat menjangkau ruang tengah peribadatan pada lantai dua saja dan sistem komunikasi internal juga tidak dimiliki oleh setiap staff yang bekerja pada vihara tersebut. **Tabel 5** memperlihatkan hasil observasi dari komponen system peringatan bahaya yang mendapatkan tingkat kelayakan sebesar 0% karena belum memenuhi standar peraturan yang berlaku.

Tabel 5. Evaluasi sistem peringatan bahaya (SNI-03-6574-2001, 2001)

Objek Observasi	Peraturan	Ketentuan	Hasil Observasi	Keterangan
Penguat perangkat Suara (Speaker)	SNI 03-6574-2001	Bangunan lebih dari 3 lantai harus memiliki tangga darurat minimal 2 buah	Bangunan hanya memiliki 1 buah tangga darurat	Belum Memenuhi Standar
Sistem Komunal Internal (HT)	SNI 03-6574-2001	Diberikan kepada masing-masing divisi staff gedung	Tidak memiliki sistem komunal internal yang baik	Belum Memenuhi Standar
Alarm Kebakaran	SNI 03-6574-2001	Minimal 1 pada ruang kontrol panel	Tidak memiliki alarm kebakaran	Belum Memenuhi Standar
Panel Kontrol Deteksi	SNI 03-6574-2001	Minimal 1 yang terletak pada plafond ruangan yang berukuran minimum 300 m ²	Tidak memiliki panel detektor	Belum Memenuhi Standar
Detektor Panas	SNI 03-6574-2001	Minimal 1 yang terletak pada plafond ruangan yang berukuran minimum 300 m ²	Tidak memiliki detektor gas panas	Belum Memenuhi Standar
Detektor Api	SNI 03-6574-2001	Minimal 1 yang terletak pada plafond ruangan yang berukuran minimum 300 m ²	Tidak memiliki detektor gas api	Belum Memenuhi Standar
Detektor Asap	SNI 03-6574-2001	Minimal 1 yang terletak pada plafond ruangan yang berukuran minimum 300 m ²	Tidak memiliki detektor asap	Belum Memenuhi Standar
Detektor Gas Kebakaran	SNI 03-6574-2001	Minimal 1 yang terletak pada plafond ruangan yang berukuran minimum 300 m ²	Tidak memiliki detektor gas kebakaran	Belum Memenuhi Standar

3.1.6. Sistem daya darurat

Vihara Prajna Chan memiliki sistem daya darurat sebagai langkah antisipasi, yaitu sebuah generator set yang dapat menggantikan sumber daya utama apabila mengalami gangguan. Tingkat Kelayakan Sistem Daya Darurat cukup baik dengan persentase 50% dari ketentuan yang ada dapat terlihat pada **Tabel 6**. Sayangnya, kekurangan Sistem Daya Darurat terletak pada generator set yang ditempatkan pada halaman vihara. Sesuai dengan ketentuannya, generator set harus ditempatkan pada sebuah ruangan yang memiliki tingkat ketahanan api paling tinggi.

Tabel 6. Evaluasi sistem daya darurat (SNI-03-1746-2000, 2000)

Objek Observasi	Peraturan	Ketentuan	Hasil Observasi	Keterangan
Sistem Daya Darurat	SNI 03-1746-2000	Memiliki minimal 1 buah generator set	Memiliki 1 buah generator set	Memenuhi Standar
		Generator set ditempatkan pada ruangan yang Tingkat Ketahanan Api (TKA) paling tinggi	Generator set tidak ditempatkan pada sebuah ruangan	Belum Memenuhi Standar

3.1.7. Tangga darurat

Vihara Prajna Chan hanya memiliki sebuah tangga beton dengan pijakan menggunakan material keramik sebagai sirkulasi open space menuju lantai 4. Struktur tangga darurat terbuat dari baja ringan, namun setelah terpasang terdapat kesalahan hitungan struktur yaitu bordes tangga padalantai pertama bertumpu pada balok gantung dimana struktur tersebut dapat runtuh. Tangga tersebut letaknya 7 m dari bukaan akses eksit. Tangga berbentuk huruf "U" dengan kedalaman 30 cm, lebar 1,3 m, dan memiliki anak tangga setinggi 17 cm dengan anak tangga setinggi 5 cm di setiap ujungnya. Profil besi handrail ergonomis di tangan manusia karena memiliki diameter 4 cm, dan jarak bebas handrail adalah 2,8 m. Pada sisi kiri dan kanan tangga terdapat railing yang memanjang hingga 1,15 m di atas permukaan tangga. Bangunan ini juga memiliki ramyang memiliki handrail dan bordes serta tahan gelincir. Tangga Darurat memiliki tingkat kelayakan sebesar 63% sehingga dapat dikatakan cukup layak sebagai sarana jalur evakuasi bencana kebakaran dapat dilihat pada **Tabel 7**.

Tabel 7. Evaluasi tangga darurat
(SNI 03-1735-2000, 2000; SNI-03-1746-2000,2000)

Objek Observasi	Peraturan	Ketentuan	Hasil Observasi	Keterangan
Tangga Daurat	SNI 03-1746-2000	Bangunan lebih dari 3 lantai harus memiliki tangga darurat minimal 2 buah	Bangunan hanya memiliki 1 buah tangga darurat	Belum Memenuhi Standar
		Jarak antar tangga minimal 30 m	Bangunan hanya memiliki 1 buah tangga darurat	Belum Memenuhi Standar
	SNI 03-1735-2000	Lebar minimum tangga 1,2 m	Lebar tangga 1,3 m	Belum Memenuhi Standar
		Tangga berbentuk U dan tidak melingkar vertikal	Tangga berbentuk U	Belum Memenuhi Standar
		Ketinggian anak tangga 10-18 cm	Ketinggian anak tangga 17 cm	Belum Memenuhi Standar
		Tinggi ruang minimum 2 m	Tinggi ruang 4 m	Belum Memenuhi Standar
		Tinggi maksimum bordes tangga 3,7m	Tinggi bordes 3,284 m	Belum Memenuhi Standar
		Ketinggian railing	Ketinggian railing	Belum

		tangga 86-96 cm, dengan jarak bebas minimal 3,8 cm, dan diameter 3,2-5 cm	tangga 86-96 cm, dengan jarak bebas minimal 3,8 cm, dan diameter 3,2-5 cm	Memenuhi Standar
		Tangga harus memiliki rel pegangan tangan	Tangga memiliki rel pegangan tangan	Memenuhi Standar
		Tangga didesain untuk meminimalkan genangan air	Tangga didesain untuk meminimalkan genangan air	Memenuhi Standar
Alat Penyelamatan Luncur	SNI 03-1746-2000	Minimal memiliki 1 buah alat penyelamatan luncur	Tidak memiliki alat penyelamatan luncur	Belum Memenuhi Standar
		Memiliki kapasitas 60 orang	Bebas dari dekorasi atau benda lain yang menghalangi jalur eksit	Belum Memenuhi Standar
RAM	SNI 03-1746-2000	Ram dan bordes harus memiliki gelincir pada permukaannya	Ram dan bordes memiliki tahanan gelincir pada permukaannya	Memenuhi Standar
		RAM harus memiliki bordes pada bagian atas, bawah, dan pada bukaan pintu ke RAM	RAM memiliki bordes	Memenuhi Standar
		RAM harus memiliki pagar untuk evakuasi	RAM memiliki pagar pengaman	Memenuhi Standar
Handrail	SNI 03-1746-2000	Handrail tangga tidak boleh kurang dari 86 cm ataupun lebih dari 96 cm di atas permukaan tangga	Handrail memiliki ketinggian 1,15 m	Belum Memenuhi Standar
		Profil rail harus ergonomis bagi tangan manusia	Profil rail ergonomis bagi tangan manusia	Memenuhi Standar
		Handrail harus menyediakan jarak selebar 3,8 cm	Jarak bebas handrail yaitu 2,8 m	Belum Memenuhi Standar

3.1.8. Pintu darurat

Pintu yang dipakai merupakan pintu yang bersifat tahan terhadap api, berasal dari material kayu suren dengan finishing natural. Sayangnya, pintu ini tidak di cat dengan warna merah sebagai penunjuk sebagai bukaan exit dan juga tidak memiliki papan tanda penunjuk arah "EXIT" 150 cm dari permukaan dasar lantai. Pintu memiliki lebar bukaan 1,6 m dengan bukaan ke arah luar. Pintu ini tidak dapat terbuka secara otomatis, namun tetap terdapat tuas untuk membuka. **Tabel 8** memperlihatkan hasil observasi dari komponen pintu darurat yang mendapatkan tingkat kelayakan sebesar 67%.

Tabel 8. Evaluasi pintu darurat (SNI-03-1746-2000, 2000)

Objek Observasi	Peraturan	Ketentuan	Hasil Observasi	Keterangan
Pintu Darurat	SNI 03-1746-2000	Pintu tahan terhadap api	Pintu tahan terhadap api	Memenuhi Standar
		Dicat dengan warna merah	Pintu tidak dicat warna merah, melainkan warna coklat	Belum Memenuhi Standar
		Memiliki akses Dapat menutup secara otomatis, tidak terkunci dari dalam	Pintu tahan terhadap api	Belum Memenuhi Standar
		Arah bukaan ke arah luar	Ukuran bukaan akses petugas pemadam kebakaran yaitu lebar 160 cm dan tinggi 300 cm	Memenuhi Standar
		Lebar bukaan= 1-4,85 m	Tidak memiliki tanda arah eksit	Memenuhi Standar
		Langung menuju area luar	Langung menuju area luar	Memenuhi Standar
		Dilengkapi tuas dan tungkai pembuka	Dilengkapi tuas pembuka	Memenuhi Standar
		Dapat dilengkapi dengan kaca tahan api minimal 1m ² di setengah bagian atas dari daun pintu.	Pintu tidak dilengkapi dengan kaca tahan api	Belum Memenuhi Standar
		Terbuat dari material kayu	Terbuat dari kayu suren finish natural	Memenuhi Standar

3.1.9. Komponen sarana lain

Komponen lain yang dapat membantu proses evakuasi bencana kebakaran lebih mudah adalah jendela di setiap elevasi dibuat seperti sirip horizontal dan memiliki persediaan APAR sebanyak empat buah yang ditempatkan pada setiap sudut bordes tangga. Sangat disayangkan ketika komponen lain tidak terdapat pada bangunan ini, seperti hidran pada halaman yang dapat membantu pemadam kebakaran, pompa pemadam, dan exhauster asap untuk mengelola asap kebakaran, sehingga dapat menghambat proses sirkulasi udara. Pada ruang tengah lantai 2 dimana digunakan sebagai tempat utama peribadatan memiliki sprinkler sebanyak 5 buah. Seharusnya, sprinkler ditempatkan pada setiap plafon ruangan atau koridor sejauh 9-12 m. **Tabel 9** memperlihatkan hasil observasi dari komponen sarana lainnya yang mendapatkan tingkat kelayakan sebesar 33%.

Tabel 9. Evaluasi komponen sarana lainnya (SNI-03-1735-2000, 2000)

Objek Observasi	Peraturan	Ketentuan	Hasil Observasi	Keterangan
Jendela	SNI 03-1735-2000	Posisi jendela pada setiap elevasi lantai yang menggunakan sirip horizontal.	Jendela memiliki bentuk sirip horizontal	Memenuhi Standar
Hidran	SNI 03-1735-2000	Memiliki minimal 1 buah hidran pada halaman bangunan	Tidak memiliki hidran pada halaman	Belum Memenuhi Standar

Alat Pemadam Api Ringan	SNI 03-1735-2000	Memiliki disetiap tangga	APAR bordes	Memiliki 4 APAR pada setiap sudut tangga	Memenuhi Standar
Sprinkler	SNI 03-1735-2000	Memiliki disetiap ruangan jarak 9-12 m	sprinkler plafond dengan	Sprinkler hanya ditempatkan pada ruangan tengah pada lantai 2	Belum Memenuhi Standar
Pompa Pemadam	SNI 03-1735-2000	Minimal terdapat 1 buah		Tidak memiliki pompa pemadam	Belum Memenuhi Standar
Exhauster Asap	SNI 03-1735-2000	Terletak di atas pintu dan sebagai mekanik	di atas jendela ventilasi	Tidak memiliki exhauster asap hanya AC central	Belum Memenuhi Standar

4. Kesimpulan

Menurut Permen PU No. 26 Tahun 2008, SNI 03-1735-2000, SNI 03-1746-2000, dan SNI 03-6574-2001, antara lain, evaluasi dan identifikasi Jalur Evakuasi Bencana Kebakaran di Vihara Prajna Chan dapat ditarik kesimpulan bahwa peraturan sistem Jalur Evakuasi Kebakaran tidak diterapkan sesuai dengan standar dan peraturan yang relevan sehingga masih bersifat pasif. Fasilitas dengan bagian penerangan darurat, tanda arah eksit, sistem peringatan bahaya, hidran, APAR, pompa pemadam, dan exhauster masih belum memenuhi standar lebih dari 50%. Jika kebakaran terjadi kapan saja, akan sangat sulit untuk melarikan diri menggunakan fasilitas evakuasi kebakaran Vihara Prajna Chan Vihara yang terbatas.

Rekomendasi yang dapat disampaikan sebagai bahan evaluasi bencana kebakaran yang ada pada Vihara Prajna Chan, yaitu:

1. Pemodelan dan simulasi kebakaran berbasis kinerja harus digunakan untuk mendukung evaluasi bencana kebakaran guna memberikan proteksi kebakaran.
2. Saat terjadi keadaan darurat kebakaran di Vihara Prajna Chan, pimpinan dan pengurus yayasan dapat menggunakan kebijakan atau Standar Operasional Prosedur keadaan darurat kebakaran yang telah dibuat sebelumnya.

Melengkapi sarana jalur evakuasi bencana kebakaran yang masih belum tersedia sebagai langkahantisipasi dan memudahkan proses evakuasi bencana kebakaran bagi para penghuni, tamu, maupun pemadam kebakaran.

Ucapan terima kasih

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Yayasan Vihara Prajna Chan, PT. Alam Dunia Engineering and Construction, Ketua Program Studi Teknik Infrastruktur Sipil dan Perancangan Arsitektur, dan dosen pembimbing yang senantiasa memberikan dukungan, saran, masukan, dan kerjasama yang baik dalam menyukkseskan penelitian ini sehingga dapat terlaksana dengan baik.

Referensi

- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum. (2008). *NOMOR: 26/PRT/M/2008-Persyaratan Teknis Sistem Proteksi Kebakaran pada Bangunan Gedung dan Lingkungan*.
- Presiden Republik Indonesia. (1965). *Penetapan Presiden Republik Indonesia Nomor 1 Tahun 1965*. www.djpp.depkumham.go.id.
- SNI-03-1735-2000. (2000). *Tata Cara Perencanaan Akses Bangunan dan Akses Lingkungan untuk Pencegahan Bahaya Kebakaran pada Bangunan Gedung*.
- SNI-03-1746-2000. (2000). *Tata Cara Perencanaan dan Pemasangan Sarana Jalan ke Luar untuk Penyelamatan Terhadap Bahaya Kebakaran pada Bangunan Gedung*.
- SNI 03-6574-2001. (2001). *Tata Cara Perancangan Pencahayaan Darurat, Tanda arah dan Sistem Peringatan Bahaya pada Bangunan Gedung. 1 Ruang Lingkup*.

- Sunarno. (2010). Kajian Terhadap Sarana “Emergency Exit” pada Plaza Ambarukmo Yogyakarta. *Sarana Evakuasi Bencana Kebakaran*.
- Wagito. (2017). *Vihara Theravada di Kota Singkawang*. Singkawang: Universitas Tanjungpura.

© PILARS, 2023. All rights reserved

