



PILARS

JURNAL SIPIL
DAN ARSITEKTUR

OPEN



ACCESS

E-ISSN 2988-5973

JURNAL SIPIL DAN ARSITEKTUR



PILARS	Volume 3	Nomor 3	September 2025	Hal 148-210	Semarang-Jawa Tengah
---------------	-----------------	----------------	---------------------------	--------------------	-----------------------------



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

JURNAL

SIPIl DAN ARSITEKTUR



Volume 3 Nomor 3 September 2025

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

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

Penerbit :

Departemen Sipil dan Perencanaan

Alamat :

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

JURNAL SIPIL DAN ARSITEKTUR

Volume 3 Nomor 3 September 2025

DAFTAR ISI

1. Perencanaan Ulang Struktur Gedung Rumah Sakit Universitas Padjadjaran Menggunakan Metode BIM 5D
(*Rizky Putra Castrawan, Fadly Chusnul Ma'abi, Bambang Setiabudi, Asri Nurdiana*) 148-159
2. Perencanaan Ulang Struktur Gedung RSI PKU Muhammadiyah Pekalongan Berbasis *Building Information Modelling* (BIM) 5D
(*Elsi Mayastri Sinaga, Februardo Wijaya Laksamana Arief Haryono, Bambang Setiabudi, Tri Susanto*)160-173
3. Perencanaan Ulang Berbasis BIM 5D pada Struktur Gedung Rumah Susun Pemerintah Kota Surakarta dengan *Dual System*
(*Gloria Kristanti Dewi, Rifa Ghania Fazila*)174-185
4. Pengaruh Penggunaan Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit dan Abu Sekam Padi Sebagai Bahan Campuran Pembuatan Plafon Semen
(*Gerald Palallo*).....186-192
5. Pemanfaatan Limbah Plastik Jenis HDPE (*High Density Polyethelene*) serta Limbah Tulang Ayam di Kota Semarang sebagai substitusi Parsial Campuran pada Bata Hebel
(*Nurul Hadi Sofyan, Nazhiifa Firdha Cahyaputri, Shifa Fauziyah, Hartono*)193-198
6. Penggunaan Abu Serabut Kelapa Sebagai Substitusi Semen dan Tempurung Kelapa Sebagai Substitusi Agregat Kasar
(*ahryan Bery Ramdhany*)199-204
7. Pengaruh Limbah Serbuk Kayu sebagai Pengganti Sekam Padi dan Bahan Tambah Limbah Polypropylene terhadap Kualitas Batu Bata Merah
(*Naufal Dzaky Firas, Gita Mahardhika, H Hartono, Shifa Fauziyah*)205-210

Perencanaan ulang struktur Gedung Rumah Sakit Universitas Padjadjaran menggunakan metode BIM 5D

Rizky Putra Castrawan^{a*}, Fadly Chusnul Ma'abia, Bambang Setiabudia, Asri Nurdiana^a

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

ARTICLE INFO

Corresponding author:

Email:

rputrac@gmail.com

Article history:

Received : 4 June 2024

Revised : 24 September 2025

Accepted : 25 September 2025

Publish : 30 September 2025

Keywords:

BIM 5D, Cost, Hospital, Replanning, Schedule, Structures.

ABSTRACT

The planning of hospital building structural presents a number of complex issues requiring careful handling. Hospitals are a type of building with very high technical and safety requirements as well as strict security standards. The replanning of structural for the University of Padjadjaran Hospital Building is a response to these challenges. This planning aims to implement the Building Information Modeling (BIM) 5D method as an integrated approach in the replanning process. This method integrates the time dimension, allowing for more efficient project management by simultaneously considering cost and schedule aspects with a 3D building model. The goal of this planning is to enhance the quality of planning, reduce the risk of errors, and optimize resource utilization through the integration of BIM 5D. The planning method involves literature analysis related to BIM 5D and case studies of replanning for hospitals. It is hoped that the results of this planning will provide practical guidance for the construction industry to improve efficiency, accuracy, and safety in planning and executing hospital projects in the future.

Copyright © 2025 PILARS-UNDIP

1. Pendahuluan

Perencanaan suatu struktur bangunan tinggi merupakan hal yang sangat penting untuk keberlanjutan dan keselamatan operasional rumah sakit. Desain struktur rumah sakit menjadi sangat sulit dengan berkembangnya standar dan peraturan keselamatan. Ketika merencanakan suatu proyek, pengelolaan dan penilaian risiko yang tepat sangat penting karena ada banyak faktor risiko yang dapat mempengaruhi keberhasilan proyek konstruksi (Fassa dkk., 2021). Kebutuhan infrastruktur untuk mendukung sistem layanan kesehatan, serta faktor-faktor seperti keausan struktural dan ketahanan gempa yang juga harus diperhitungkan dalam suatu bangunan.

Terdapat salah satu metode yang dapat meningkatkan efektivitas dan efisiensi proses konstruksi yaitu dengan menerapkan konsep *Building Information Modeling* atau BIM (Berlian et al., 2016). Dengan mengelola data penting dari proses desain bangunan dan mengintegrasikannya ke dalam pemodelan 3D dengan tingkat akurasi tinggi, *Building Information Modeling (BIM)* dapat digunakan sebagai jawaban untuk mengatasi berbagai macam masalah dalam industri konstruksi (Raflis et al., 2018). Artikel ini bertujuan untuk melakukan perancangan ulang desain gedung Rumah Sakit Universitas Padjadjaran dengan menggunakan konsep *Building Information Modeling (BIM) 5D* dengan mengutamakan pada tiga aspek penting dalam suatu proyek konstruksi yaitu biaya, mutu, dan waktu.

Perencanaan ulang ini berfokus pada pekerjaan struktur seperti pondasi, *retaining wall*, kolom, balok, dan pelat. Analisis literatur tentang penggunaan teknologi digital dalam desain bangunan gedung tinggi dilakukan dengan metode deskriptif kuantitatif. Perencanaan ini memanfaatkan software berbasis BIM untuk meningkatkan akurasi dan efisiensi. SAP2000 digunakan dalam analisis struktur karena mampu menghasilkan perhitungan sesuai SNI, sedangkan *Autodesk Revit* dipilih untuk pemodelan 3D yang detail sekaligus mendukung *Quantity Take Off*. *Microsoft Project* berfungsi dalam penyusunan jadwal proyek yang terstruktur, dan *Microsoft Excel* digunakan untuk perhitungan RAB yang fleksibel. Seluruh data tersebut kemudian diintegrasikan melalui *Naviswork* dalam bentuk 4D dan 5D sehingga menghasilkan visualisasi proyek yang komprehensif serta mendukung pengambilan keputusan yang lebih tepat.

2. Data dan metode

2.1. Data Umum

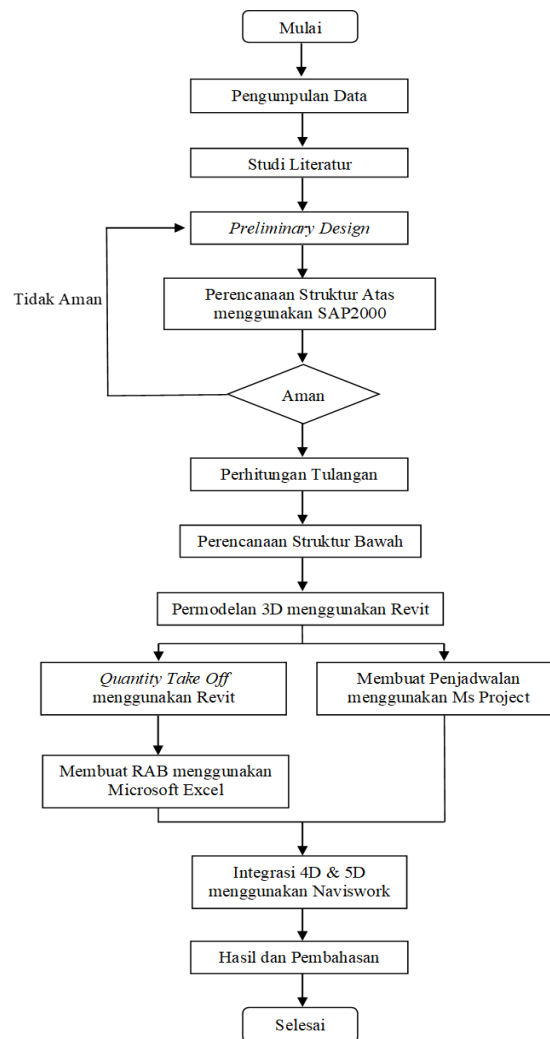
Data umum berisi data-data terkait bangunan. Adapun data umum pada Proyek Pembangunan Gedung RSPTN Universitas Padjadjaran adalah sebagai berikut:

1. Nama proyek : Pembangunan Gedung RSPTN Universitas Padjadjaran
2. Lokasi proyek : Jalan Ir. Soekarno KM.21, Cikeruh, Kec. Jatinangor, Kabupaten Sumedang, Jawa Barat 45363
3. Fungsi bangunan : Gedung pelayanan kesehatan masyarakat
4. Jenis struktur : Beton bertulang
5. Tinggi bangunan : 26 m

Perencanaan ulang struktur gedung berpedoman pada beberapa peraturan terkait, diantaranya SNI 03-2847-2002 tentang cara perhitungan struktur beton, PPIUG-1987 tentang pedoman perencanaan pembebanan untuk gedung, SNI 2847-2013 tentang kriteria beton struktural pada bangunan gedung, SNI 2847-2019 tentang persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung, SNI 1726-2019 tentang perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung, dan SNI 1727-2020 tentang beban minimum untuk perancangan bangunan gedung.

2.2. Metode Perencanaan

Metode perencanaan ulang struktur Gedung Rumah Sakit Universitas Padjadjaran dimulai dengan pengumpulan data dan studi literatur, dilanjutkan penentuan *preliminary design* untuk dimensi awal elemen struktur. Analisis kekuatan struktur atas dilakukan dengan SAP2000, jika hasil analisis belum memenuhi kriteria, dilakukan pengulangan desain. Setelah dinyatakan aman, dilakukan perhitungan kebutuhan tulangan dan perencanaan struktur bawah. Hasil perencanaan tersebut dimodelkan secara 3D menggunakan *Autodesk Revit* untuk memperoleh volume pekerjaan dan data kuantitas, yang menjadi dasar penyusunan RAB di *Microsoft Excel* dan penyusunan jadwal pada *Microsoft Project*. Integrasi 4D (waktu) dan 5D (biaya) dilakukan menggunakan *Navisworks* untuk memvisualisasikan keterkaitan antar-aspek tersebut. Alur lengkap proses perencanaan ulang yang dijelaskan di atas disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Bagan Alir Perencanaan Ulang Struktur Gedung Rumah Sakit Universitas Padjadjaran

3. Hasil dan pembahasan

3.1. Preliminary Design

Untuk ketentuan *preliminary design* digunakan acuan SNI 2847:2019. Hasil perhitungan dan penentuan dimensi untuk elemen balok, plat lantai, dan kolom disajikan pada Tabel 1 sampai Tabel 3. Dimensi yang dicantumkan menjadi dasar verifikasi terhadap persyaratan SNI dan akan digunakan pada tahapan perhitungan tulangan dan pemodelan 3D selanjutnya. Hasil *preliminary design* untuk elemen balok disajikan pada Tabel 1, pada kolom tabel memuat tipe balok, bentang, dimensi tinggi dan lebar, serta verifikasi terhadap ketentuan SNI 2847:2019.

Tabel 1. Dimensi Balok

No	Tipe Balok	Bentang (mm)	Tinggi (mm)	Lebar (mm)	Syarat Tinggi SNI	Syarat Lebar SNI
					2847:2013 Pasal 9.5.2.2	2847:2019 Pasal 18.6.2.1
1	TB1	8000	600	250	OK	OK
2	TB2	4500	500	250	OK	OK
3	B1	6500	500	250	OK	OK
4	B2	8000	600	250	OK	OK
5	B2A	8000	600	250	OK	OK
6	B2AK	3068	600	250	OK	OK
7	B3	7000	600	300	OK	OK
8	B4	8000	650	350	OK	OK
9	BL	4300	550	250	OK	OK

Dimensi dan ketebalan plat lantai untuk kondisi desain yang digunakan yaitu S1 sebagai plat lantai dan S2 sebagai plat atap) disajikan pada Tabel 2, semua ukuran dinyatakan dalam milimeter.

Tabel 2. Dimensi Plat Lantai

Type	Ly	Lx	afm	Tebal Plat	Letak
S1	8000	7000	14,236	130	Plat Lantai
S2	8000	7000	14,236	130	Plat Atap

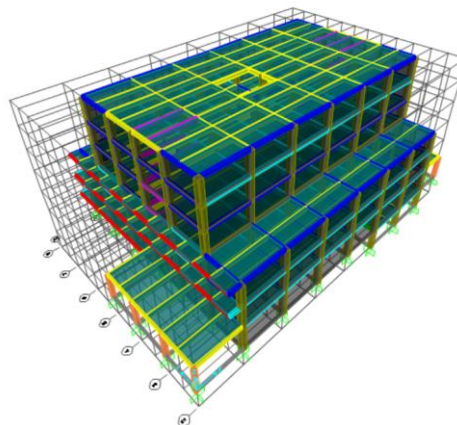
Dimensi kolom untuk tipe K1 dan K2 yang dipilih pada *preliminary design* ditampilkan pada Tabel 3, nilai ini menjadi acuan untuk perancangan tulangan dan analisis lanjutan.

Tabel 3. Dimensi Kolom

Type Kolom	Bentang	Tinggi Kolom	h (mm)	b (mm)
K1	8000	4200	800	800
K2	4000	4200	600	600

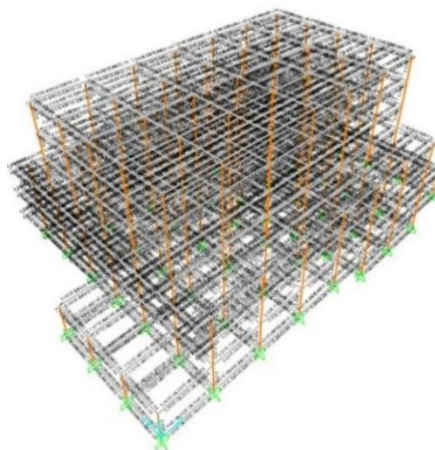
3.2. Analisis Struktur

Setelah didapatkan dimensi struktur atas, dilanjutkan dengan permodelan untuk analisis struktur yang nantinya akan dimasukkan kombinasi pembebanan. Untuk beban yang dipakai diantaranya ada beban mati, beban hidup, beban angin, dan beban gempa. Gambar 2 merupakan hasil permodelan struktur atas pada SAP2000.



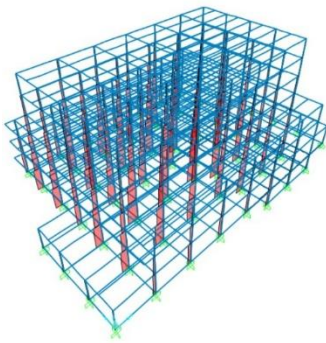
Gambar 2. Pemodelan Struktur Menggunakan SAP2000

Output SAP2000 menghasilkan analisis rasio penampang yang berguna untuk mengetahui kebutuhan As tulangan perlu. Gambar 3 merupakan hasil analisis rasio penampang struktur.

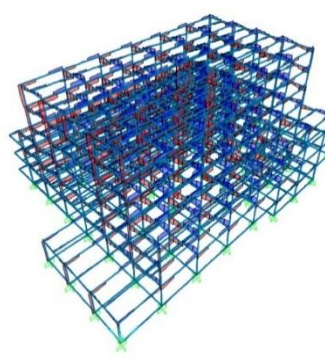


Gambar 3. Kontrol Rasio Penampang

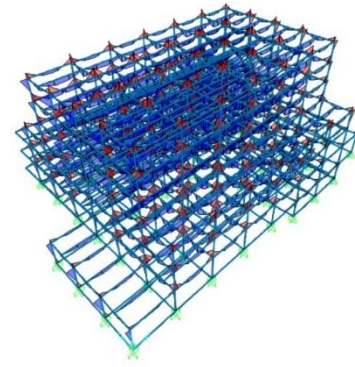
Analisis struktur menggunakan SAP2000 juga menghasilkan beberapa gaya yang akan diperlukan untuk menghitung tulangan. Beberapa gaya tersebut diantaranya ada pada Gambar 4, Gambar 5, dan Gambar 6.



Gambar 4. Gaya Aksial



Gambar 5. Gaya Geser



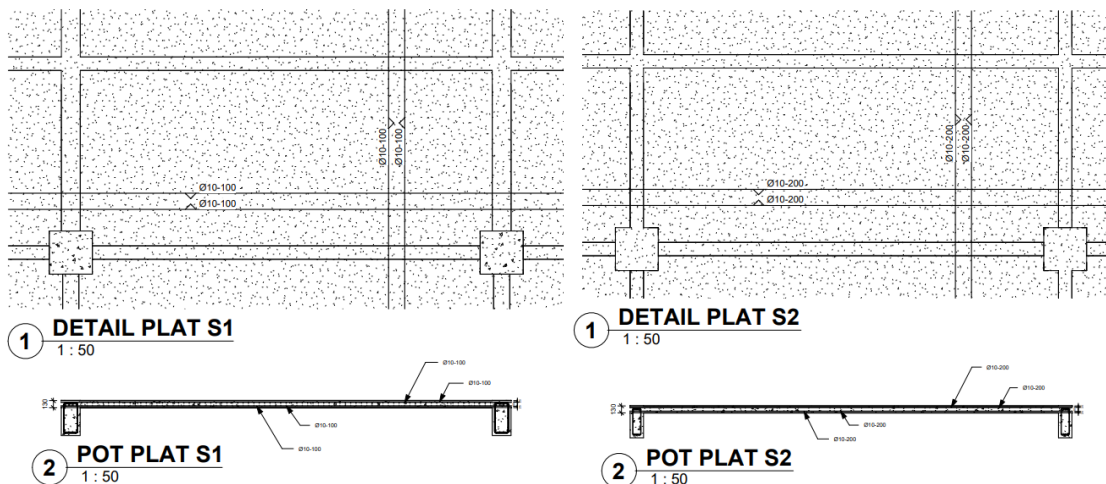
Gambar 6. Momen

3.3. Tulangan Struktur Atas

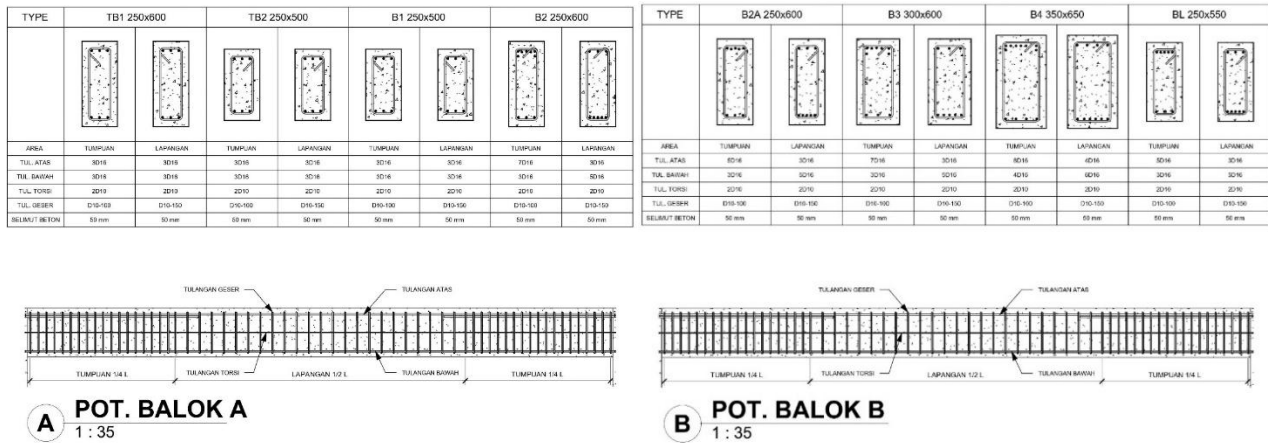
Hasil dari *output* SAP2000 digunakan untuk menghitung tulangan pakai pada struktur atas bangunan. Tabel 4 merupakan hasil perhitungan tulangan struktur atas pada plat lantai, balok, dan kolom. Adapun detail plat ditunjukkan pada Gambar 7, detail balok ditunjukkan pada Gambar 8, dan detail kolom ditunjukkan pada Gambar 9.

Tabel 4. Tulangan Plat Lantai

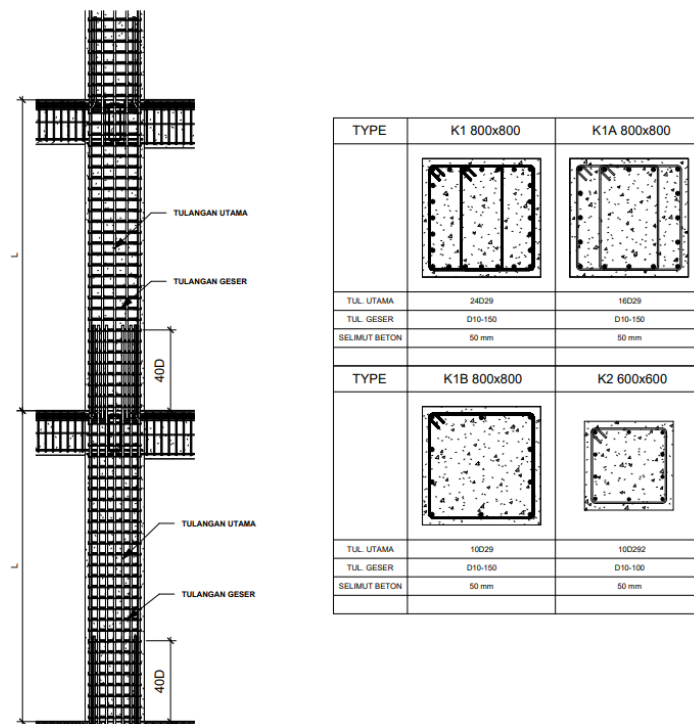
Type	Data Penulangan	Tumpuan X	Lapangan X	Tumpuan Y	Lapangan Y
S1	Tebal Plat (mm)	130	130	130	130
	Mu (KNm)	16,323	7,842	13,173	7,537
	As Perlu (mm^2)	507	333	405,63	333,00
	As Pasang (mm^2)	785	785	785	785
	S Perlu (mm)	154,83	235,74	193,53	235,74
	Tulangan Utama	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100
	As Pakai > As Perlu	OK	OK	OK	OK
S2	Tebal Plat (mm)	130	130	130	130
	Mu (KNm)	11,103	5,988	8,996	5,047
	As Perlu (mm^2)	339,97	333	333	333
	As Pasang (mm^2)	392,5	392,5	392,5	392,5
	S Perlu (mm)	230,9	235,74	235,74	235,74
	Tulangan Utama	Ø10-200	Ø10-200	Ø10-200	Ø10-200
	As Pakai > As Perlu	OK	OK	OK	OK



Gambar 7. Detail Plat



Gambar 8. Gambar Detail Balok



Gambar 9. Gambar Detail Kolom

3.4. Dimensi Pondasi

Menghitung kapasitas daya dukung tiang bor dari data SPT memakai metode *Reese & Wright*. Berikut adalah hasil perhitungan dimensi *bore pile*.

Tabel 5. Dimensi *Bore pile*

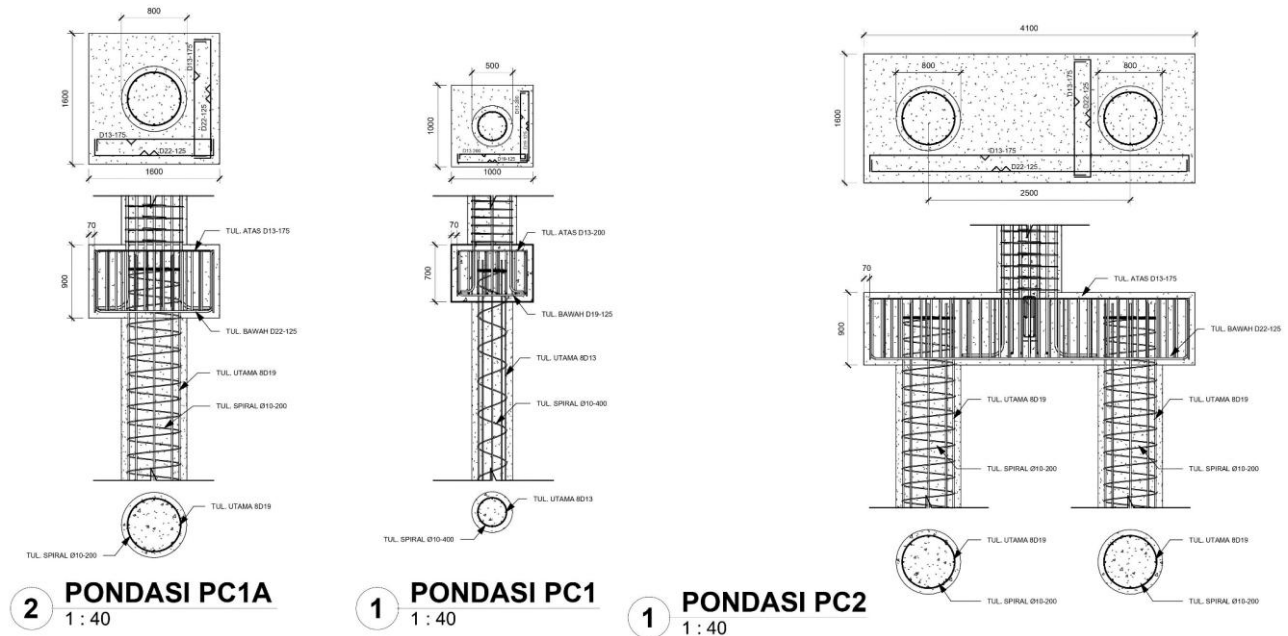
Tipe	Pu	Q netto	Q izin	Jumlah Pile	Efisiensi	Diameter (cm)	Pu < Q izin
PC1A	264,16	313,8	313,8	1	100%	80	OK
PC1	27,05	185,5	185,5	1	100%	50	OK
PC2	428,86	313,8	565,8	2	90,14%	80	OK

Tabel 6. Dimensi *Pile cap*

Tipe	ØVc	Vu	Dimensi Pile cap			Diameter Pondasi (cm)	Jumlah Pile	ØVc > Vu
			Panjang X (cm)	Panjang Y (cm)	Tebal (cm)			
PC1A	7262,5	-61,891	160	160	90	80	1	OK
PC1	4148	-129,88	100	100	70	50	1	OK
PC2	7262,5	2525,2	410	160	90	80	2	OK

3.5. Tulangan Pondasi

Gambar 10 merupakan hasil perhitungan tulangan pondasi *bore pile* dan *pile cap*.

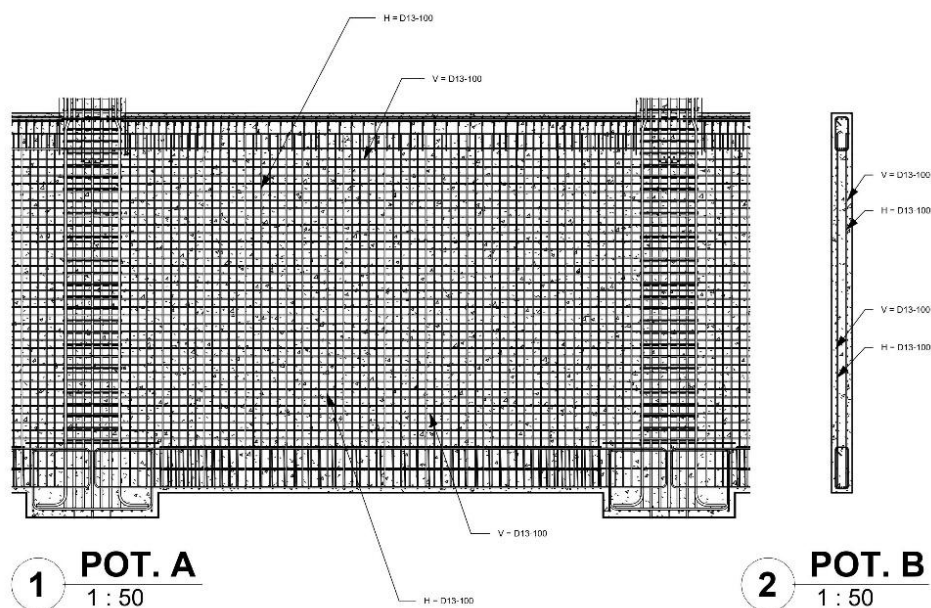


Gambar 10. Detail Pondasi

3.6. Tulangan Dinding Basement

Jenis struktur dinding penahan tanah pada basement di proyek ini terdiri dari dinding beton bertulang yang berfungsi untuk menahan tekanan lateral dari tanah dan air. Berikut adalah data mengenai dinding basement yang digunakan untuk pemodelan pada Gambar 11.

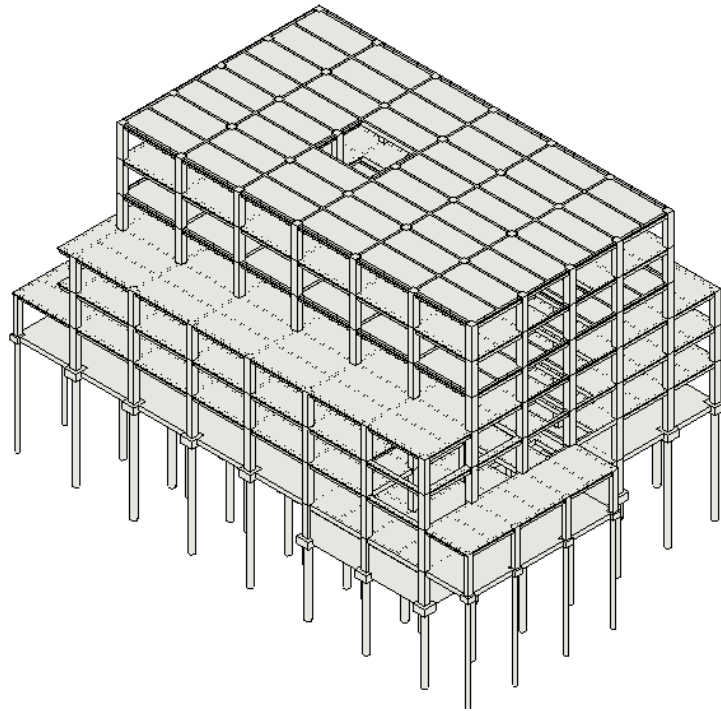
- Tinggi *Basement* = 4 m
- Tebal Dinding = 0,25 m
- Mutu Beton = F'C 35 Mpa
- Mutu Tulangan = 420 Mpa
- Tulangan = D13-100



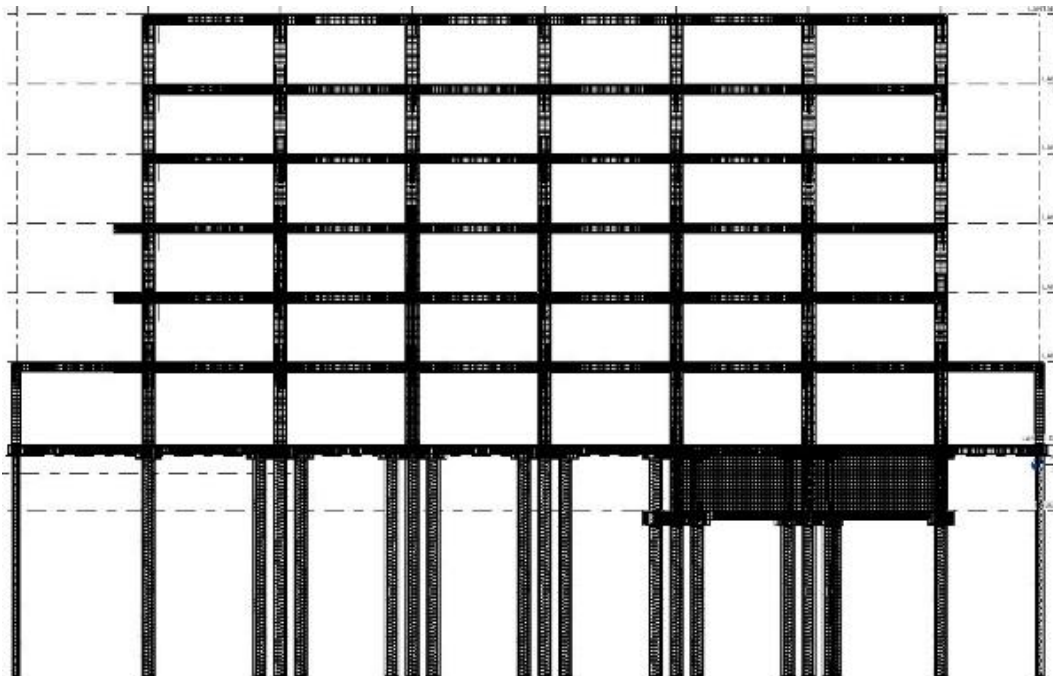
Gambar 11. Detail Dinding Basement

3.7. Hasil pemodelan 3D

Setelah diperoleh hasil dimensi dan perhitungan tulangan pada setiap komponen struktur, tahap selanjutnya adalah melakukan pemodelan 3D menggunakan *Autodesk Revit*. Hasil pemodelan 3D tersebut ditunjukkan pada Gambar 12 dan Gambar 13.



Gambar 12 Model Struktur 3D



Gambar 13. Model Tulangan

3.8. *Quantity Take Off* dan Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Hasil pemodelan yang sudah dibuat dapat dihitung secara akurat dan menghasilkan volume pekerjaan sesuai dengan pemodelan yang sudah dibuat. Kategori yang terdapat pada *Quantity Take Off* adalah *pile cap*, *bore pile*, dinding beton, plat lantai, balok, dan kolom. Masing-masing kategori

menghasilkan hitungan berupa volume pekerjaan, jumlah harga, termasuk juga volume tulangan yang nantinya akan dijadikan acuan dalam penyusunan RAB. Berikut pada Tabel 7 dan Tabel 8 adalah hasil *Quantity Take Off* dari Revit yang telah dibuatkan Rencana Anggaran Biaya.

Tabel 7. Rekapitulasi RAB Struktur

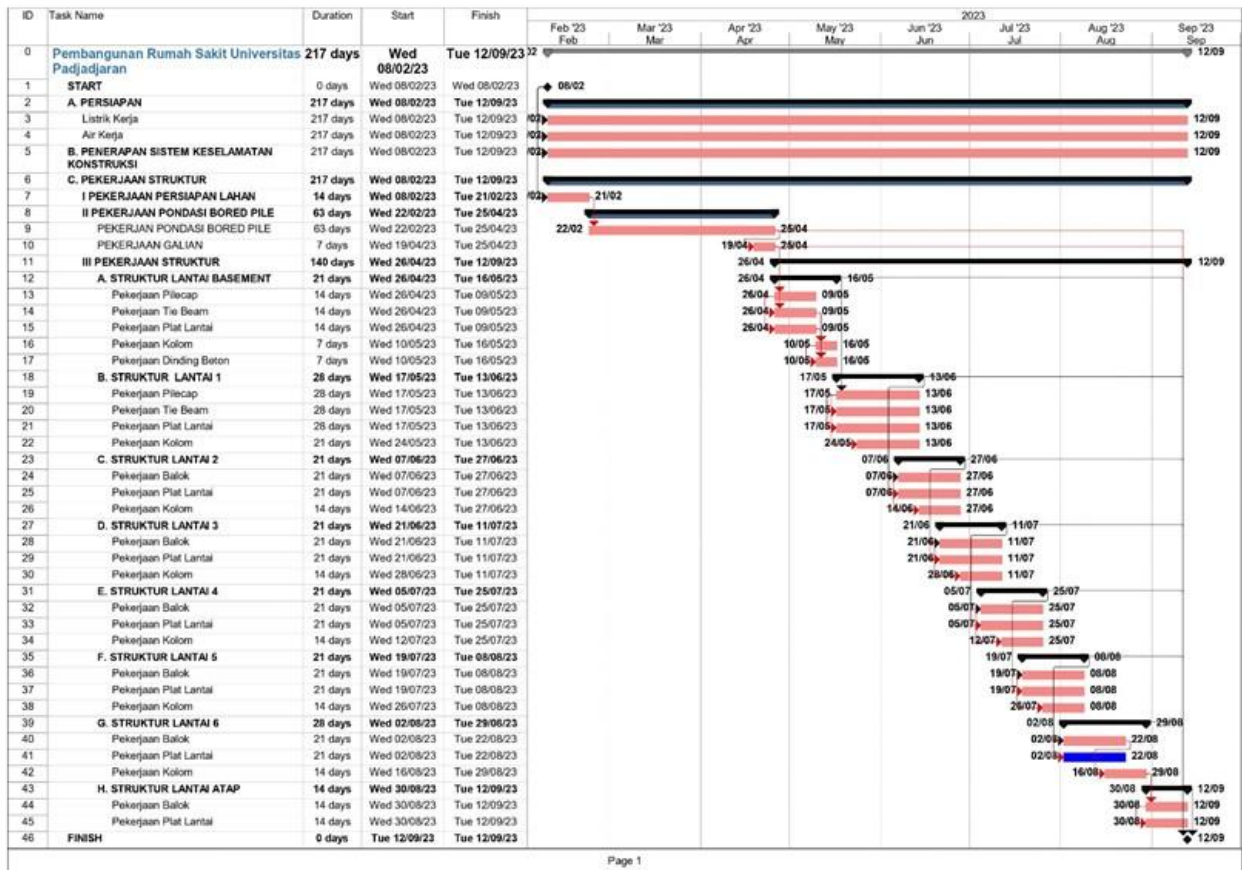
I.	PEKERJAAN STRUKTUR					
	PEKERJAAN PEMATANGAN LAHAN					40.789.303,17
II.	PEKERJAAN STRUKTUR					
II.1	PEKERJAAN PONDASI BORED PILE					2.326.584.407,94
	Pekerjaan Bored Pile			1.604.753.811,22		
	Pekerjaan Galian Dan Urugan			721.830.596,72		
II.2	PEKERJAAN SUB STRUKTUR :					1.376.188.672,60
	Pekerjaan Pile Cap			626.581.408,00		
	Pekerjaan Tie Beam / Sloof			484.756.072,54		
	Pekerjaan Plat Lantai Basement			264.851.192,06		
II.3	PEKERJAAN UPPER STRUKTUR :					
A.	STRUKTUR LANTAI BASEMENT					789.166.603,61
	Pekerjaan Kolom Lantai Basement			244.531.328,00		
	Pekerjaan Dinding Penahan Tanah			544.635.275,61		
B.	STRUKTUR LANTAI 1					2.198.986.665,60
	Pekerjaan Kolom Lantai Dasar			934.370.711,00		
	Pekerjaan Balok Lantai Dasar			146.601.800,60		
	Pekerjaan Plat Lantai Dasar			1.118.014.154,00		
C.	STRUKTUR LANTAI 2					2.862.982.399,95
	Pekerjaan Kolom Lantai 2			658.355.842,80		
	Pekerjaan Balok Lantai 2			926.276.989,75		
	Pekerjaan Plat Lantai 2			1.278.349.567,40		
D.	STRUKTUR LANTAI 3					2.513.446.197,90
	Pekerjaan Kolom Lantai 3			567.246.262,40		
	Pekerjaan Balok Lantai 3			818.876.156,50		
	Pekerjaan Plat Lantai 3			1.127.323.779,00		
E.	STRUKTUR LANTAI 4					2.395.433.131,90
	Pekerjaan Kolom Lantai 4			377.030.214,00		
	Pekerjaan Balok Lantai 4			823.317.139,50		
	Pekerjaan Plat Lantai 4			1.195.085.778,40		
F.	STRUKTUR LANTAI 5					1.613.085.067,40
	Pekerjaan Kolom Lantai 5			348.777.526,00		
	Pekerjaan Balok Lantai 5			535.580.993,00		
	Pekerjaan Plat Lantai 5			728.726.548,40		
G.	STRUKTUR LANTAI 6					1.560.587.993,60
	Pekerjaan Kolom Lantai 6			324.312.751,00		
	Pekerjaan Balok Lantai 6			560.648.193,80		
	Pekerjaan Plat Lantai 6			675.627.048,80		
G.	STRUKTUR LANTAI ATAP					1.149.315.009,40
	Pekerjaan Balok Lantai Atap			517.057.942,80		
	Pekerjaan Plat Lantai Atap			632.257.066,60		
	JUMLAH HARGA PEKERJAAN STRUKTUR RS UNPAD					18.826.565.453,06

Tabel 8. Rekapitulasi Total RAB

NO.	MATA PEMBAYARAN	HARGA TOTAL (Rp)
I.	DAFTAR NO.1 : Pekerjaan Persiapan	682.371.350,00
II.	DAFTAR NO.2 : Pekerjaan Penerapan K3	543.515.000,00
III.	DAFTAR NO.3 : Pekerjaan Struktural	18.826.565.453,06
	TOTAL NILAI	20.052.451.803,06
	DIBULATKAN	20.052.400.000,00
	PAJAK Ppn 11 %	2.205.764.000,00
	GRAND TOTAL	22.258.164.000,00
TERBILANG : Dua Puluh Dua Milyar Dua Ratus Lima Puluh Delapan Juta Seratus Enam Puluh Empat Ribu Rupiah		

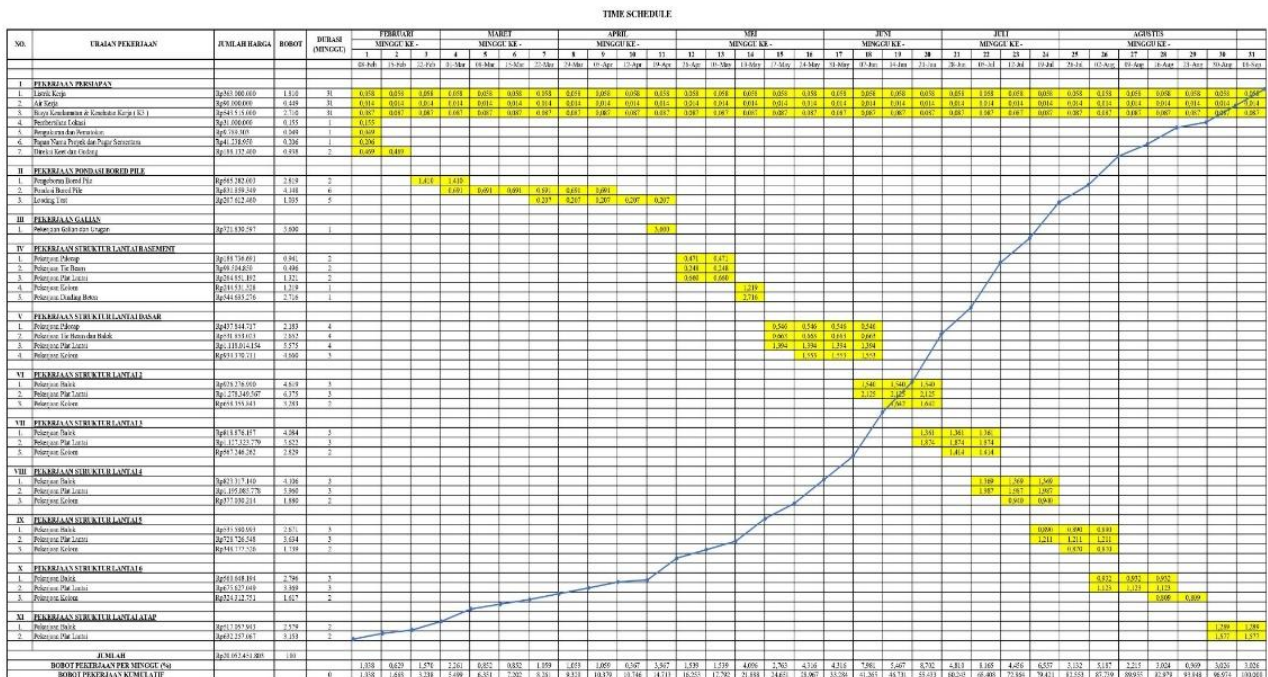
3.9. Penjadwalan Proyek

Dalam mengintegrasikan BIM 5D, dibutuhkan penjadwalan proyek yang nantinya akan digunakan sebagai simulasi progres pekerjaan struktur pada proyek bangunan gedung. Penyusunan penjadwalan proyek memperlihatkan urutan kegiatan, durasi masing-masing pekerjaan, serta ketergantungan antar kegiatan sepanjang fase pelaksanaan struktur. Diagram Gantt pada di bawah ini memuat kegiatan utama mulai dari persiapan, pekerjaan struktur per lantai, hingga penyelesaian akhir, dengan rentang terencana dari 8 Februari sampai 12 September 2023 (217 hari). Jadwal waktu pelaksanaan atau *time schedule* pekerjaan struktur yang disusun menggunakan Microsoft Project disajikan pada Gambar 14.



Gambar 14. *Time Schedule*

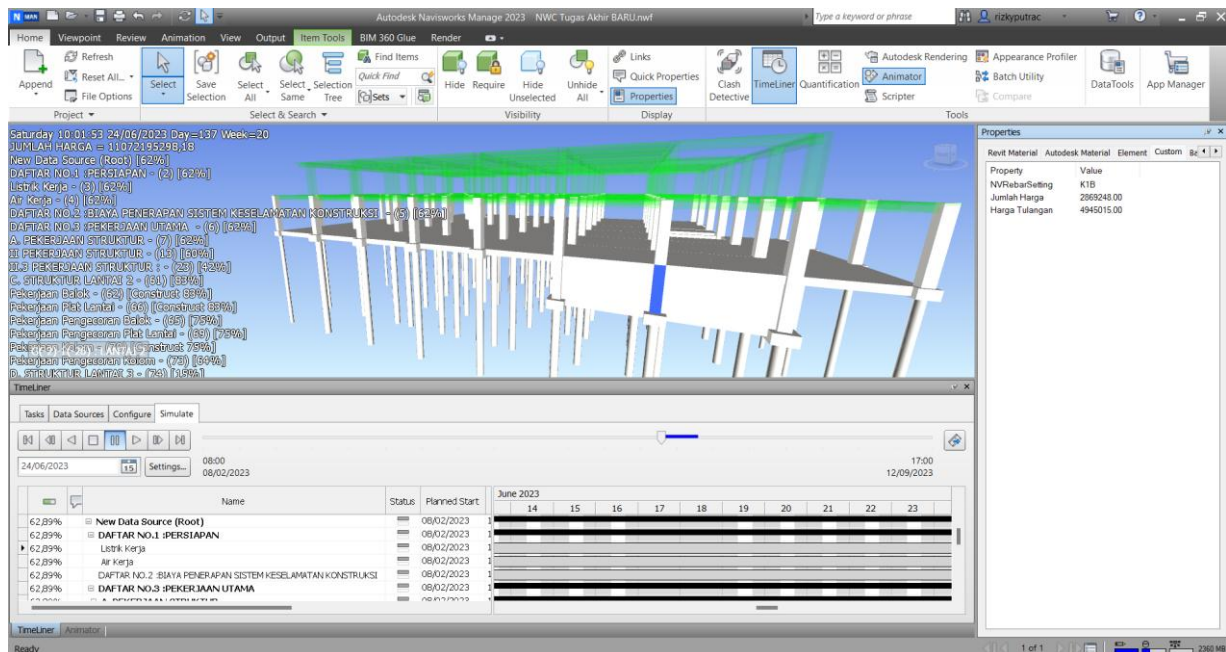
Adapun grafik Kurva S menunjukkan hubungan antara waktu pelaksanaan pada sumbu *horizontal* dan akumulasi progres pekerjaan pada sumbu *vertical*. Grafik ini digunakan untuk memantau kesesuaian jadwal dan alokasi biaya proyek, sekaligus menjadi acuan dalam mengidentifikasi periode percepatan maupun keterlambatan pekerjaan. Berikut akumulasi progres pekerjaan terhadap waktu yang divisualisasikan dalam Gambar 15.



Gambar 15. Kurva S

3.10. Integrasi BIM 5D

BIM 5D adalah konsep BIM dengan menambahkan dimensi waktu (4D) dan biaya (5D) ke model 3D bangunan. Selain memuat data-data struktur, model ini juga mencakup data tentang jadwal proyek dan estimasi biaya, yang memungkinkan manajemen proyek yang lebih komprehensif dan efisien. Data-data yang dibutuhkan untuk membuat simulasi BIM 5D diantaranya model 3D dari *Revit*, time schedule dari *Ms. Project*, dan RAB dari *Microsoft Excel*. Untuk membuat simulasi BIM 5D digunakan *software Navisworks* untuk menggabungkan antara penjadwalan dan RAB. Gambar 16 merupakan hasil simulasi BIM 5D pada *Navisworks*.



Gambar 16. Simulasi BIM 5D

Dari Gambar 16 dapat dilihat model 3D yang bergerak sesuai dengan jadwal pekerjaan yang berlangsung. Di sebelah kiri juga terdapat waktu pekerjaan, progress pekerjaan, dan biaya yang sudah dikeluarkan dalam periode tertentu. Untuk detail biaya item pekerjaan terlihat di kanan layar.

4. Kesimpulan

Hasil dari perencanaan ulang struktur gedung Rumah Sakit Universitas Padjadjaran terdapat beberapa kesimpulan, antara lain sebagai berikut:

- 1) Pada perencanaan ulang yang dilakukan terdapat perubahan pada struktur bangunan yaitu dimensi pondasi *bore pile*, *pile cap*, *tie beam*, dan dinding penahan untuk struktur bawah, serta kolom, balok, dan pelat lantai untuk struktur atas dikarenakan faktor pembebanan dan efisiensi luas penampang yang berbeda.
- 2) Dengan penjadwalan menggunakan *Microsoft Project*, durasi seluruh pekerjaan direncanakan selama 31 minggu. Jadwal ini kemudian dapat terintegrasi dengan baik ke dalam konsep BIM 4D dengan memasukkan model struktur dan jadwal tersebut ke dalam *Autodesk Navisworks* sehingga dapat membantu mengelola waktu proyek secara efektif.
- 3) Dari pemodelan struktur menggunakan *Autodesk Revit*, melalui analisis *quantity take-off* diperoleh volume seluruh pekerjaan yang kemudian di *input* ke *Microsoft Excel* untuk menghitung RAB. Total nilai RAB, termasuk PPN 11%, adalah Rp 22.258.164.000,00.

Ucapan terima kasih

Kami mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam penyusunan laporan ini. Terima kasih kepada PT. PP (Persero) Tbk selaku kontraktor, PT. Patroon Arsindo selaku konsultan perencanaan, dan Universitas Padjadjaran selaku *owner* yang telah membantu memberikan data pendukung terhadap perencanaan ini. Kerjasama dan dedikasi semua

pihak telah memungkinkan tercapainya hasil yang komprehensif dan berkualitas dalam laporan ini.

Referensi

- Arifah, A. G., Akbar, M. R., & AFFANDHIE, R. B. A. (2017). Perencanaan Struktur Gedung kuliah Fakultas Teknik di Malang dengan Metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah. Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.
- Badan Standardisasi Nasional. (2002). SNI 2847:2002 Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung.
- Badan Standardisasi Nasional. (2013). SNI 2847:2013 Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung.
- Badan Standardisasi Nasional. (2017). SNI 2052:2017 Baja Tulangan Beton.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). SNI 1726:2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Nongedung.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). SNI 2847:2019 Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung Dan Penjelasan.
- Badan Standardisasi Nasional. (2020). SNI 1727:2020 Beban Desain Minimum Dan Kriteria Terkait Untuk Bangunan Gedung Dan Struktur Lain.
- Berlian, C. A., Adhi, R. P., Hidayat, A., & Nugroho, H. (2016). PERBANDINGAN EFISIENSI WAKTU, BIAYA, DAN SUMBER DAYA MANUSIA ANTARA METODE BUILDING INFORMATION MODELLING (BIM) DAN KONVENSIONAL (STUDI KASUS: PERENCANAAN GEDUNG 20 LANTAI) (Vol. 5, Issue 2). Halaman. <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jkts>
- Fassa, F., Soekiman, A., & Wibowo, A. (2021). Manajemen Risiko di Industri Konstruksi Periode 2017 s.d 2020: Tinjauan Sistematis dan Analisis Konten Yogyakarta.
- Kementrian PUPR. (2018). Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 22/PRT/M/2018 Tentang Pembangunan Bangunan Gedung Negara. Dalam JDIH Kementrian PUPR.
- Laily, F. N., Husni, H. R., & Bayzoni. (2021). Perbandingan Perhitungan BoQ dengan Menggunakan Revit 2019 Terhadap Perhitungan BoQ dengan Menggunakan Metode Konvensional pada Pekerjaan Struktur (Studi Kasus: Gedung G Fakultas Pertanian Universitas Lampung). REKAYASA: Jurnal Ilmiah Fakultas Teknik Universitas Lampung, 25(2), 27–31. <https://doi.org/10.23960/rekrjits.v25i2.30>
- Rachmawati, Septiana. (2022). Implementasi Konsep BIM 4D Dalam Perencanaan Time Schedule Dengan Analisis Resources Levelling. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia
- Rafli, Endro Yuwono, B., & Rayshanda, R. (2018). MANFAAT PENGGUNAAN BUILDING INFORMATION MODELLING (BIM) PADA PROYEK KONSTRUKSI SEBAGAI MEDIA KOMUNIKASI STAKEHOLDERS.
- Rambe, A. R. (2022). Desain Struktur Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) di Wilayah Gempa. Medan: Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
- Rumbyarso, Yonas Prima Arga. (2021). Perencanaan Struktur Bangunan Atas (Upper Structure) Gedung STIE Bank BPD Jateng Kota Semarang. Jurnal Teknokris, 24(1), (2021)

Perencanaan ulang struktur gedung RSI PKU Muhammadiyah Pekalongan berbasis *Building Information Modelling* (BIM) 5D

Elsi Mayastri Sinaga^{a*}, Februardo Wijaya Laksamana Ariea Haryono^a, Bambang Setiabudia^a, Tri Susanto^a

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

ARTICLE INFO

Corresponding author:

Email:

elsimayastri616@gmail.com

Article history:

Received : 16 June 2025

Revised : 24 September 2025

Accepted : 25 September 2025

Publish : 30 September 2025

Keywords:

BIM, Etabs, Navisworks, Revit, Structure

ABSTRACT

Building construction planning and design by implementing Building Information Modeling (BIM) is a new method in the industrial era 4.0 that can help accelerate and simplify the planning process of a construction project. This is needed because there are often weaknesses in the planning and implementation of construction projects that cause failure in them, plus the increase in infrastructure development in Indonesia which is also supported by the development of the 4.0 era. Therefore, this Final Project report is intended to re-plan the structure of the RSI PKU Muhammadiyah Pekalongan Building by implementing Etabs structural analysis software and BIM software integrated with Revit and Navisworks. This re-planning is based on several rules, namely SNI 2847-2019 regarding structural concrete requirements, SNI 1727-2020 regarding minimum load reviews, and SNI 1726-2019 regarding earthquake strength in buildings and non-buildings, which will then be analyzed using Etabs against these requirements, then a 3-dimensional model of the BIM-based building is created through Revit, and the use of Navisworks to plan project scheduling. It is hoped that through this Final Assignment, it can be proven that project planning will be more efficient and easier with BIM integration along with the development of infrastructure in Indonesia and can minimize weaknesses and failures during its implementation.

Copyright © 2025 PILARS-UNDIP

1. Pendahuluan

Pembangunan infrastruktur yang berkelanjutan sangat dibutuhkan untuk membangkitkan perekonomian Indonesia guna bersaing dengan negara-negara lain. Bidang konstruksi adalah bidang yang berkaitan dengan ekonomi, meliputi unsur perencanaan, pelaksanaan, pemeliharaan, dan operasional yang menghasilkan sebuah bentuk konstruksi melalui perubahan dari berbagai input material (Lesar et al., 2022). Salah satu tolak ukur yang digunakan guna tahu letak perkembangan tingkat ekonomi suatu negara pada waktu tertentu dapat dilihat di indikator Produk Domestik Bruto (PDB). Menurut data yang dihimpun dari badan PUPR, pengaruh sektor konstruksi sendiri lumayan berdampak pada pengaturan Produk Domestik Bruto (PDB) Indonesia, yaitu pada satu dekade belakangan ini di mana rata-rata pengaruhnya hingga sebesar 10,53%, selain itu di tiga bulan pertama tahun 2022 pengaruhnya hingga 10,42% pada PDB Nasional (PUPR, 2022).

Berkaitan dengan itu, pelaku industri jasa konstruksi dalam hal ini perencana dan kontraktor proyek konstruksi, dituntut untuk siap bersaing dalam mewujudkan suatu proyek konstruksi yang lebih baik dan lebih optimal. Hal ini menjadikan metode konvensional dinilai kurang efisien serta kurang akurat untuk diterapkan dalam proses pembangunan konstruksi. BIM merupakan cara pembaharuan pada dunia konstruksi yang dapat membantu menunjang proses kegiatan pada tiap pekerjaan di proyek konstruksi (Wibowo et al., 2020). Penerapan BIM dalam industri konstruksi dinilai lebih efisien dibandingkan pengerjaan proyek yang dilakukan secara konvensional (Ramadhani

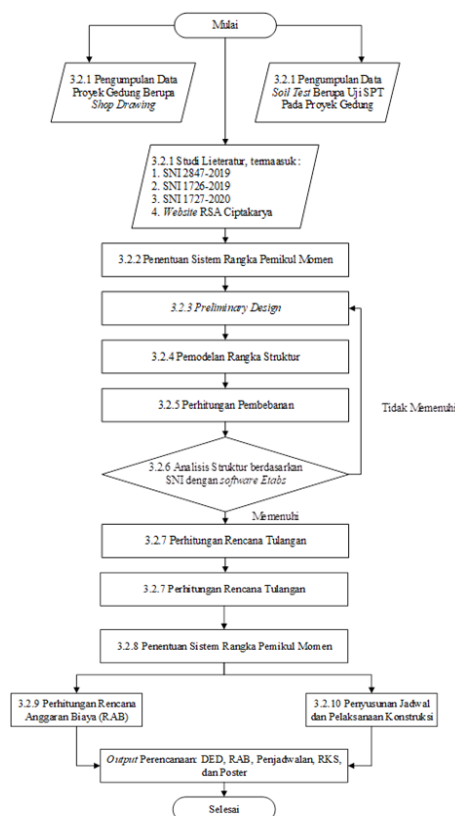
et al., 2022).

Pada penelitian ini akan dijelaskan mengenai perencanaan ulang Gedung RSI PKU Muhammadiyah Pekalongan ini akan diterapkan metode *Building Information Modelling* (BIM) dengan beberapa perangkat lunak yang terintegrasi. Kemudian, dilakukan *redesign* dengan mengubah dimensi struktur dari bangunan aslinya yang disesuaikan dengan syarat perencanaan struktural berdasarkan SNI terkait Untuk analisis struktur pemodelan dilakukan dengan *software Etabs* yang juga mengacu pada SNI terkait, kemudian pemodelan 3D dan perhitungan volume dengan menggunakan *Revit* dan penjadwalan proyek menggunakan *Navisworks*.

Revit dan *Naviswork* memiliki fitur dan keunggulan masing-masing. *Revit* dalam hal ini, sangat membantu dalam perencanaan gambar DED karena *software*-nya yang memungkinkan pengguna dapat membuat ataupun merevisi gambar rencana melalui visualisasi 3D (3 dimensi). Begitu juga dengan *Naviswork*, *software* ini mampu membuat visualisasi 4D (4 dimensi) terhadap model 3D dan penjadwalan yang direncanakan. Dengan adanya penggunaan *software Revit* dan *Naviswork* dapat dimungkinkan penurunan tingkat kesalahan dari model bangunan yang dibuat sehingga efektivitas dalam pembuatan gambar DED dapat ditingkatkan (Ramadhani et al., 2022).

2. Data dan metode

Gedung pada perencanaan ulang ini merupakan sebuah gedung rumah sakit dengan jumlah lantai yang direncanakan adalah 6 lantai, dengan tinggi keseluruhan 29 m. Pada perencanaan ulang ini digunakan jenis struktur Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus yang perencanaannya sudah berdasarkan acuan SNI 1726-2019. Selain itu digunakan pula pedoman yang lain, yaitu SNI 1727-2020, SNI 2847-2019, ACI-318M-19. Alur perencanaan ini dimulai dengan tahap perencanaan ulang dimensi penampang, yang kemudian dilakukan analisis terhadap struktur yang sudah direncanakan, baik pembebanannya maupun dimensinya. Selanjutnya dilakukan perhitungan tulangan struktur atas dan bawah. Kemudian dilakukan pemodelan 3D menggunakan *software Revit*, dan selanjutnya akan didapatkan *Quantity Take Off* yang digunakan untuk menghitung Rencana Anggaran Biaya (RAB) dan penjadwalan menggunakan *Microsoft Project*. Terakhir model 3D dan penjadwalan tersebut akan diintegrasikan menggunakan BIM yaitu melalui *software Naviswork*. Adapun diagram alir perencanaan ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Diagram Alir Perencanaan

3. Hasil dan pembahasan

3.1. Preliminary Design

Preliminary design merupakan tahapan menentukan dimensi elemen struktural khususnya dalam hal ini pada bangunan gedung seperti struktur balok, struktur kolom, struktur pelat lantai, dan lain sebagainya. Preliminary design ini tentunya dilakukan berdasarkan Peraturan SNI-2847-2019 tentang Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan. Selain itu, *preliminary design* pada perencanaan ulang ini dihitung berdasarkan data-data yang dapat dilihat pada gambar DED asli proyek seperti jarak as ke as untuk balok, tinggi as ke as untuk kolom, serta nilai perbandingan antara L_y/L_x untuk pelat lantai, dan lain sebagainya.

a) Perencanaan Dimensi Balok

Preliminary design pada balok dilakukan bertujuan untuk menentukan dimensi balok yang efektif dan sesuai dengan peraturan persyaratan yang diatur SNI. Peraturan SNI-2847-2019 pada tabel 9.3.1.1 mengatur tentang tinggi minimum balok, sehingga dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Tinggi Minimum Balok Nonprategang

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

Adapun formula yang digunakan dalam *preliminary design* balok pada perencanaan ulang struktur Gedung Rumah Sakit Islam PKU Muhammadiyah Pekalongan:

1. Tinggi balok induk, $h = L/12$
2. Tinggi balok anak, $h = L/16$
3. Lebar balok, $b = h/2$

Adapun pada Tabel 2 merupakan rekapitulasi *preliminary design* struktur balok.

Tabel 2. Rekapitulasi *Preliminary Design* Struktur Balok

No	L	h min	h pakai	b min	b pakai	Dimensi		Jenis
						h	b	
1	2750	229,17	500	250	300	500	300	B1
2	3000	250,00	500	250	300	500	300	B1
3	3500	291,67	500	250	300	500	300	B1
4	5500	458,33	600	300	300	600	300	B2
5	7000	583,33	700	350	400	700	400	B3
6	8000	666,67	800	400	400	800	400	B4
7	9000	750,00	800	400	400	800	400	B4
8	7000	583,33	600	300	400	600	400	S1
9	8000	666,67	600	300	400	600	400	S1
10	9000	750,00	600	300	400	600	400	S1

b) Perencanaan Dimensi Pelat

Dalam teorinya, pelat dibagi menjadi 2 jenis berdasarkan nilai perbandingan antara L_y (sisi panjang) dibagi dengan L_x (sisi pendek) dari dimensi pelat itu sendiri. Pelat satu arah apabila $L_y/L_x \geq 2,5$ sedangkan pelat dua arah apabila $L_y/L_x < 2,5$. Kasus pelat dengan perbandingan L_y/L_x terbesar dengan nilai L_x terbesar di antara kasus pelat yang lainnya adalah pada pelat berukuran 400 x 350 cm. Pelat ini terdapat pada 2 perletakan pada perencanaan ulang ini yaitu berada di tepi dan tengah struktur bangunan. Berikut rekapitulasi penggunaan pelat yang digunakan pada perencanaan ulang gedung yang ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Rekapitulasi penggunaan tipe pelat lantai yang digunakan

No	Tipe Pelat	h min (mm)	h pakai (mm)	Cek ($t_{min} < t$)	Kode
1	Pelat Lantai	90	130	OK	S1
2	Pelat Atap	90	120	OK	S2

c) Perencanaan Dimensi Kolom

Preliminary design kolom dihitung berdasarkan akumulasi beban aksial menyesuaikan distribusi beban yang diterima oleh kolom yang ditinjau. Beban-beban tersebut dapat berasal dari beban mati dan beban hidup yang disesuaikan dengan perencanaan beban bangunan berdasarkan fungsi bangunan dan SNI pembebanan yang berlaku. Berikut dapat dilihat rekapitulasi dimensi kolom yang akan digunakan, ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Rekapitulasi penggunaan tipe kolom yang digunakan

No	Tipe Pelat	Dimensi	Kode
1	Kolom Tengah Bangunan	70x70	K1
2	Kolom Tepi Bangunan	60x60	K2
3	Kolom Belakang Bangunan	50x50	K3
4	Kolom Lift	60x60	KL

3.2. Analisis Struktur

Tahapan analisis struktur berfungsi untuk mengecek apakah struktur yang dihitung pada tahapan *preliminary design* telah mampu menahan beban yang direncanakan sesuai dengan fungsi bangunan yang akan direncanakan. Analisis struktur pada perencanaan ulang ini menggunakan *software* penghitung struktur yaitu *software Etabs*. Pada analisis ini dilakukan pengecekan apakah struktur sudah aman penampangnya atau belum. Dengan melakukan analisis struktur juga dapat diperoleh nilai gaya-gaya dalam, seperti gaya aksial, gaya geser, dan gaya momen. Perhitungan dari gaya-gaya dalam ini nantinya diperlukan sebagai perbandingan nilai A_s minimum terhadap tulangan yang dibutuhkan. Oleh karena itu, tahapan analisis struktur ini sangat penting dilakukan pada saat perencanaan karena akan mempengaruhi desain dari struktur bangunan yang diinginkan.

3.3. Perhitungan Tulangan Struktur Atas

Setelah melakukan analisis struktur pada *software Etabs*, selanjutnya hasil-hasil gaya dalam yang diperoleh tersebut digunakan untuk melakukan perhitungan tulangan struktur atas. Perhitungan tulangan struktur atas meliputi beberapa bagian, yaitu pada tulangan balok, tulangan pelat, dan tulangan kolom.

a) Perhitungan Tulangan Balok

Untuk mendapatkan kebutuhan tulangan utama pada balok, dilakukan dengan membandingkan hasil A_s perlu yang diperoleh berdasarkan *output Etabs* dengan A_s minimum berdasarkan SNI 2847-2019. Selanjutnya dilakukan pengecekan A_s pasang $\geq A_s$ minimum dan A_s perlu. Selanjutnya untuk mendapatkan kebutuhan tulangan sengkang, dilakukan perbandingan antara hasil A_v/S perlu dari *output Etabs* dengan A_v maksimum berdasarkan SNI 2847-2019. Terakhir, untuk tulangan badan pada balok, digunakan syarat pasang apabila daerah tanpa tulangan ≥ 300 mm. Dilakukan pengecekan dengan S pasang $< S$ perlu dan S maksimum. Berikut pada Tabel 5, Tabel 6, dan Tabel 7, rekapitulasi perhitungan tulangan utama balok, tulangan sengkang balok, dan tulangan badan balok.

Tabel 5. Perhitungan Tulangan Utama Balok

Nama	Ukuran Balok (b x h)	Daerah	Letak Tulangan	A_s Perlu mm^2	A_s min 1	A_s min 2	$\emptyset$ mm	n	A_s Pasang mm^2	A_s Pasang $\geq A_s$ min	A_s Pasang $\geq A_s$ Perlu	Dipasang		
B1	300 x 500	Tumpuan	Atas	1350	429,38	439,00	22	4	1520,53	OK	OK	4	D	22
			Bawah	1100	429,38	439,00	22	3	1140,40	OK	OK	3	D	22
		Lapangan	Atas	641	429,38	439,00	22	2	760,27	OK	OK	2	D	22
			Bawah	690	429,38	439,00	22	3	1140,40	OK	OK	3	D	22
B2	300 x 600	Tumpuan	Atas	1552	527,18	539,00	22	5	1900,66	OK	OK	5	D	22
			Bawah	912	527,18	539,00	22	3	1140,40	OK	OK	3	D	22
		Lapangan	Atas	607	527,18	539,00	22	2	760,27	OK	OK	2	D	22
			Bawah	915	527,18	539,00	22	3	1140,40	OK	OK	3	D	22
B3	400 x 700	Tumpuan	Atas	2813	827,45	846,00	25	6	2945,24	OK	OK	6	D	25

Nama	Ukuran Balok (b x h)	Daerah	Letak Tulangan	As Perlu mm ²	As min 1	As min 2	Ø mm	n	As Pasang mm ²	As Pasang ≥ As min	As Pasang ≥ As Perlu	Dipasang				
B4	400 x 800	Lapangan	Bawah	1583	827,45	846,00	25	4	1963,50	OK	OK	4	D	25		
			Atas	1005	827,45	846,00	25	3	1472,62	OK	OK	3	D	25		
			Bawah	1634	827,45	846,00	25	4	1963,50	OK	OK	4	D	25		
		Tumpuan	Atas	3030	957,86	979,33	25	7	3436,12	OK	OK	7	D	25		
			Lapangan	Bawah	1724	957,86	979,33	25	4	1963,50	OK	OK	4	D	25	
				Atas	1107	957,86	979,33	25	3	1472,62	OK	OK	3	D	25	
				Bawah	1645	957,86	979,33	25	4	1963,50	OK	OK	4	D	25	
		S1	400 x 600	Tumpuan	Atas	1181	702,91	718,67	22	4	1520,53	OK	OK	4	D	22
					Bawah	777	702,91	718,67	22	3	1140,40	OK	OK	3	D	22
Lapangan	Atas			735	702,91	718,67	22	2	760,27	OK	OK	2	D	22		
	Bawah			792	702,91	718,67	22	3	1140,40	OK	OK	3	D	22		

Tabel 6. Perhitungan Tulangan Sengkan Balok

Nama	Ukuran Balok	Daerah	Av mm ²	Av min	Ø mm	n	S perlu mm	Spasi Max 1 mm	Spasi Max 2 mm	Spasi Max 3 mm	S pakai mm	Dipasang		
B1	300 x 500	Tumpuan	0,80	0,250	10	3	294,52	109,75	132	150	100	3	D	10 -100
		Lapangan	0,77	0,250	10	2	204,00	220			150	2	D	10 - 150
B2	300 x 600	Tumpuan	0,80	0,250	10	3	294,52	134,75	132	150	100	3	D	10 - 100
		Lapangan	0,78	0,250	10	2	201,38	270			150	2	D	10 - 150
B3	400 x 700	Tumpuan	1,10	0,333	13	3	362,00	158,63	150	150	100	3	D	13 - 100
		Lapangan	1,07	0,333	13	3	372,15	317			150	3	D	13 - 150
B4	400 x 800	Tumpuan	0,58	0,333	13	3	686,55	183,63	150	150	100	3	D	13 - 100
		Lapangan	0,30	0,333	13	3	1194,59	367			150	3	D	13 - 150
S1	400 x 600	Tumpuan	0,45	0,333	10	2	349,07	134,75	132	150	100	2	D	10 - 100
		Lapangan	0,42	0,333	10	2	374,00	270			150	2	D	10 - 150

Tabel 7. Perhitungan Tulangan Badan Balok

Nama	Ukuran Balok (b x h)	Daerah tanpa tulangan	Tulangan Badan
B1	300 x 500	420	2 D 16
B2	300 x 600	520	2 D 16
B3	400 x 700	620	4 D 16
B4	400 x 800	720	4 D 16
TB1	400 x 600	520	4 D 16

Type Balok	TB1			Lantai
Dimensi (mm)	400x600			
Posisi	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	
				Lantai Tipikal
Tul. Atas	4 D22	2 D22	4 D22	
Tul. Bawah	3 D22	3 D22	3 D22	
Tul. Senggang	2 D10-100	2 D10-150	2 D10-100	
Tul. Badan	4 D16	4 D16	4 D16	

Type Balok	B1			Lantai
Dimensi (mm)	400x600			
Posisi	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	
				Lantai Tipikal
Tul. Atas	4 D22	2 D22	4 D22	
Tul. Bawah	3 D22	3 D22	3 D22	
Tul. Senggang	3 D10-100	2 D10-150	3 D10-100	
Tul. Badan	2 D16	2 D16	2 D16	

Type Balok	B2			Lantai
Dimensi (mm)	400x600			
Posisi	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	
				Lantai Tipikal
Tul. Atas	5 D22	2 D22	5 D22	
Tul. Bawah	3 D22	3 D22	3 D22	
Tul. Senggang	3 D10-100	2 D10-150	3 D10-100	
Tul. Badan	2 D16	2 D16	2 D16	

Type Balok	B3			Lantai
Dimensi (mm)	400x600			
Posisi	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	
				Lantai Tipikal
Tul. Atas	6 D25	3 D25	6 D25	
Tul. Bawah	4 D25	4 D25	4 D25	
Tul. Senggang	3 D13-100	3 D13-150	3 D13-100	
Tul. Badan	4 D16	4 D16	4 D16	

Type Balok	B4			Lantai
Dimensi (mm)	400x600			
Posisi	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	
				Lantai Tipikal
Tul. Atas	7 D25	3 D25	7 D25	
Tul. Bawah	4 D25	4 D25	4 D25	
Tul. Senggang	3 D13-100	3 D13-150	3 D13-100	
Tul. Badan	4 D16	4 D16	4 D16	

Gambar 2. Detail Tulangan Balok

b) Perhitungan Tulangan Pelat

Tulangan pelat dihitung pada arah x dan arah y. Perhitungan ini berdasarkan *output* Mu yang diperoleh dari *Etabs*, kemudian selanjutnya dilakukan perhitungan sistematis untuk memperoleh hasil As perlu dan As pasang, yang dimana As pasang > As perlu. Berikut ini rekapitulasi perhitungan tulangan pelat yang ditunjukkan pada Tabel 8.

Tabel 8. Perhitungan Tulangan Pelat

Tebal Pelat (mm)	Nama Tulangan	Daerah	Mu kNm	Ø mm	Jarak mm	Luas mm ²	Mutu Beton fc'	Mutu Baja fy	Tebal Efektif Pelat (d)	Ø Mn kNm	a mm	Cek Kapasitas	Di Pasang
130	Tulangan Arah X	Tumpuan	9,61	10	150	523,60	30	420	105	19,93	8,62	OK	D 10 - 150
		Lapangan	3,53	10	150	523,60	30	420	105	19,93	8,62	OK	D 10 - 150
	Tulangan Arah Y	Tumpuan	7,93	10	150	523,60	30	420	105	19,93	8,62	OK	D 10 - 150
		Lapangan	4,04	10	150	523,60	30	420	105	19,93	8,62	OK	D 10 - 150
120	Tulangan Arah X	Tumpuan	5,11	10	150	523,60	30	420	95	17,95	8,62	OK	D 10 - 150
		Lapangan	1,82	10	150	523,60	30	420	95	17,95	8,62	OK	D 10 - 150
	Tulangan Arah Y	Tumpuan	4,76	10	150	523,60	30	420	95	17,95	8,62	OK	D 10 - 150
		Lapangan	2,31	10	150	523,60	30	420	95	17,95	8,62	OK	D 10 - 150

c) Perhitungan Tulangan Kolom

Tulangan utama kolom diperoleh berdasarkan hasil As perlu dari *Etabs*. Selanjutnya dilakukan perhitungan terhadap As pasang berdasarkan diameter dan jumlah tulangan yang akan digunakan.

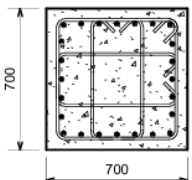
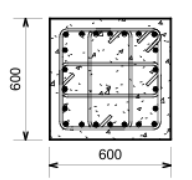
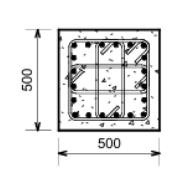
As pasang > As perlu. Selanjutnya pada perhitungan tulangan sengkang kolom, digunakan pula *output* Av perlu dari *Etabs*. Kemudian hitung S maksimum berdasarkan SNI 2847-2019. Selanjutnya hitung S pakai yang akan digunakan. S pakai < S perlu dan S maksimum. Berikut ini rekapitulasi perhitungan tulangan utama kolom yang ditunjukkan pada Tabel 9, dan perhitungan tulangan sengkang yang ditunjukkan pada Tabel 10.

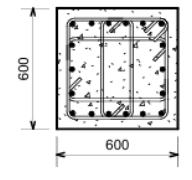
Tabel 9. Perhitungan Tulangan Utama Kolom

Nama	Dimensi Kolom (b x h)			Kuat Tekan Beton, fc' (MPa)	Kuat Leleh Baja Tulangan, fy (MPa)	As perlu mm ²	Ø mm	Luas mm ²	Jumlah	As Terpasang mm ²	Syarat As Pasang ≥ As perlu	Dipasang			Cek Rasio Tulangan	
															Cek ρ min & ρ max	
K1	700	x	700	30	420	10873	25	490,8739	24	11780,97	OK	24	D	25	2,40%	OK
K2	600	x	600	30	420	9725	25	490,8739	22	10799,22	OK	22	D	25	3,00%	OK
K3	500	x	500	30	420	8995	25	490,8739	20	9817,48	OK	20	D	25	3,93%	OK
KL	600	x	600	30	420	7247	25	490,8739	18	8835,73	OK	18	D	25	2,45%	OK

Tabel 10. Perhitungan Tulangan Sengkang Kolom

										Tinggi efektif kolom d = b - ts - tul.geser - 1/2 tul utama	Spasi Max 1 mm	Spasi Max 2 (d/2) mm	S pakai mm	Dipasang				
Nama	Ukuran Kolom			Av perlu mm²	Av min	Ø mm	n Kaki	Luas mm²	S perlu mm									
K1	700	x	700	1,81	0,583	13	4	530,93	293,33	624,5	150	312,25	100	4	D	13	-	100
K2	600	x	600	3,29	0,500	13	4	530,93	161,38	524,5	150	262,25	100	4	D	13	-	100
K3	500	x	500	3,79	0,417	13	4	530,93	140,09	424,5	150	212,25	100	4	D	13	-	100
KL	600	x	600	2,70	0,500	13	4	530,93	196,64	524,5	150	262,25	100	4	D	13	-	100

Keterangan	Notasi	Keterangan	Notasi	Keterangan	Notasi
					
Tipe Kolom	K1	Tipe Kolom	K2	Tipe Kolom	K3
Dimensi	700x700	Dimensi	600x600	Dimensi	500x500
Tulangan Utama	24 D 25	Tulangan Utama	22 D 25	Tulangan Utama	20 D 25
Tulangan Sengkang	4 D 10 - 100	Tulangan Sengkang	4 D 10 - 100	Tulangan Sengkang	4 D 10 - 100
Mutu Beton	30 MPa	Mutu Beton	30 MPa	Mutu Beton	30 MPa

Keterangan	Notasi
	
Tipe Kolom	KL
Dimensi	600x600
Tulangan Utama	18 D 25
Tulangan Sengkang	4 D 10 - 100
Mutu Beton	30 MPa

Gambar 3. Detail Tulangan Kolom

d) Perhitungan Tulangan Tangga

Dalam perhitungan tulangan tangga, terdapat beberapa perhitungan, yakni penulangan pada pelat tangga bawah, pelat tangga atas, dan pada balok bordes tangga. Berikut ini rekapitulasi perhitungan tulangan tangga pada pelat dan pada balok bordes, yang ditunjukkan pada Tabel 11.

Tabel 11. Rekapitulasi Tulangan Tangga

Lantai	Plat Tangga Bawah	Tulangan	Plat Tangga Atas	Tulangan	Balok Bordes	Tulangan
Lantai 1	Tul. Pokok	10 - 100	Tul. Pokok	10 - 100	Tul. Pokok	4 D 22
	Tul. Bagi	10 - 150	Tul. Bagi	10 - 150	Tumpuan	D 10 - 100
					Lapangan	D 10 - 150
Lantai 2 s.d. Lantai 6	Tul. Pokok	10 - 100	Tul. Pokok	10 - 100	Tul. Pokok	4 D 22
	Tul. Bagi	10 - 150	Tul. Bagi	10 - 150	Tumpuan	D 10 - 100
					Lapangan	D 10 - 150

3.4. Perhitungan Struktur Bawah

Pada perencanaan struktur bawah dibagi dalam dua bagian, yaitu perencanaan *borpile* dan perencanaan pada *pile cap*. Perhitungan dimensi penampang didasarkan pada hasil atau data tanah yaitu SPT. Berikut diuraikan perhitungan secara sistematis.

a) Perencanaan *Bor pile*

Data pengujian tanah yang telah diperoleh guna dijadikan sebagai landasan untuk merencanakan ukuran baik diameter maupun kedalaman tiang untuk pondasi ini yaitu berdasarkan pengujian SPT (*Standard Penetration Test*). Dalam menentukan kebutuhan diameter dan panjang tiang yang direncanakan untuk struktur pondasi tiang (pondasi *borepile*) pada struktur bawah perencanaan struktur bangunan ini menggunakan metode *Meyerhoff*. Dilakukan perhitungan secara sistematis yang kemudian akan diperoleh nilai Daya Dukung Tiang yang digunakan untuk merencanakan jumlah tiang yang dibutuhkan tiap titik kolom. Kemudian dilakukan perhitungan efisiensi kelompok tiang pada *pile cap* yang digunakan. Berikut rekapitulasi kebutuhan tiang dan diameter tiang yang digunakan para perencanaan ini, yang ditunjukkan pada Tabel 12.

Tabel 12. Perhitungan Persentase Efisiensi Kelompok Tiang dan Q Izinnya

Titik Pondasi		Tekanan (kN)	Diameter Pondasi (cm)	Q netto per tiang (kN)	Jumlah Pile Hitungan	Jumlah Pile Digunakan	Jumlah Pile Per Baris X	Jumlah Pile Per Baris Y	Eff (%)	Q Izin Pile (Kn)	Ket.	Tipe
X	Y											
A	1	1531,7376	60	596,72	2,567	4	2	2	81,0%	1933	OK	PC1
A	2	1049,4485	60	596,72	1,759	4	2	2	81,0%	2387	OK	PC1
A	3	921,6446	60	596,72	1,545	4	2	2	81,0%	2387	OK	PC1
A	4	2052,2813	60	596,72	3,439	4	2	1	81,0%	2387	OK	PC1
A	5	2478,4219	60	596,72	4,153	6	2	3	77,8%	3580	OK	PC2
A	6	2426,9106	60	596,72	4,067	6	2	3	77,8%	3580	OK	PC2
A	7	1673,8746	60	596,72	2,805	4	2	2	81,0%	2387	OK	PC1
A	8	1228,7574	60	596,72	2,059	4	2	2	81,0%	2387	OK	PC1
B	2	1203,3728	60	596,72	2,017	4	2	2	81,0%	2387	OK	PC1
B	3	1003,7497	60	596,72	1,682	4	2	2	81,0%	2387	OK	PC1
B	4	1603,5293	60	596,72	2,687	4	2	2	81,0%	2387	OK	PC1
B	7	1590,6179	60	596,72	2,666	4	2	2	81,0%	2387	OK	PC1
B	8	948,8274	60	596,72	1,590	4	2	2	81,0%	2387	OK	PC1
C	1	1704,8861	60	596,72	2,857	4	2	2	81,0%	2387	OK	PC1
C	4	2532,9503	60	596,72	4,245	6	2	3	77,8%	3580	OK	PC2
C	5	2864,3299	60	596,72	4,800	6	2	3	77,8%	3580	OK	PC2
C	6	2838,9314	60	596,72	4,758	6	2	3	77,8%	3580	OK	PC2
C	7	1789,8489	60	596,72	2,999	4	2	2	81,0%	2387	OK	PC1
C	8	970,8148	60	596,72	1,627	4	2	2	81,0%	2387	OK	PC1
D	1	2150,8014	60	596,72	3,604	4	2	2	81,0%	2387	OK	PC1
D	4	3519,9789	60	596,72	5,899	6	2	3	77,8%	3580	OK	PC2
D	5	2933,6046	60	596,72	4,916	6	2	3	77,8%	3580	OK	PC2
D	6	3056,6366	60	596,72	5,122	6	2	3	77,8%	3580	OK	PC2
D	7	2245,3515	60	596,72	3,763	4	2	2	81,0%	2387	OK	PC1

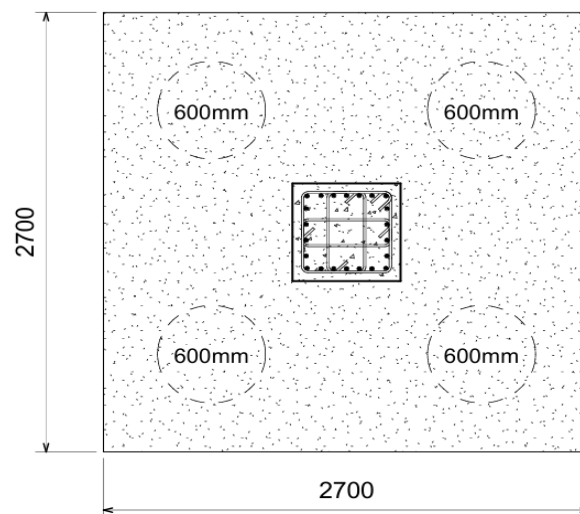
Titik Pondasi		Tekanan (kN)	Diameter Pondasi (cm)	Q netto per tiang (kN)	Jumlah Pile Hitungan	Jumlah Pile Digunakan	Jumlah Pile Per Baris X	Jumlah Pile Per Baris Y	Eff (%)	Q Izin Pile (Kn)	Ket.	Tipe
X	Y											
D	8	1151,5103	60	596,72	1,930	4	2	2	81,0%	2387	OK	PC1
E	1	1726,2177	60	596,72	2,893	4	2	2	81,0%	2387	OK	PC1
E	4	2758,4971	60	596,72	4,623	6	2	3	77,8%	3580	OK	PC2
E	5	2425,9672	60	596,72	4,065	6	2	3	77,8%	3580	OK	PC2
E	6	2474,1388	60	596,72	4,146	6	2	3	77,8%	3580	OK	PC2
E	7	1973,6464	60	596,72	3,307	4	2	2	81,0%	2387	OK	PC1
E	8	1372,2972	60	596,72	2,300	4	2	2	81,0%	2387	OK	PC1

3.1. Perencanaan *Pile Cap*

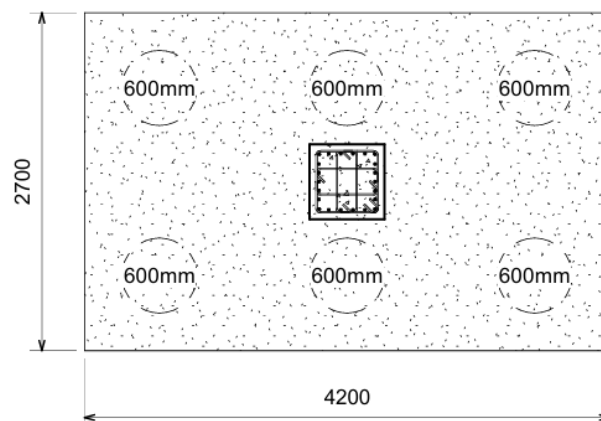
Pada perencanaan *pile cap* digunakan rumus *trial and error* yaitu syarat jarak tiang ke tepi 1D-2D, dan jarak antar tiang 2,5D-4D. Selanjutnya *pile cap* diuji terhadap gaya geser 1 arah dan gaya geser 2 arah. Berikut ini ditunjukkan rekapitulasi dimensi *pile cap* yang digunakan seperti yang ditunjukkan pada Tabel 13. adapun detail tipe *pile cap* ditunjukkan pada Gambar 4 dan Gambar 5.

Tabel 13. Rekapitulasi *Pile Cap* yang digunakan

Tipe	Dimensi Pile Cap			Diameter Pondasi (cm)	Jumlah Pile Digunakan
	Panjang X (cm)	Panjang Y (cm)	Tebal (cm)		
PC1	270	270	70	60	4
PC2	270	420	70	60	6



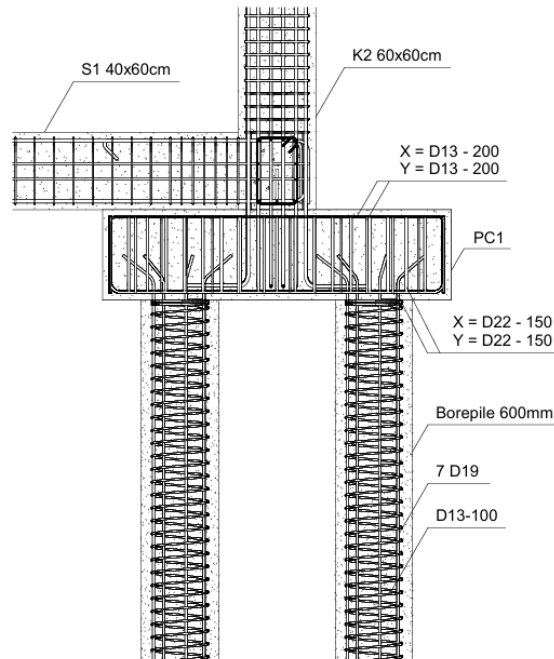
Gambar 4. Tipe *Pile Cap* 1



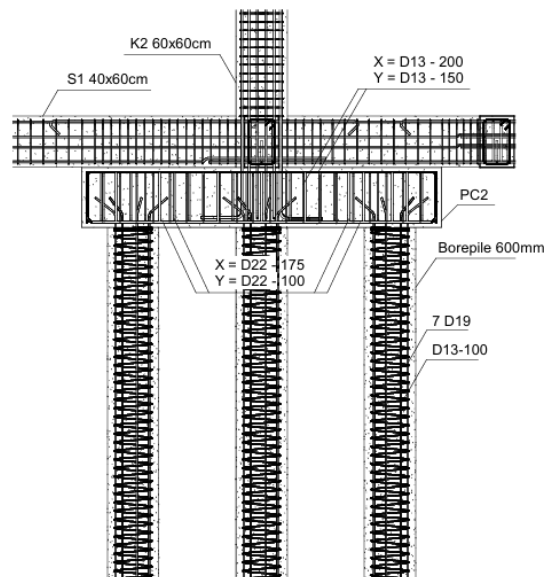
Gambar 5. Tipe *Pile Cap* 2

3.2. Perhitungan Tulangan Struktur *Borpile*

Pada perhitungan tulangan *borpile*, digunakan *Mu output Etabs*, dan direncanakan penulangan pada kedalaman 1-10 m dan 10-20 m. Selanjutnya dilakukan perhitungan secara sistematis untuk mendapatkan *As* perlu, selanjutnya menentukan diameter dan jumlah tulangan yang akan digunakan dan mendapatkan *As* pasang. *As* pasang > *As* perlu. Selanjutnya perhitungan tulangan spiral *borepile*, digunakan aturan berdasarkan ACI 318M-2019. Selanjutnya ditentukan zona *confinement* pada *borepile*, yang dikelompokkan berdasarkan kelas situs dan kategori risiko bangunan. Adapun penulangan pada pondasi ditunjukkan pada Gambar 6 dan Gambar 7.



Gambar 6. Penulangan pada Fondasi PC 1



Gambar 7. Penulangan pada Fondasi PC 2

3.3. Perhitungan Tulangan Struktur *Pile Cap*

Tulangan *pile cap* dihitung pada arah x dan arah y. Perhitungan ini berdasarkan *output Mu* yang diperoleh dari *Etabs*, kemudian selanjutnya dilakukan perhitungan sistematis untuk memperoleh hasil *As* perlu dan *As*

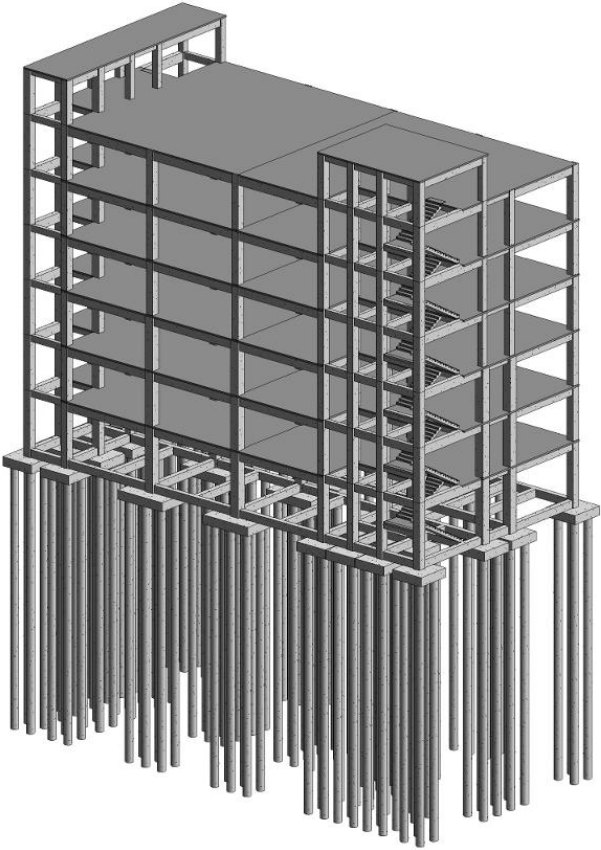
pasang, yang dimana $As_{pasang} > As_{perlu}$. Berikut ini rekapitulasi perhitungan tulangan *pile cap* yang ditunjukkan pada Tabel 14.

Tabel 14. Rekapitulasi Tulangan *Pile Cap*

Tipe	Arah Tulangan	Letak	Tulangan
PC1	X	Atas	D13-200
		Bawah	D22-150
	Y	Atas	D13-200
		Bawah	D22-150
PC2	X	Atas	D13-200
		Bawah	D22-175
	Y	Atas	D13-150
		Bawah	D22-100

3.4. Pemodelan 3D Revit Struktur Bangunan

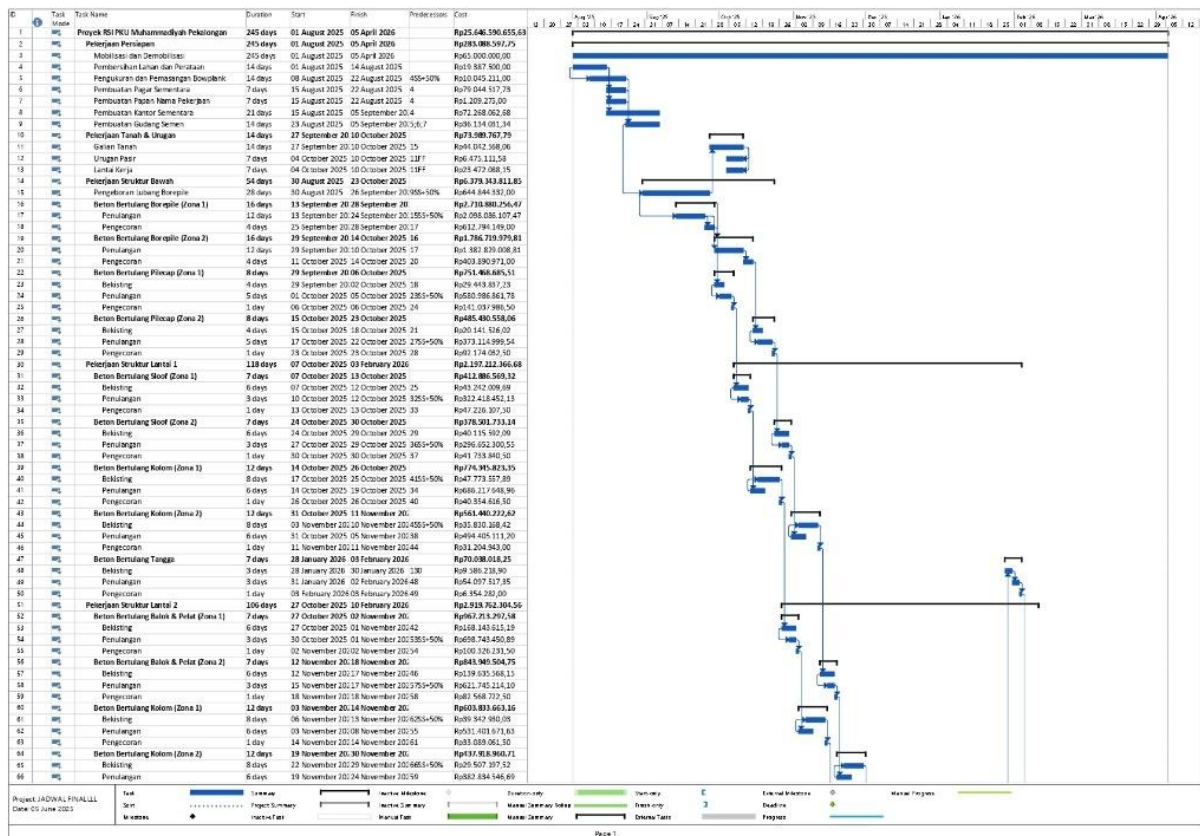
Pemodelan 3D struktur bangunan pada perencanaan ulang ini dilakukan menggunakan *software Revit* berdasarkan dimensi seluruh komponen struktur yang telah didapatkan pada tahap sebelumnya. Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam melakukan pemodelan 3D struktur bangunan ini yaitu penampang beton dan tulangan harus dimodelkan dengan cermat dan teliti sehingga nantinya tidak terdapat kesalahan pada pengeluaran *output volume*. Berikut ini model 3D struktur bangunan menggunakan *software Revit* yang ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Tampilan 3D Struktur Atas dan Struktur Bawah

3.5. Penyusunan Jadwal Rencana (*Time Schedule*)

Penjadwalan Perencanaan Ulang Struktur Gedung RSI PKU Muhammadiyah Pekalongan Berbasis *Building Information Modelling* (BIM) 5D ini dijadwalkan memiliki durasi pengerjaan selama 35 minggu, dan dibagi dalam 2 zona pekerjaan. Berikut tampilan hasil perencanaan jadwal menggunakan *Microsoft Project* yang ditunjukkan pada Gambar 9.

Gambar 9. Perencanaan Penjadwalan Menggunakan *Microsoft Project*

3.6. Perhitungan RAB (Rencana Anggaran Biaya)

Rencana Anggaran Biaya (RAB) merupakan tahapan terakhir dari Perencanaan Ulang Struktur Gedung RSI PKU Muhammadiyah Pekalongan Berbasis *Building Information Modelling (BIM) 5D* yang nantinya diperoleh melalui perhitungan volume yang telah didapatkan sebelumnya pada *Bill of Quantity* di Revit kemudian dikalikan dengan Harga Satuan Pekerjaan (HSP) sesuai AHSP yang berlaku pada kota terkait. Volume yang didapatkan di Revit harus diurutkan terlebih dahulu dan dilakukan penyortiran sesuai data yang parameter yang dibutuhkan. Berikut ditunjukkan pada Tabel 15 rekapitulasi RAB pada perencanaan ulang struktur gedung ini.

Tabel 15. Rekapitulasi Perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB)

REKAPITULASI RENCANA ANGGARAN BIAYA		
NAMA PEKERJAAN : PEMBANGUNAN GEDUNG RSI PKU MUHAMMADIYAH		
LOKASI : KABUPATEN PEKALONGAN		
PEMILIK PROYEK : RSI PKU MUHAMMADIYAH		
TAHUN ANGGARAN : 2024		
NO.	Uraian Pekerjaan	Nilai Pekerjaan (Rp)
I	Pekerjaan Persiapan	283,088,598.31
II	Pekerjaan Tanah & Urugan	73,989,767.79
III	Pekerjaan Struktur Bawah	6,200,621,288.33
IV	Pekerjaan Struktur Lantai 1	2,197,212,366.68
V	Pekerjaan Struktur Lantai 2	2,919,782,304.56
VI	Pekerjaan Struktur Lantai 3	2,876,307,466.86
VII	Pekerjaan Struktur Lantai 4	2,809,713,606.34
VIII	PEKERJAAN STRUKTUR LANTAI 5	2,810,484,839.79
IX	PEKERJAAN STRUKTUR LANTAI 6	2,810,686,111.81
X	Pekerjaan Struktur Lantai Atap	2,026,516,191.54

Hasil perhitungan *Quantity Take Off* yang didapatkan dari *Revit* selanjutnya digunakan untuk merencanakan penjadwalan proyek menggunakan *Microsoft Project*. Perencanaan penjadwalan pembangunan struktur Gedung RSI PKU Muhammadiyah Pekalongan menggunakan *Microsoft Project*, dijadwalkan dengan total durasi 35 minggu pengerjaan. Dari hasil penjadwalan menggunakan *Microsoft Project* dapat langsung diintegrasikan ke dalam *software Navisworks*. Dimana *software Navisworks* juga dapat mengimpor file model 3D bangunan *Revit* dalam bentuk file .ifc format. Setelah seluruh pekerjaan dipilih pada komponen *selection tree*, selanjutnya *Naviswork* dapat membuat simulasi visual secara *real time* sesuai penjadwalan yang telah dibuat. Berikut ini gambar integrasi BIM menggunakan *Naviswork* yang ditunjukkan pada Gambar 10.

Berdasarkan perencanaan ulang struktur Gedung RSI PKU Muhammadiyah Pekalongan dapat disimpulkan bahwa:

- b) Model 3D struktur bangunan yang dihasilkan memuat informasi lengkap mengenai identitas objek, serta dapat diekspor menjadi gambar kerja 2D (DED).
- c) Pembuatan jadwal rencana baru dari perencanaan ulang struktur bangunan ini diperoleh rencana durasi selama ± 35 minggu atau 245 hari.
- d) Total perhitungan RAB pekerjaan struktur yaitu sebesar Rp 25,467,928,132.59 dan ditambahkan dengan PPN 11% maka menjadi Rp 28,269,401,000.00.

Ucapan terima kasih

Terima kasih kepada pihak proyek pembangunan Gedung RSI PKU Muhammadiyah Pekalongan yang telah memberikan sumber data yang dibutuhkan dan kepada seluruh pihak yang turut mendukung, memberikan masukan dan membantu selama penyusunan perencanaan ini.

Referensi

- Badan Standarisasi Nasional (2019), SNI-2847-2019 *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan*. Jakarta: BSN Badan Standarisasi Nasional
- Badan Standarisasi Nasional (2019), SNI-1726-2019 *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung*. Jakarta: BSN Badan Standarisasi Nasional
- Badan Standarisasi Nasional (2020), SNI-1727-2020 *Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait Untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain*. Jakarta: BSN Badan Standarisasi Nasional
- Christiandava, A. R., Azzahra, A., Nurdiana, A., & Setiabudi, B. (2023). Jurnal Sipil dan Arsitektur Re-design struktur gedung head office awann group berdasarkan integrasi BIM autodesk melalui revit, naviswork, dan ETABS. *Jurnal Sipil Dan Arsitektur*, 1(1), 16–32. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/pilars>
- Firdaus, M. A. R., Asalina, R. U., Nurdiana, A., & Setiabudi, B. (2023). *Jurnal Sipil dan Arsitektur Model 5D Gedung dekanat dan perkuliahan fakultas kesehatan masyarakat Universitas Diponegoro*. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/pilars>
- Laily, R., Sumajouw, M. D. J., & Wallah, S. E. (2019). PERENCANAAN GEDUNG TRAINING CENTER KONSTRUKSI BETON BERTULANG 4 LANTAI DI KOTA MANADO. *Jurnal Sipil Statik*, 7(8), 1095–1106.
- Lesar, V. V., Manopo, F. J., & Malingkas, G. Y. (2022). ANALISIS PROPORSI SUMBER DAYA PADA PROYEK IRIGASI DI KABUPATEN MINAHASA SELATAN. *Jurnal Ilmiah Media Engineering*, 12(1), 11–20.
- Mardhani, R., Ratnaningsih, A., & Arifin, S. (2022). PERENCANAAN ULANG ANGGARAN BIAYA DAN WAKTU PELAKSANAAN GEDUNG PERKULIAHAN DENGAN MENGGUNAKAN METODE BIM. *REKAYASA SIPIL*, 16(2).
- Nugrahini, F., & Permana, T. (2020). Building Information Modelling (BIM) dalam Tahapan Desain dan Konstruksi di Indonesia, Peluang Dan Tantangan (Studi Kasus Perluasan T1 Bandara Juanda Surabaya). *AGREGAT*, 5(2).
- PUPR. (2022). *Informasi Statistik Infrastruktur PUPR*. Kementerian PUPR Pusat Data dan Teknologi Informasi.
- Putera, I. G. A. A. (2022). MANFAAT BIM DALAM KONSTRUKSI GEDUNG: SUATU KAJIAN PUSTAKA I GUSTI AGUNG ADNYANA PUTERA. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 26(1), 43–52.
- Ramadhani, M. R., Wahiddin, & Arystianto, D. P. (2022). ANALISIS CLASH DETECTION DAN QUANTITY TAKE OFF BERBASIS BUILDING INFORMATION MODELLING (BIM) PADA PERENCANAAN ULANG STRUKTUR ATAS GEDUNG LABORATORIUM DAN BENGKEL TEKNIK ELEKTRONIKA. *Jurnal Online Skripsi*, 3(3), 284–291. <http://jos-mrk.polinema.ac.id/>
- Ramdani, I., Rozandi, A., Budiman, D., & Vladimirovna, K. E. (2022). Implementasi Building Information Modeling (BIM) Pada Proyek Perumahan. *Polka Narodnogo Opolcheniya Sq*, 4(1), 1. <https://teslink.nusaputra.ac.id/index>
- Saputra, Husni, H. R., Bayzoni, & Siregar, A. M. (2022). Penerapan Building Information Modeling (BIM) pada bangunan gedung menggunakan software Autodesk Revit (Studi Kasus: Gedung 5 RSPTN Universitas Lampung). *JRSDD*, 10(1), 15–026.
- Wibowo, Purwanto, E., Ahmad, & Winarno, Y. (2020). PENGAPLIKASIAN BUILDING INFORMATION MODELING (BIM) DALAM RANCANGAN PEMBANGUNAN GEDUNG INDUK UNIVERSITAS AISYIYAH KARTASURA. *Jurnal Matriks Teknik Sipil*, 8(4). <https://doi.org/10.20961/mateksi.v8i3>

Perencanaan ulang berbasis BIM 5D pada struktur gedung rumah susun Pemerintah Kota Surakarta dengan *Dual System*

Gloria Kristanti Dewi ^{a*}, Rifa Ghania Fazila ^{b*}, Asri Nurdiana ^{c*}, Bambang Setia Budi ^c

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

ARTICLE INFO

Corresponding author:

Email:

gloriakristanti11@gmail.com

Article history:

Received : 8 August 2025

Revised : 15 September 2025

Accepted : 25 September 2025

Publish : 30 September 2025

Keywords:

BIM 5D, Shear Wall, Dual System, SRPMK, Rumah Susun

ABSTRAK

The construction sector is one of the largest contributors to Indonesia's economic growth and requires continuous innovation to enhance efficiency, quality, and competitiveness. Building Information Modeling (BIM) provides a digital representation of building information, enabling more effective planning, execution, and project management. The redesign using a Dual System that integrates a Special Moment Resisting Frame and Shear Wall System, in compliance with SNI 1726:2019. The process involved preliminary design and structural analysis using SAP2000, 3D modeling and quantity take-off with Autodesk Revit, project scheduling with Microsoft Project, cost estimation (RAB), and BIM 5D integration through Autodesk Navisworks. The redesign resulted in 12 beam types, 3 column types, 2 floor slab types (100 mm and 120 mm thickness), and shear walls with 300 mm thickness. The project achieved a cost estimation of IDR 18,520,710,000 and a construction schedule of 35 weeks. The application of BIM and a Dual System structural approach provides a more efficient and cost-effective planning process. This integration improves accuracy in cost estimation and scheduling while supporting innovation and competitiveness within the Indonesian construction sector.

Copyright © 2025 PILARS-UNDIP

1. Pendahuluan

BIM (*Building Information Modelling*) sangat berkembang pesat di negara-negara maju. Kemajuan teknologi informasi konstruksi tersebut membantu dalam meningkatkan efisiensi dalam tahap perencanaan proyek (Kristianto dkk., 2025). Konsep BIM menghadirkan perencanaan gedung yang tepat dan matang sebelum dimulai nya tahap pelaksanaan sebagai pemenuhan kriteria struktur bangunan gedung yang meliputi keselamatan (*safety*), kenyamanan (*serviceability*), kekuatan (*strenght*), dan umur rencana gedung (*durability*) (Aulya Reista dkk., 2022). Di Indonesia, penggunaan BIM masih kurang digunakan dibandingkan dengan perangkat lunak konvensional sebagai alat bantu perencanaan proyek pada perusahaan konstruksi. Hal ini seringkali menimbulkan gagal komunikasi antar pemangku proyek, sehingga meningkatkan potensi keterlambatan dalam masa pelaksanaan. Hingga hadirnya BIM, dinilai efektif dalam meminimalisir adanya keterlambatan proyek.

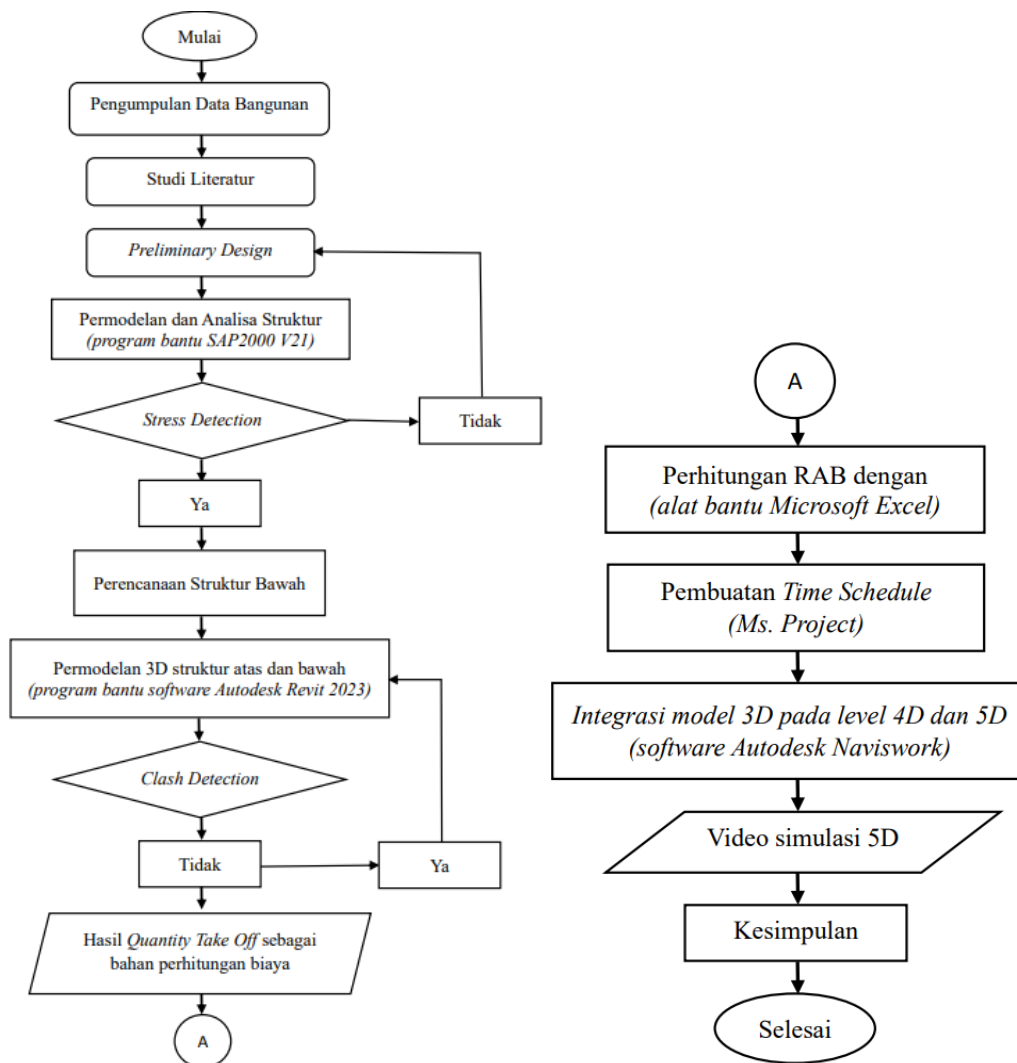
Selain melakukan perencanaan bangunan secara efektif, bangunan yang telah dibangun juga harus di desain dengan baik dalam segi ketahanan struktur. Indonesia merupakan negara yang berada di garis pertemuan tiga lempeng, sehingga menyebabkan Indonesia rentan terkena gempa bumi. Berdasarkan Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung pada SNI 03-1726-2019, wilayah Surakarta masuk dalam bagian wilayah rawan gempa walaupun masih dalam skala kecil. Bangunan perlu direncanakan dapat bekerja secara daktilitas dalam merespon dan meredam getaran akibat gempa bumi sehingga dapat bertahan dari keruntuhan (Zulkarnaen dkk., 2021). Bangunan yang direncanakan ulang memiliki jumlah lantai 8 sehingga termasuk dalam bangunan tinggi dan perlu direncanakan untuk memiliki kemampuan dan stabilitas yang cukup dalam menahan gaya lateral. Pada

struktur gedung tahanan lateral dihasilkan oleh komponen vertikal yakni kolom dan pengaku lateral lainnya seperti shewarwall (Sipil dkk., 2021).

Bangunan Rumah Susun Pemerintah Kota Surakarta direncanakan dengan struktur beton bertulang yang berlokasi di Kota Surakarta, Jawa Tengah. Berdasarkan parameter percepatan respon spektral bangunan ini masuk dalam Kategori Desain Seismik D. Berdasarkan hal tersebut, Sistem Ganda sebagai salah satu alternatif sistem struktur yang memenuhi dalam memikul sebagian besar beban lateral (Trimurtiningrum dkk., 2021).

2. Data dan Metode

Metode Perencanaan Ulang Gedung Rumah Susun Pemerintah Kota Surakarta diawali dengan melakukan tahap *preliminary design*, dilanjut analisa struktur, kemudian desain penulangan elemen struktur serta desain struktur bawah, pembuatan model 3D dengan *Autodesk Revit* yang menghasilkan *Quantity Take Off* (QTO) untuk pembuatan RAB di *Microsoft Excel* dan penjadwalan di *Miscrosoft Project*, serta pembuatan video simulasi BIM 5D di *Autodesk Naviswork*. Adapun alur perencanaan ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Diagram Alir Perencanaan

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Preliminary Design

3.1.1. Perhitungan Dimensi Balok

Balok merupakan elemen struktur vertikal yang mendistribusikan beban pelat ke kolom dengan kombinasi gaya lentur (SKD & Chairani, 2022). Berdasarkan SNI 2847:2019 (Badan Standardisasi Nasional, 2019) Pasal 9.3.1.1 diatur mengenai tinggi minimum berdasarkan kondisi perletakan. Untuk menentukan lebar balok minimum (b_{min}), terdapat pada Pasal 18.6.2.1 yaitu $2/3$ dari tinggi balok. Hasil rekapitulasi *preliminary design* balok induk ditunjukkan pada Tabel 1, balok anak pada Tabel 2, balok kantilever Tabel 3, dan balok *tie beam* ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 1. Rekapitulasi *Preliminary Design* Balok Induk

Tipe	Ln (mm)	b Min (cm)	h Min (cm)	b (cm)	h (cm)	Dimensi (cm)	Syarat Ln $\geq 4d$	Syarat b $\leq 250; 0,3h$	Syarat b $\leq C1; 0,75C1$
B1	5150	46,7	37,5	50	70	50 x 70	OK	OK	OK
B2	3350	53,3	26,3	55	80	55 x 80	OK	OK	OK
B3	1550	30,0	15,6	30	45	30 x 45	OK	OK	OK
B4	2425	40,0	21,1	40	60	40 x 60	OK	OK	OK
B5	3350	40,0	26,3	40	60	40 x 60	OK	OK	OK
B6	3100	40,0	19,4	40	60	40 x 60	OK	OK	OK

Tabel 1. Rekapitulasi *Preliminary Design* Balok Anak

Tipe	Ln (mm)	b Min (cm)	h Min (cm)	b (cm)	h (cm)	Dimensi (cm)	Syarat Ln $\geq 4d$	Syarat b $\leq 250; 0,3h$	Syarat b $\leq C1; 0,75C1$
BA1	4200	33,3	20,0	30	45	30 x 45	OK	OK	OK
BA2	6000	30,0	28,5	30	45	30 x 45	OK	OK	OK

Tabel 2. Rekapitulasi *Preliminary Design* Balok Kantilever

Tipe	Ln (mm)	b Min (cm)	h Min (cm)	b (cm)	h (cm)	Dimensi (cm)	Syarat Ln $\geq 4d$	Syarat b $\leq 250; 0,3h$	Syarat b $\leq C1; 0,75C1$
BK1	3650	36,7	45,6	40	55	40 x 55	OK	OK	OK
BK2	1850	33,3	23,1	35	50	35 x 50	OK	OK	OK
BK3	2750	30,0	45,0	30	45	30 x 45	OK	OK	OK
BK4	3350	36,7	52,5	40	55	40 x 55	OK	OK	OK
BK5	2275	33,3	39,1	35	50	35 x 50	OK	OK	OK
BK6	1325	30,0	27,2	30	45	30 x 45	OK	OK	OK
BK7	3650	30,0	17,4	30	45	30 x 45	OK	OK	OK
BK8	2750	36,7	13,1	40	55	40 x 55	OK	OK	OK

Tabel 4. Rekapitulasi *Preliminary Design Tie Beam*

Tipe	Ln (mm)	b Min (cm)	h Min (cm)	b (cm)	h (cm)	Dimensi (cm)	Syarat Ln $\geq 4d$	Syarat b $\leq 250; 0,3h$	Syarat b $\leq C1; 0,75C1$
TB1	6000	36,67	37,50	40	55	40 x 55	OK	OK	OK
TB2	4200	26,27	26,25	30	40	30 x 40	OK	OK	OK
TB3	8400	40,00	52,50	45	60	45 x 60	OK	OK	OK

3.1.2. Perhitungan Dimensi Pelat Lantai/Atap

Pelat merupakan elemen struktur yang menyalurkan beban ke balok dan diteruskan ke kolom (Tunas dkk., 2020). Perencanaan dimensi pelat mengacu pada SNI 2847:2019, dimulai dengan menentukan jenis pelat termasuk dalam pelat satu arah ($L_y/L_x < 2$) atau termasuk pelat dua arah ($L_y/L_x > 2$), kemudian menentukan nilai rasio kekakuan balok terhadap pelat (α_{fm}), dengan hasil perhitungan

dimensi pelat lantai dan atap yang ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Rekapitulasi *Preliminary Design* Pelat Lantai dan Atap

Tipe Pelat	Ly (mm)	Lx (mm)	α _{fm}	Tipe Pelat	h min 1 (mm)	h min 2 (mm)	h pakai (mm)	Syarat (h pakai > h min)
S12	4200	3000	4,208	Pelat 2 arah	83,176	90	120	Ok
S10	3000	2100	4,909	Pelat 2 arah	57,069	90	100	Ok

3.1.3. Perhitungan Dimensi Kolom

Kolom merupakan komponen struktur vertikal yang memikul beban tekan dari balok dan pelat untuk diteruskan ke pondasi (SKD & Chairani, 2022). Pada pasal 18 disyaratkan kolom harus dirancang lebih kuat dan kaku dibandingkan balok atau biasa disebut dengan “*Strong Column – Weak Beam*” yang dapat dihitung melalui Persamaan 1.

$$\frac{I_{\text{Kolom}}}{L_{\text{Kolom}}} > \frac{I_{\text{Balok}}}{L_{\text{Balok}}} \quad \text{Pers. 1)}$$

Melalui persamaan di atas, dapat diketahui batas minimum dimensi kolom berdasarkan kekakuan dan kekuatan kolom yang berlaku. Rekapitulasi *preliminary design* kolom ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 3. Rekapitulasi *Preliminary Design* Kolom

Tipe	Pu (N)	Ag min (mm ²)	h min (mm)	h (mm)	b (mm)	Ag (mm ²)	Syarat (Ag min < Ag pakai)	Dimensi Kolom (mm)
K1	5256160	450528	671,21	950	950	902500	Ok	950 x 950
K2	5839084	500493	707,45	900	900	810000	Ok	900 x 900
K3	2910834	249500	499,50	850	850	722500	Ok	850 x 850
K4	74286,60	90962,6	301,60	400	400	160000	Ok	400 x 400

3.1.4. Perhitungan Dimensi Dinding Geser

Dinding geser disebut juga sebagai penahan gaya lateral akibat beban gempa dan beban angin serta beban gravitasi secara bersamaan (Kristianto dkk., 2025). Pada Pasal 11.3 SNI 2847:2019, disyaratkan tebal minimum dinding geser ialah nilai terbesar dari 1/25 tinggi dinding dan 1/25 panjang dinding. Hasil rekapitulasi perhitungan dimensi dinding geser ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 4. Rekapitulasi *Preliminary Design* Dinding Geser

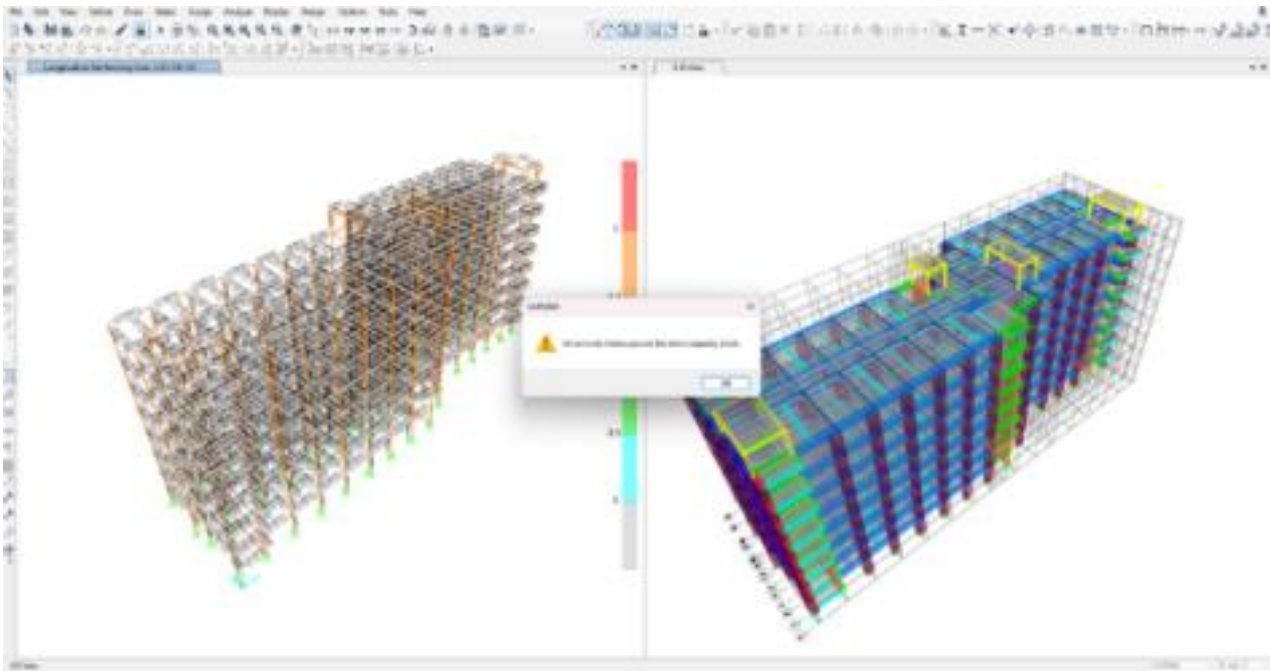
Tipe	Bentang (mm)	Tinggi (mm)	Tebal min 1 (mm)	Tebal min 2 (mm)	Tebal pakai (mm)	Tebal min < tebal pakai
SW1	6000	3400	240	136	300	Ok

3.2. Hasil Analisa Struktur

Analisa struktur pada perencanaan ulang ini dilakukan menggunakan aplikasi SAP2000. Pada tahapan ini akan dilakukan beberapa pengecekan struktur sebagai berikut:

3.2.1. Kontrol Analisis Rasio Batang

Pemodelan analisa struktur dapat dikatakan memenuhi efisiensi struktur (batang), ketika semua batang tidak mengalami *overstressed* sesuai dengan hasil perencanaan pada Gambar 2.



Gambar 2. Kontrol *Overstressed* Batang Elemen Struktur

3.2.2. Analisis Struktur Terhadap Beban Gempa

A) Kontrol Jumlah Ragam Partisipasi Massa

Jumlah ragam partisipasi massa disusun dalam SNI 1726:2019 (Badan Standarisasi Nasional, 2019) Pasal 7.9.1.1. Pada tabel 8 terdapat hasil analisis struktur terhadap jumlah ragam partisipasi massa dimana jumlah ragam dengan respon total arah X dan Y telah melebihi 90% sesuai dengan yang disyaratkan. Hasil kontrol jumlah ragam design ditunjukkan pada Tabel 8.

Tabel 8. Kontrol Partisipasi Massa

Output Case	Step Type	Step Number	Period (Sec)	Sum Ux	Sum Uy
Modal	Mode	1	0,260771	0,002	0,785
Modal	Mode	2	0,187979	0,013	0,785
Modal	Mode	3	0,185807	0,843	0,787
Modal	Mode	4	0,099343	0,844	0,787
Modal	Mode	5	0,098293	0,844	0,793
Modal	Mode	6	0,098208	0,885	0,793
Modal	Mode	7	0,098159	0,885	0,793
Modal	Mode	8	0,098052	0,885	0,793
Modal	Mode	9	0,098008	0,885	0,794
Modal	Mode	10	0,09659	0,885	0,794
Modal	Mode	11	0,09553	0,885	0,794
Modal	Mode	12	0,095506	0,885	0,794
Modal	Mode	13	0,09545	0,885	0,794
Modal	Mode	14	0,095402	0,885	0,794
Modal	Mode	15	0,095299	0,885	0,794
Modal	Mode	16	0,095257	0,885	0,794
Modal	Mode	17	0,092829	0,885	0,794
Modal	Mode	18	0,089715	0,885	0,794
Modal	Mode	19	0,086917	0,885	0,794
Modal	Mode	20	0,078182	0,885	0,794
Modal	Mode	21	0,069292	0,885	0,794
Modal	Mode	22	0,067019	0,885	0,794
Modal	Mode	23	0,062843	0,885	0,794
Modal	Mode	24	0,062824	0,885	0,794
Modal	Mode	25	0,062365	0,885	0,794
Modal	Mode	26	0,062284	0,885	0,794

Output Case	Step Type	Step Number	Period (Sec)	Sum Ux	Sum Uy
Modal	Mode	27	0,06182	0,885	0,794
Modal	Mode	28	0,061496	0,885	0,794
Modal	Mode	29	0,060187	0,886	0,795
Modal	Mode	30	0,059819	0,886	0,795
Modal	Mode	31	0,059546	0,888	0,993
Modal	Mode	32	0,059424	0,924	0,996
Modal	Mode	33	0,059214	0,924	0,996
Modal	Mode	34	0,059197	0,928	0,996
Modal	Mode	35	0,059096	0,928	0,996

B) Kontrol Gaya Geser Statis dan Dinamis

Analisa kontrol gaya geser pada struktur, dikatakan memenuhi apabila gaya geser dinamik (VD) lebih besar dari gaya geser statik (VS). Hasil kontrol analisa gaya geser statik dan dinamik pada perencanaan ini ditunjukkan pada Tabel 9.

Tabel 9. Kontrol Gaya Geser Statis dan Dinamis

Geser Dasar	Dinamik (Vd) Geser Dasar (kN)	Statik (Vs) Geser Dasar (kN)	Kontrol (Vd $\geq$ 100% Vs)
Arah X	15464,016	13540,33	Memenuhi
Arah Y	14497,790	13541,33	Memenuhi

C) Simpangan antar lantai

Berdasarkan SNI 1726:2019 Pasal 7.12.1 mengenai batasan simpangan antar tingkat yakni simpangan antar tingkat desain (Δ) tidak boleh melebihi simpangan antar tingkat izin (Δ_a) untuk semua tingkat pada struktur. Hasil rekapan kontrol simpangan struktur pada perencanaan ini ditunjukkan pada tabel 10 dan tabel 11.

Tabel 10. Kontrol Simpangan Arah X

Lantai	Join	Hsx	∂x	∂x Cd/l	ΔX	Δa (Ijin)	Keterangan
<u>Atap</u>	3296	3200	2,872	15,796	11,080	64,00	Memenuhi
8	2964	3600	0,857	4,716	0,496	72,00	Memenuhi
7	2764	3400	0,767	4,221	0,468	68,00	Memenuhi
6	2528	3400	0,682	3,752	0,468	68,00	Memenuhi
5	2310	3400	0,597	3,284	0,468	68,00	Memenuhi
4	2092	3400	0,512	2,816	0,468	68,00	Memenuhi
3	1874	3400	0,427	2,349	0,468	68,00	Memenuhi
2	1668	3400	0,342	1,881	0,467	68,00	Memenuhi
1	54	3600	0,257	1,414	1,414	72,00	Memenuhi

Tabel 11. Kontrol Simpangan Arah Y

Lantai	Join	Hsx	∂x	∂x Cd/l	ΔX	Δa (Ijin)	Keterangan
<u>Atap</u>	3296	3200	3,895	21,423	8,070	64,00	Memenuhi
8	2964	3600	2,428	13,353	1,732	72,00	Memenuhi
7	2764	3400	2,113	11,621	1,636	68,00	Memenuhi
6	2528	3400	1,816	9,986	1,636	68,00	Memenuhi
5	2310	3400	1,518	8,350	1,635	68,00	Memenuhi
4	2092	3400	1,221	6,715	1,635	68,00	Memenuhi
3	1874	3400	0,924	5,080	1,634	68,00	Memenuhi
2	1668	3400	0,627	3,446	1,629	68,00	Memenuhi
1	54	3600	0,330	1,817	1,817	72,00	Memenuhi

D) Kontrol Sistem Ganda (*Dual System*)

Pada sistem struktur Dual System, disyaratkan bahwa Rangka Pemikul Momen Khusus harus memikul beban geser nominal dari seluruh total gaya yang bekerja pada struktur minimal 25% dari arah kerja gempa, dimana konfigurasi struktur sudah aman dan memenuhi standart yang berlaku,

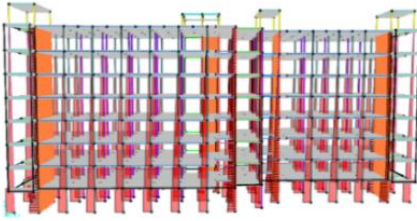
ditunjukkan pada Tabel 12.

Tabel 12. Kontrol *Dual Ssystem*

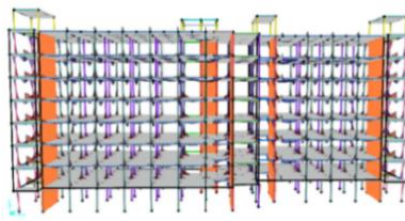
Arah	SRPMK	Shearwall	SRPMK %	SW %	Total %
X	3501,263	7090,254	33	67	100
Y	25717,65	23073,15	53	47	100

E) Hasil Gaya Dalam Struktur Pada SAP2000

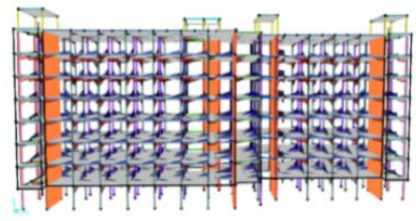
Berikut adalah hasil gaya dalam struktur pada SAP2000 digunakan untuk menghitung tulangan struktur. Di bawah ini terdapat hasil untuk gaya aksial pada gambar 3, gaya momen pada Gambar 4 dan gaya geser pada Gambar 5.



Gambar 3. Gaya Aksial



Gambar 4. Gaya Momen



Gambar 5. Gaya Geser

3.3. Perencanaan Tulangan Struktur

3.3.1. Penulangan Balok

Perhitungan tulangan lentur dihitung berdasarkan nilai terbesar dari As momen, As SAP2000, dan As min. Begitu juga dengan penulangan geser, diambil nilai terbesar dari Av momen, Av SAP2000, dan Av min. Berikut hasil rekapitulasi perhitungan tulangan lentur dan geser yang sudah memenuhi syarat geometri dan gaya aksial sesuai SNI 2847:2019 yang ditunjukkan pada Tabel 13 sampai Tabel 16.

Tabel 13. Rekapitulasi Tulangan Longitudinal Balok

Tipe	b mm	h mm	Daerah	As SAP2000 mm ²	As Min 1 mm ²	As Min 2 mm ²	As Perlu mm ²	As Pasang mm ²	Dipakai Tul.
B1	500	700	Tump.	1163	1119,83	1049,40	1100,91	1899,700	5 D 22
			Lap.	830	1119,83	1049,40	668,25	1519,760	4 D 22
B2	550	800	Tump.	1482	1425,49	1335,84	1230,81	2279,640	6 D 22
			Lap.	485	1425,49	1335,84	172,38	1519,760	4 D 22
B3	450	300	Tump.	306	407,79	382,14	171,33	803,840	4 D 22
			Lap.	91	407,79	382,14	97,66	602,880	3 D 22
B4	400	600	Tump.	259	755	707,52	132,61	1133,540	4 D 22
			Lap.	105	755	707,52	70,24	850,155	3 D 22
B5	400	600	Tump.	397	755	707,52	244,59	1133,540	4 D 22
			Lap.	175	755	707,52	139,48	850,155	3 D 22
B6	400	600	Tump.	213	755	707,52	132,61	1133,540	4 D 22
			Lap.	79	755	707,52	68,94	850,155	3 D 22
BA1	300	450	Tump.	227	407,79	382,14	1,87	602,880	3 D 22
			Lap.	432	407,79	382,14	520,39	803,840	4 D 22
BA2	300	450	Tump.	122	407,79	382,14	34,03	602,880	3 D 22
			Lap.	159	407,79	382,14	334,08	803,840	4 D 22
BK1	400	550	Tump.	970	684,57	641,52	1021,194	1133,540	4 D 22
			Lap.	604	684,57	641,52	140,291	850,155	3 D 22
BK2	350	500	Tump.	331	537,38	503,58	178,381	850,155	3 D 22
			Lap.	126	537,38	503,58	154,047	566,770	2 D 22
BK3	300	450	Tump.	557	407,79	382,14	479,297	803,840	3 D 22
			Lap.	330	407,79	382,14	353,418	602,880	4 D 22
BK4	400	550	Tump.	513	684,57	641,52	357,203	1133,540	3 D 22
			Lap.	192	684,57	641,52	193,553	850,155	3 D 22
BK5	350	500	Tump.	159	537,38	503,58	87,126	850,155	3 D 22
			Lap.	65	537,38	503,58	40,635	566,770	2 D 22
BK6	300	450	Tump.	182	407,79	382,14	73,027	850,155	3 D 22

Tipe	b mm	h mm	Daerah	As SAP2000 mm ²	As Min 1 mm ²	As Min 2 mm ²	As Perlu mm ²	As Pasang mm ²	Dipakai Tul.
BK7	300	450	Lap.	81	407,79	382,14	40,480	566,770	2 D 22
			Tump.	289	407,79	382,14	190,362	803,840	4 D 22
			Lap.	150	407,79	382,14	153,776	602,880	3 D 22
BK8	400	550	Tump.	1012	684,57	641,52	824,487	1133,540	4 D 22
			Lap.	328	684,57	641,52	440,550	850,155	3 D 22

Tabel 14. Rekapitulasi Tulangan Longitudinal *Tie Beam*

Tipe	b mm	h mm	Daerah	As Min 1 mm ²	As Perlu mm ²	As Pasang mm ²	Dipakai Tul.
TB1	400	550	Tump.	467,3	561	850,155	3 D 19
			Lap.	420,6	421	850,155	3 D 19
TB2	300	400	Tump.	250,5	301	850,155	3 D 19
			Lap.	250,5	251	567,057	2 D 19
TB3	450	600	Tump.	600,75	901	1133,540	4 D 19
			Lap.	600,75	601	1134,115	4 D 19

Tabel 15. Rekapitulasi Tulangan Geser Balok

Tipe	b mm	h mm	Daerah	Av / S perlu mm ²	Dim mm	Jumlah Kaki	Luas mm ²	Smax mm ²	Dipakai Tul.
B1	500	700	Tump.	1,075	13	2	265,465	159	D13-100
			Lap.	0,94	13	2	265,465		D13-200
B2	550	800	Tump.	3,946	13	2	265,465	184	D13-100
			Lap.	1,014	13	2	265,465		D13-200
B3	450	300	Tump.	1,379	10	2	157,080	96,5	D13-90
			Lap.	1,146	10	2	157,080		D13-150
B4	400	600	Tump.	0,362	10	2	157,080	134	D13-100
			Lap.	0,31	10	2	157,080		D13-200
B5	400	600	Tump.	0,525	10	2	157,080	134	D13-100
			Lap.	0,433	10	2	157,080		D13-200
B6	400	600	Tump.	0,48	13	2	265,465	134	D13-100
			Lap.	0,368	13	2	265,465		D13-200
BA1	300	450	Tump.	0,212	10	2	157,080	96,5	D13-90
			Lap.	0,101	10	2	157,080		D13-150
BA2	300	450	Tump.	0,155	10	2	157,080	96,5	D13-90
			Lap.	0,09	10	2	157,080		D13-150
BK1	400	550	Tump.	0,722	10	2	157,080	121,5	D13-100
			Lap.	0,641	10	2	157,080		D13-200
BK2	350	500	Tump.	0,882	10	2	157,080	109	D13-100
			Lap.	0,81	10	2	157,080		D13-200
BK3	300	450	Tump.	1,015	10	2	157,080	96,5	D13-90
			Lap.	0,93	10	2	157,080		D13-150
BK4	400	550	Tump.	0,54	10	2	157,080	121,5	D13-100
			Lap.	0,429	10	2	157,080		D13-200
BK5	350	500	Tump.	0,297	10	2	157,080	109	D13-100
			Lap.	0,226	10	2	157,080		D13-200
BK6	300	450	Tump.	0,366	10	2	157,080	96,5	D13-100
			Lap.	0,292	10	2	157,080		D13-200
BK7	300	450	Tump.	0,413	10	2	157,080	96,5	D13-100
			Lap.	0,32	10	2	157,080		D13-200
BK8	400	550	Tump.	1,888	10	2	157,080	121,5	D13-100
			Lap.	1,78	10	2	157,080		D13-200

Tabel 16. Rekapitulasi Tulangan Geser *Tie Beam*

Tipe	b mm	h mm	Daerah	Vu	Av	S max 1 mm ²	S max 2 mm ²	Dipakai Tul.
TB1	400	550	Tump.	61873	157,08	125,13	150,00	D10-100
			Lap.		157,08	244,50	150,00	D10-100
TB2	300	400	Tump.	3810,24	157,08	75,13	150,00	D10-100
			Lap.		157,08	75,13	150,00	D10-100
TB3	450	600	Tump.	9434,88	157,08	137,63	150,00	D10-100
			Lap.		157,08	137,63	150,00	D10-100

3.3.2. Penulangan Pelat Lantai dan Atap

Penulangan pelat lantai ditentukan berdasarkan nilai μ yang didapat dari SAP 2000. Berikut adalah rekapan hasil perhitungan tulangan pada pelat. Berikut adalah rekapitulasi perhitungan desain pelat lantai dan atap ditunjukkan pada Tabel 17.

Tabel 17. Rekapitulasi Tulangan Pelat Lantai dan Atap

Tipe	Tebal mm	Tebal Efektif mm	Arah	Daerah	μ kNm	S mm	$S_{max} < 450$	$S_{max} < 2h$	ϕ mm	Dipakai
S12	120	90	X	tum	16,37	100	Ok	Ok	10	D10 -150
				lap	9,116	100	Ok	Ok	10	D10 -150
			Y	tum	6,90	100	Ok	Ok	10	D10 -150
				lap	4,08	100	Ok	Ok	10	D10 -150
S10	100	91	X	tum	5,746	80	Ok	Ok	10	D8 -100
				lap	1,154	80	Ok	Ok	10	D8 -100
			Y	tum	1,484	80	Ok	Ok	10	D8 -100
				lap	1,204	80	Ok	Ok	10	D8 -100

3.3.3. Penulangan Kolom

Perhitungan tulangan utama kolom didapatkan dari nilai A_s/A_v perlu pada *output* gaya aksial di SAP2000, kemudian dibandingkan dengan A_s pasang. Berikut adalah rekapan hasil perhitungan tulangan longitudinal kolom pada Tabel 18 dan tulangan geser kolom pada Tabel 19.

Tabel 18. Rekapitulasi Tulangan Longitudinal Kolom

Tipe	Dimensi Kolom mm	A_s Perlu mm ²	ϕ mm	Luas mm ²	n	A_s Pasang mm ²	A_s Pasang > A_s Perlu	Dipasang	Cek Rasio Tul.	Cek Gaya Aksial	Syarat $\sum M_{nc} \geq 1,2 \sum M_{nb}$
K1	950 x 950	23206	32	804	30	24127	Ok	30 D 32	2,67%	Ok	Ok
K2	900 x 900	19444	32	804	26	20910	Ok	26 D 32	2,32%	Ok	Ok
K3	850 x 850	19285	32	804	24	19302	Ok	24 D 32	2,14%	Ok	Ok
K4	400 x 400	1600	19	284	8	2552	Ok	8 D 19	1,42%	Ok	Ok

Tabel 19. Rekapitulasi Tulangan Geser Kolom

Tipe	Dimensi Kolom mm	A_v/S Perlu mm ²	ϕ mm	Jumlah Kaki	Luas mm ²	S Perlu (SNI 2847:2019 Pasal 18.7.5.3)	Spasi Max 1 mm ²	Spasi Max 2 mm ²	S Pasang mm	Dipasang
K1	950 x 950	1,643	13	4	530,9	323	440,5	600	323	4D13 - 150
K2	900 x 900	1,492	13	4	530,9	356	415,5	600	356	4D13 - 150
K3	850 x 850	2,498	13	3	530,9	159	390,5	600	159	4D13 - 150
K4	400 x 400	0,425	13	2	265,5	625	168,75	600	168,75	2D13 - 100

3.3.4. Penulangan Dinding Geser

Pada SNI 2847:2019 diatur mengenai detail penulangan pada dinding geser. Tulangan minimum pada dinding geser diatur dalam Pasal 18.10.2.2, jika gaya geser ultimit (V_u) > $0,17ACV.\lambda.\sqrt{f_c}$ dan ketebalan dinding melebihi 250 mm maka diharuskan menggunakan tulangan dua lapis. Selain itu, rasio tulangan longitudinal dan transversal diatur dalam Pasal 18.10.2.1, dimana maksimum jarak tulangan sebesar 450 mm. Hasil rekapitulasi tulangan dinding geser ditunjukkan pada Tabel 20.

Tabel 20. Rekapitulasi Tulangan Dinding Geser

Tipe	Tebal	Tul. Longitudinal	Tul. Transversal	Elemen Batas Khusus
SW1	300 mm	D19-200	D16-200	Tidak Perlu

3.4. Perencanaan Struktur Bawah

Dalam mendesain struktur bawah, perencanaan ini menggunakan nilai data N-Spt dan direncanakan kedalaman sedalam 14 m dengan jenis pondasi yaitu *bored pile*. Diawali dengan menentukan daya dukung pondasi dengan menggunakan metode meyerhoff. Kemudian, penentuan jumlah tiang pondasi, dihitung berdasarkan jumlah beban di atasnya dan daya dukung dari tiang tersebut ($N_p = P_u/Q$ tiang). Selanjutnya ditentukan jumlah tiang pondasi pada pilecap dengan

menentukan terlebih dahulu jarak antar tiang. Pada SNI 2847:2019 Pasal 13.4.2.2 diatur terkait jarak antar tiang tidak boleh kurang dari 2,5D. Pondasi yang direncanakan juga harus dihitung terhadap gaya geser satu arah dan gaya geser dua arah akibat beban kolom. Hasil rekapitulasi jumlah tiang pilecap pada perencanaan ini ditunjukkan pada Tabel 21.

Tabel 21. Rekapitulasi Jumlah Tiang Pilecap

Tipe	Dimensi (cm)	Tebal Pilecap	n	Pu (Ton)	Kontrol Gaya Geser Satu Arah		Kontrol Gaya Geser Dua Arah ($\phi V_c > V_u$)
					Arah X	Arah Y	
PC1	360 x 160	600	2	509,85	OK	OK	OK
PC2	360 x 333,3	800	3	713,79	OK	OK	OK
PC3	160 x 760	1400	4	971,952	OK	OK	OK
PC4	440 x 440	600	4	444,26	OK	OK	OK

Selanjutnya dapat dilakukan penulangan *pile cap*. Diawali dengan menentukan nilai momen ultimate ($M_u = P_u \times (s/2 - (c/2))$), lalu diakhiri dengan mendapatkan nilai Momen Nominal (M_n). Tulangan akan dikatakan aman jika nilai $\phi M_n > M_u$. Hasil perhitungan tulangan *pile cap* pada perencanaan ini ditunjukkan pada Tabel 22 dan Tabel 23.

Tabel 22. Rekapitulasi Tulangan Tarik Pilecap

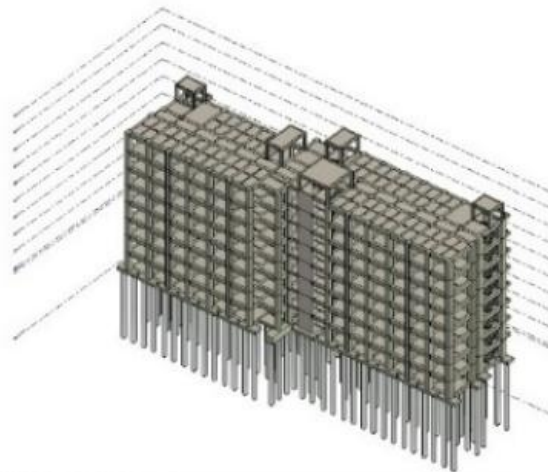
Tipe	Dimensi cm	As Perlu mm ²	As min mm ²	S mm	D	As Pasang	As min < As Pasang	Dipakai
PC1	360 x 160	1477,268	3888	150	19	7349,06	OK	D19-150
PC2	360 x 333,3	1910,038	5184	150	19	6804,69	OK	D19-150
PC3	160 x 760	1867,58	4032	150	22	10217,97	OK	D22-150
PC4	440 x 440	1268,60	4752	150	19	8316,84	OK	D19-150

Tabel 23. Rekapitulasi Tulangan Tekan Pilecap

Tipe	Dimensi cm	As min mm ²	S mm	D	As Pasang	As min < As Pasang	Dipakai
PC1	360 x 160	1469,812	150	13	3440,420	OK	D13-150
PC2	360 x 333,3	1360,938	150	13	3185,575	OK	D13-150
PC3	160 x 760	2043,594	150	13	1415,811	OK	D13-150
PC4	440 x 440	1663,368	150	13	3893,480	OK	D13-150

3.5. Pemodelan 3D di Autodesk Revit

Pemodelan 3D dapat dilakukan setelah merencanakan hitungan elemen struktur atas maupun bawah. Pada perencanaan ini, aplikasi yang digunakan untuk membuat model 3D ialah Autodesk Revit. Gambar model 3D Gedung Rumah Susun Pemerintah Kota Surakarta ditunjukkan pada Gambar 6.



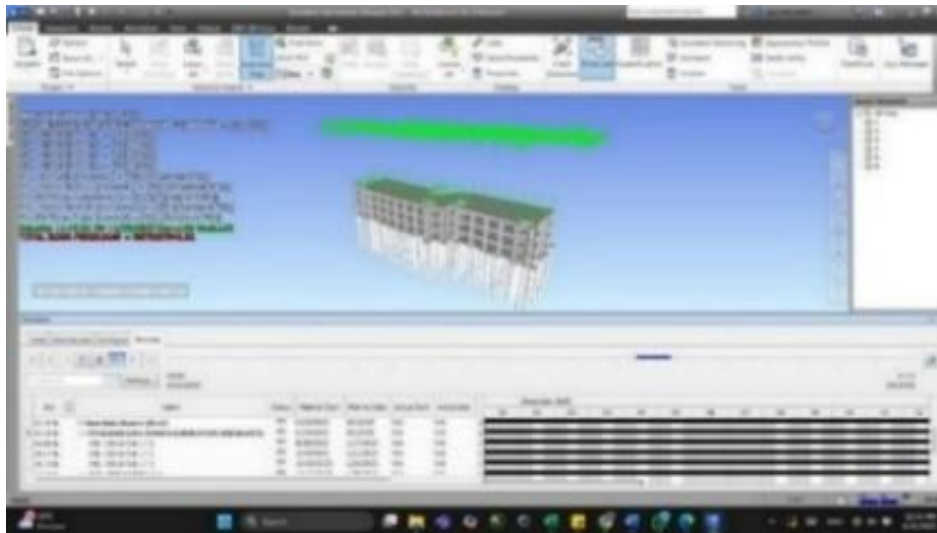
Gambar 6. Pemodelan 3D di Autodesk Revit

3.6. Pembuatan RAB (Rencana Anggaran Biaya) & Penjadwalan

Pada perencanaan ulang ini, QTO diketahui langsung dari *output* model 3D di *Autodesk Revit*. Hasil Rencana Anggaran Biaya pada perencanaan ulang Rumah Susun Pemerintah Kota Surakarta sebesar Rp. 18.520.710.000,- dengan tambahan PPN 12%. Untuk penjadwalan menggunakan aplikasi *Microsoft Project* dengan sistem zonasi. Sehingga, didapatkan durasi proyek sebanyak 35 minggu.

3.7. Integrasi BIM 5D di Autodesk Naviswork

Setelah dilakukan pemodelan 3D, penjadwalan (4D), dan pembuatan RAB (5D) dapat dilakukan integrasi BIM 5D menggunakan aplikasi *Autodesk Naviswork* dan dihasilkan video simulasi dengan visualiasi ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Tampilan Akhir Model 5D

4. Kesimpulan

Terdapat beberapa kesimpulan yang dapat diambil dalam perencanaan ulang struktur Gedung Rumah Susun Pemerintah Kota Surakarta sebagai berikut:

- 1) Berdasarkan data seismik, proyek Pembangunan Rumah Susun Pemerintah Kota Surakarta termasuk kategori resiko II, kelas situs SD (Tanah Sedang), dan tergolong desain seismik D.
- 2) Analisa struktur bangunan yang dilakukan dengan aplikasi bantu SAP2000 sudah aman dalam menopang beban ter faktor sesuai dengan persyaratan.
- 3) Perhitungan anggaran biaya didapatkan dari perkalian antara volume *Quantity Take Off* dari *Autodesk Revit* dengan AHSP, sehingga didapatkan total RAB sebesar Rp.18.520.710.000,00
- 4) Penjadwalan pembangunan Rumah Susun Pemerintah Kota Surakarta, didapatkan durasi selama 35 minggu menggunakan aplikasi bantuan *Ms. Project* dan *Autodesk Naviswork*.
- 5) Integrasi BIM 5D pada *Autodesk Naviswork* dihasilkan sebuah video simulasi berisi proses konstruksi dari awal pembangunan hingga selesai, disertai dengan informasi bangunan yaitu harga dan juga pekerjaan yang dilakukan.

Referensi

- Aulya Reista, I., Ilham, & Annisa. (2022). Implementasi Building Information Modelling (BIM) dalam Estimasi Volume Pekerjaan Struktural dan Arsitektural. *Journal of Sustainable Construction*, 2(1), 13–22.
<https://journal.unpar.ac.id/index.php/josc>
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. *Sni 2847-2019*, 8, 720.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). *SNI 1726-2019_Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan nongedung.pdf*.
- Badan Standardisasi Nasional. (2020). *Standar Nasional Indonesia 1727 : 2020 Beban Desain Minimum dan*

Kriteria Terkait Untuk Bangunan Gedung dan Struktur. 8, 1–336.

- Kristianto, T. B., Maryanto, & Frieda. (2025). Analisa Perbandingan Penempatan Dinding Geser pada Bangunan Gedung Bertingkat Menggunakan SNI 1726-2019. *Jurnal Teknika*, 8(2), 74–83.
- Sipil, T., Teknik, F., Mangkurat, U. L., Brigjen, J., & Basri, H. H. (2021). *PERILAKU SHEARWALL PELAT BERGELOMBANG TERHADAP BEBAN GEMPA LATERAL STATIK*. 10(1), 40–44.
- SKD, M. D., & Chairani, E. (2022). Analisa Struktur Balok Beton Pada Pembangunan Rumah Tempat Usaha 6 Lantai Di Jalan Perniagaan N0.55 Medan. *Jurnal Teknik Sipil*, 1(1), 28–34.
<https://doi.org/10.30743/jtsip.v1i1.5773>
- Susilo, A. B., & Didiek, F. P. (2023). Perencanaan Struktur Gedung Tahan Gempa Menggunakan Metode Sistem Ganda (Dual System) Pada Studi Kasus Rusun Pik-Pulo Gadung. *Journal Of Social Science Research*, 3(5), 71–84.
- Trimurtiningrum, R., Andaryati, A., Sarya, G., Fitra Febrianno, G. R. R., & Fitriyati, E. N. (2021). Studi Perbandingan Perilaku Gedung Beton Bertulang Menggunakan Sistem Ganda Dengan Dinding Geser Dan Bresing Terhadap Beban Gempa. *Axial : Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Konstruksi*, 9(3), 133.
<https://doi.org/10.30742/axial.v9i3.1761>
- Tunas, F., Tjakra, J., & Inkiriwang, R. L. (2020). Metode Pelaksanaan Pekerjaan Balok Dan Plat Lantai Dua Pada Pembangunan Mall Pelayanan Publik (Mpp) Manado. *Jurnal Sipil Statik*, 8(6), 901–910.
- Zulkarnaen, L. V., Rosanti, I., & Ariyansyah, R. (2021). *ANALISIS STRUKTUR GEDUNG TAHAN GEMPA DENGAN METODE SISTEM GANDA (DUAL SYSTEM) digunakan yaitu horizontal utama*. 3(3).

Pengaruh penggunaan serat tandan kosong kelapa sawit dan abu sekam padi sebagai bahan campuran pembuatan plafon semen

Gerald Palallo^{a*}, Shifa Fauziyah^a, Bambang Setiabudi^a

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

ARTICLE INFO

Corresponding author:

Email:

geraldpalalloid@gmail.com

Article history:

Received : 19 June 2025

Revised : 24 September 2025

Accepted : 25 September 2025

Publish : 30 September 2025

Keywords:

Ceiling asbestos, composite material, oil palm empty bunch fiber, rice husk ash, thermal insulation

ABSTRACT

Agricultural waste is one of the most common sources of waste in Indonesia, oil palm empty bunch fiber and rice husk ash are examples of this agricultural waste. In this study, the fiber of empty bunches of oil palm and rice husk ash were used as a mixture for making ceiling asbestos. This study uses an experimental method by making empty bunch fiber instead of fiberglass fiber and rice husk ash used as a partial substitution material for cement. Palm empty bunch fibers have relatively high bending properties that can be assumed as a substitute for fiberglass in the process of making ceiling asbestos. Meanwhile, rice husk ash has silica (SiO₂) which is one of the components of cement. Therefore, it is proposed to innovate the use of empty bunch fiber of oil palm and rice husk ash as a mixture material for making ceiling asbestos which aims to minimize existing waste and create environmentally friendly ceiling asbestos that has better flexibility and water absorption than conventional ceiling asbestos. The existence of this innovation is expected to produce a more economical ceiling asbestos price.

Copyright © 2025 PILARS-UNDIP

1. Pendahuluan

Perkembangan pembangunan di Indonesia mengalami peningkatan yang sangat pesat dari tahun ke tahun. Peningkatan ini secara langsung mendorong pertumbuhan industri konstruksi yang membutuhkan material bangunan berkualitas tinggi, efisien, dan ramah lingkungan. Salah satu komponen penting dalam konstruksi bangunan adalah atap dan plafon. Plafon tidak hanya berfungsi sebagai pembatas antara atap dan ruangan di bawahnya, tetapi juga memiliki manfaat lain seperti meredam suara, menjaga kestabilan suhu dalam ruangan, serta meningkatkan nilai estetika interior bangunan. Idealnya, plafon memiliki tinggi antara 2,75 hingga 3,75 meter agar sirkulasi udara dalam ruangan tetap optimal dan nyaman bagi penghuni.

Namun demikian, plafon berbahan semen konvensional masih memiliki beberapa kelemahan, seperti berat, mudah retak, dan menyerap air dengan cukup tinggi. Hal ini mendorong perlunya inovasi dalam penggunaan material alternatif yang lebih efisien dan ramah lingkungan. Salah satu inovasi yang kini mulai dikembangkan adalah penggunaan limbah pertanian sebagai bahan campuran plafon, yakni serat tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dan abu sekam padi.

Indonesia merupakan produsen kelapa sawit terbesar di dunia, menyumbang sekitar 59% dari total produksi global. Tingginya produksi kelapa sawit ini juga menghasilkan limbah dalam jumlah besar, termasuk tandan kosong kelapa sawit yang selama ini belum dimanfaatkan secara optimal. Penelitian yang dilakukan oleh Rahmasita dkk. (2017) menunjukkan bahwa TKKS memiliki kemampuan menyerap suara yang sangat baik, menjadikannya alternatif bahan penyerap suara yang potensial untuk menggantikan bahan sintetis dalam pembuatan plafon. Serat ini juga ringan, kuat, dan ramah lingkungan.

Selain TKKS, sekam padi yang merupakan limbah dari proses penggilingan padi juga memiliki potensi besar untuk dimanfaatkan. Sekam padi yang telah dibakar menghasilkan abu yang mengandung hingga 93% silika (SiO_2), sebuah kandungan yang setara dengan microsilica yang diproduksi secara industri (Swamy, 1986). Menurut Ika Bali dan Agus Prakoso (2002), silika dalam abu sekam padi berperan penting dalam memperkuat struktur semen, sehingga jika dicampurkan dengan semen dapat meningkatkan kekuatan tekan dan tahan air pada material plafon.

Dengan menggabungkan serat TKKS dan abu sekam padi ke dalam campuran plafon semen, diperoleh sejumlah keunggulan. Plafon menjadi lebih lentur dan kuat, sehingga mudah dipasang dan tidak mudah pecah. Nilai penyerapan air yang lebih rendah membantu mengurangi risiko rembesan atau kebocoran, terutama saat musim hujan. Sifat peredam suara yang dimiliki serat TKKS juga menjadikan plafon lebih nyaman, terutama pada bangunan yang berada di lingkungan bising. Di sisi lain, penggunaan limbah ini berkontribusi besar dalam mengurangi jumlah sampah pertanian serta menekan biaya produksi plafon, karena bahan bakunya mudah ditemukan dan tidak memerlukan pengolahan kompleks.

Penelitian terkait pengembangan plafon ini dilakukan melalui uji laboratorium dan studi literatur untuk memperoleh data yang akurat mengenai sifat mekanik dan fisik plafon hasil campuran tersebut. Hasilnya menunjukkan bahwa plafon yang menggunakan kombinasi serat TKKS dan abu sekam padi memiliki kualitas yang baik dan layak dijadikan alternatif pengganti plafon berbahan semen konvensional. Inovasi ini menunjukkan bahwa pendekatan berkelanjutan dalam industri konstruksi bukan hanya mungkin, tetapi juga menguntungkan dari sisi teknis, ekonomi, dan lingkungan. Pemanfaatan limbah pertanian sebagai bahan bangunan dapat menjadi solusi strategis untuk menciptakan konstruksi yang tidak hanya kuat dan fungsional, tetapi juga ramah lingkungan. Dengan dukungan riset lanjutan dan adopsi teknologi yang tepat, Indonesia memiliki potensi besar untuk memimpin dalam pengembangan material bangunan berkelanjutan di masa depan.

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 agregat halus, semen, dan air. Untuk bahan tambahannya seperti abu sekam padi dan serat tandan kosong kelapa sawit penulis tidak melakukan pengujian. Pengujian yang dilakukan terhadap agregat halus, semen dan air dikarenakan bahan tersebut sebagai bahan dasar dalam pembuatan asbes plafon.

2.3. Persiapan material tambahan

Pada tahap ini material abu sekam padi dan serat tandan kosong kelapa sawit yang didapatkan akan dilakukan beberapa perlakuan sebelum di proses sebagai bahan tambah dalam pembuatan asbes plafon. Untuk abu sekam padi disaring menggunakan *shave shaker* dengan lolos saringan no 200mm sedangkan pada serat tandan kosong kelapa sawit dilakukan perendaman dan pembilasan dengan menggunakan 10% larutan NaOH selama 12 jam dan penjemuran. Adapun abu sekam padi dan serat tandan kosong kelapa sawit ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Abu Sekam Padi yang Lolos Ayakan 200mm dan Serat TKKS

2.4. Job mix Design

Perencanaan *mix design* yang bertujuan agar mengetahui perbandingan proporsi material yang digunakan dalam pembuatan asbes plafon dengan bahan tambah abu sekam padi dan serat kulit jagung. Untuk pedoman campuran yang digunakan yaitu 1 PC: 2 PS, yang kemudian di konversikan ke dalam perbandingan volume. Dalam penelitian ini bahan tambah abu sekam padi dan serat tandan kosong kelapa sawit ditambahkan sebagai bahan campuran pembuatan asbes plafon dengan total 8 variasi yaitu untuk benda uji PK (38% PC, 60% PS, 2% fiberglass), PS1 (38% PC, 60% PS, 2% TKKS) ; PS2 (10% ASP, 28% PC, 60% PS, 2% fiberglass), PS3 (15% ASP, 24% PC, 60% PS, 1% TKKS), PS4 (20% ASP, 24% PC, 55% PS, 1% TKKS), PS5 (25% ASP, 23% PC, 50% PS, 2% TKKS), PS6 (30% ASP, 23% PC, 45% PS, 2% TKKS). Untuk job mix design disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Job Mix Design

Benda Uji	Proporsi Bahan	Nama Benda Uji
Plafon Konvensional	(Semen 38%, Pasir 60%, & 2% <i>Fiberglass</i>) (Sumber: Pabrik GRC Rumahan)	PK
Plafon Semen (2% Serat TKKS)	(Semen 38%, 60% Pasir, dan 2% Serat TKKS)	PS1
Plafon Semen (10% Abu Sekam Padi, 2% Fiberglass)	(Abu Sekam Padi 10%, Semen 28%, Pasir 60%, Fiberglass 2%)	PS2
Plafon Semen (15% Abu Sekam Padi, 1% Serat TKKS)	(Abu Sekam Padi 15%, Semen 24%, Pasir 60%, Serat TKKS 1%)	PS3
Plafon Semen (20% Abu Sekam Padi dan 1% Serat TKKS)	(Abu Sekam Padi 20%, Semen 24%, Pasir 55%, Serat TKKS 1%)	PS4
Plafon Semen (25% Abu Sekam Padi dan 2% Serat TKKS)	(Abu Sekam Padi 25%, Semen 23%, Pasir 50%, Serat TKKS 2%)	PS5
Plafon Semen (30% Abu Sekam Padi dan 2% Serat TKKS)	(Abu Sekam Padi 30%, Semen 23%, Pasir 45%, Serat TKKS 2%)	PS6

3. Pengujian Material dan Benda Uji

3.1. Pengujian Pasir

Tujuan dari pengujian pasir adalah untuk melihat dan memastikan kualitas pasir yang akan diolah menjadi bahan campuran plafon. Sifat plafon sangat dipengaruhi oleh kualitas pasir yang digunakan, sehingga pengujian pasir menjadi sangat penting dilakukan untuk menilai kualitas pasir. Penilaian yang dilakukan yaitu uji kandungan lumpur. Hasil Uji kandungan lumpur diperoleh nilai rata-rata sebesar 3,2%. Dimana nilai tersebut berbanding lurus dengan nilai ketetapan SK-SNI-S-04-1989-F. Sesuai SK-SNI-S-04-1989-F, nilai kandungan lumpur pada pasir adalah tidak lebih besar dari 5% dan dalam pengujian ini penggunaan pasir hanya memiliki nilai kandungan lumpurnya adalah 3,2% sehingga pasir yang digunakan memenuhi syarat pedoman SK-SNI-S-04-1989-F yang nilainya tidak lebih dari 5%.

3.2. Pengujian Air

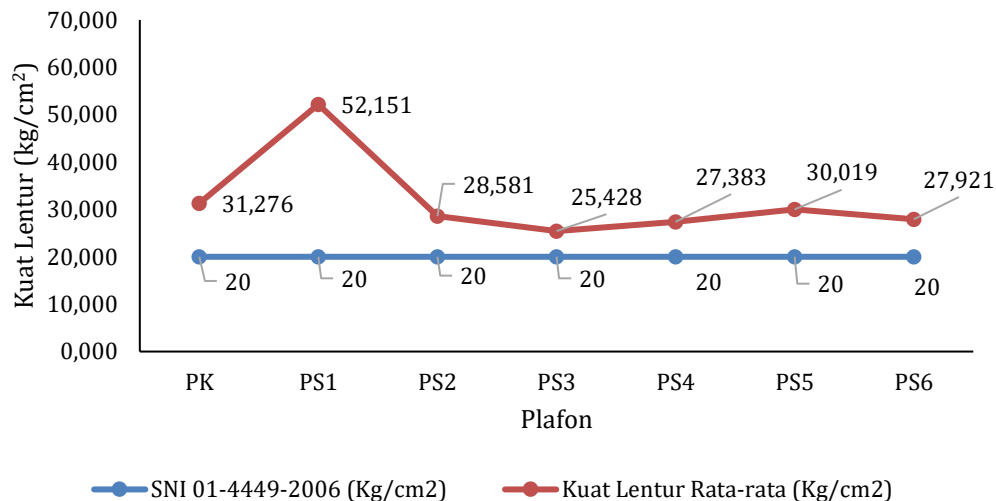
Air adalah unsur penting dalam campuran plafon sesuai dengan apa yang telah dimaknai pada penelitian sebelumnya. Dalam PBI-1971 penelitian ini pengujian air akan melalui persepsi visual. Dalam pengujian ini air harus memenuhi syarat-syarat sebagai tidak berbau, airnya harus jernih, harus bersih, tidak boleh mengandung minyak, lumpur, garam dan tidak boleh ada mengandung bahan-bahan lain yang dapat mengurangi kekuatan plafon.

3.3. Pengujian Semen

Pada penelitian ini semen yang digunakan adalah semen tiga roda. Untuk pengujian semen dilihat dari kondisinya *bundling* semen dan keadaan butiran. Hasil dari pemeriksaan bahan disimpulkan bahwa bahan penyusun plafon semen yang terdiri dari pasir dan air serta semen telah memenuhi syarat dan layak digunakan perakitan plafon.

3.4. Pengujian Kuat Lentur

Tes ini dilakukan untuk menentukan kapasitas sampel benda uji menahan kekuatan lentur ke arah tegak lurus terhadap penampang. Hasil dari uji kuat lentur yang diperoleh bahwa kuat lentur rata – rata mulai dari benda uji plafon konvensional (PK) sampai dengan plafon semen 6 (PS6) termasuk di dalam PSKT T2 25 karena nilai kekuatan lentur modulus retak $\geq 25 \text{ kgf/cm}^2$. Adapun hasil lengkap pengujian tercantum dalam Gambar 2.



Gambar 2. Grafik Uji Kuat Lentur Rata-rata

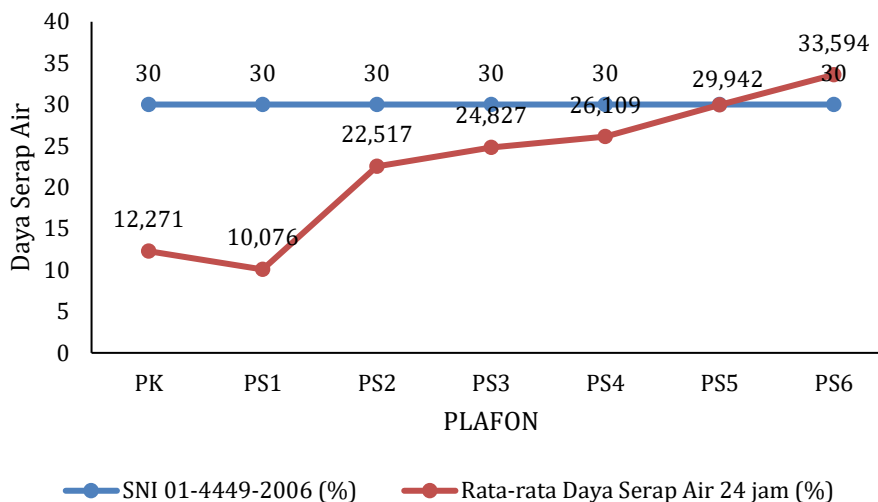
Berdasarkan gambar 2, dapat disimpulkan bahwa uji kuat lentur dengan tidak menggunakan serat *fiberglass* dengan korelasi perbandingan antara nilai PK dan PS1 kekuatannya meningkat dengan signifikan karena penggunaan material yang menggunakan serat TKKS yang mengandung selulosa dan sifat elastisitas yang sangat baik. Untuk PS1 dan PS2 nilai kekuatan lentur menurun, karena substitusi penggunaan semen dengan abu sekam padi dan penggantian *fiberglass* dengan TKKS. PS2 dengan PS3 mengalami penurunan nilai kuat lentur karena penggunaan semen yang berkurang, bertambahnya abu sekam padi, dan pemanfaatan serat TKKS. PS3 dengan nilai kuat lentur PS4 mengalami peningkatan karena penggunaan semen yang sama dan bertambahnya abu sekam padi, dan penggunaan serat TKKS yang sama. PS4 dengan PS5 dengan nilai kuat lentur meningkat karena penggunaan semen yang berkurang dan bertambahnya abu sekam padi, dan penggunaan serat TKKS yang bertambah. PS5 dengan PS6 mengalami penurunan nilai kekuatan lentur karena penambahan penggunaan abu sekam padi dan pengurangan penggunaan pasir.

Berdasarkan hasil dari data pengujian kuat lentur, terjadi peningkatan signifikan pada hasil uji PS1 yaitu sebesar 52,151 kgf/cm². Hal ini sesuai dengan penelitian (Takono dan Hadi Ali, 2015) yang berjudul “Pemanfaatan Serat Tandan Kosong Kelapa sawit (TKKS) Dalam Produksi Eternit Yang Ramah Lingkungan” pembuatan eternit pada campuran 25% dengan hasil kuat lentur 88,65 kgf/cm² dan nilai kuat lentur tertinggi 92,02 kgf/cm² pada campuran serat 15%. Hasil diatas membuktikan dengan substitusi serat tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dapat meningkatkan kuat lentur.

Gambar 2 menunjukkan bahwa pengujian plafon memiliki kekuatan lentur peningkatan tertinggi sebesar 58,151 kgf/cm² pada pengujian PS1 dengan kombinasi semen sebesar 38%, pasir sebesar 60% dan serat TKKS sebesar 2%. Sedangkan, kuat lentur yang mengalami kenaikan paling besar pada penggunaan abu sekam padi adalah 30,019 kgf/cm² pada pengujian PS5 dengan kombinasi 23% semen, 25% abu sekam padi, 50% pasir dan serat TKKS sebesar 2%. Sementara untuk kuat lentur yang terendah sebesar 25,428 kgf/cm² terdapat pada sampel benda uji PS5 dengan kombinasi 23% semen, 30% abu sekam padi, 45% pasir dan serat TKKS 2%. Semua ini dapat disimpulkan dari PK hingga PS6 sudah memenuhi standar SNI 01-4449-2006 sebesar $>20 \text{ kgf/cm}^2$.

3.5. Pengujian Daya Serap Air

Pengujian daya serap mengacu pada standar SNI 01-4449-2006. Pengujian daya serap air bertujuan untuk menentukan batasan kapasitas benda uji atau benda uji menyerap air sampai batas maksimal. Adapun hasil lengkap pengujian tercantum dalam Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Daya Serap Air

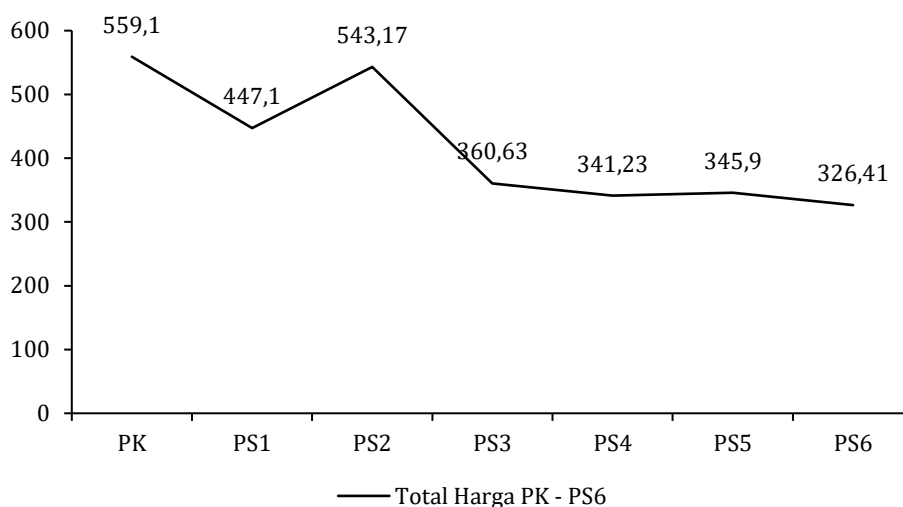
Penelitian ini memperoleh hasil yang cukup baik dibandingkan hasil pada pembuatan plafon semen dengan menggunakan serat *fiberglass*. Berdasarkan hasil dari data pengujian di lapangan untuk kuat lentur dan daya serap air, menunjukkan bahwa pada penelitian kali ini sejalan dengan penelitian (Arizal Fadli Fitrianto, dkk. 2024) yang menggunakan dan abu sekam padi sebagai substitusi parsial semen. Menurut (Arizal Fadli Fitrianto, dkk. 2024) penggunaan serat alami dalam pembuatan plafon dapat meningkatkan nilai kuat lentur dan penambahan abu sekam padi sebagai substitusi parsial semen dapat meningkatkan nilai daya serap pada plafon. Penelitian ini menunjukkan hasil positif khususnya pada benda uji PS5 dengan nilai kuat lentur 30,019 kgf/cm² dan nilai daya serap air 29,942% yang mengacu pada penelitian (Takono dan Hadi Ali, 2015) memaparkan hasil pengujian daya serap air papan semen (eternit) setelah 24 jam daya serap air terendah adalah 13,23% dengan campuran serat tandan kosong kelapa sawit 5% dan daya serap air tertinggi yaitu 27,35% dengan penggunaan serat tandan kosong kelapa sawit sebesar 30%

Selain itu, menurut (Petrus Patandung, 2016) pada penelitiannya yang menunjukkan bahwa pada sampel E yang menggunakan abu sekam padi 1000g, gypsum 1600g, semen 1000g, dan serat sabut kelapa 215g terindikasi bahwa pada permukaan lembaran papan serat terjadi cacat atau berlubang yang membuat terjadinya rembesan air. Ini semua dapat kita lihat pada penelitian kali ini khususnya pada sampel AP3 yang mempunyai nilai kuat lentur 30,019 kgf/cm² dan nilai daya serap air 29,942 %. Hal ini juga membuktikan bahwa penggunaan serat tandan kosong kelapa sawit dapat menghasilkan modulus kuat lentur dan daya serap air yang lebih baik dibandingkan penelitian yang dilakukan (Petrus Patandung, 2016) yang menggunakan serat kelapa sebagai pengganti serat *fiberglass* dan abu sekam padi sebagai substitusi parsial semen serat kelapa.

3.6. Analisis Perbandingan Biaya

Perbandingan biaya pada plafon semen dengan kombinasi semen, pasir, abu sekam padi, dan serat TKKS tanpa memakai serat *fiberglass* dimana harga plafon semen konvensional memiliki harga Rp. 559,1. Pada benda uji PS2 dengan kombinasi pasir, semen dan serat *fiberglass* menimbulkan adanya selisih harga sebesar Rp. 15,93,- dengan plafon semen konvensional. Ini karena penggunaan abu sekam padi sebagai bahan substitusi semen yang menyebabkan penurunan harga pembuatan plafon semen 2 (PS2). Selisih harga ini masih terbilang sangat kecil jika dibandingkan dengan benda uji PS3, PS4, PS5, dan PS6. Sedangkan pada benda uji PS6 mempunyai selisih harga yang sangat tinggi dikarenakan adanya kombinasi abu sekam padi yang mengurangi jumlah

volume semen dan penggunaan serat serta tandan kosong kelapa sawit sebagai pengganti *fiberglass* sehingga mendapatkan selisih sebesar Rp. 232,69,- yang dimana itu semua disebabkan harga semen per kilo Rp1.475 dan harga pasir per kilo sebesar Rp. 1.375. Walaupun dengan harga yang lebih murah tidak berarti kualitas bahan menjadi turun seperti yang tercantum pada grafik Gambar 4.



Gambar 4. Grafik Perbandingan Harga Plafon Semen

Gambar 4 menunjukkan bahwa plafon semen dengan campuran abu sekam padi dan serat tandan kosong kelapa sawit memiliki kualitas yang lebih baik daripada asbes plafon yang tanpa menggunakan campuran abu sekam padi dan serat tandan kosong kelapa sawit. Hal ini dapat dilihat dari kekuatan lentur yang baik ketika ditambahkan serat tandan kosong kelapa sawit dan abu sekam padi. Sementara untuk penyerapan air (porositas) juga lebih baik dan sudah sesuai standar SNI.

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan sebagai berikut:

- 1) Pemanfaatan serat tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dan abu sekam padi sebagai bahan komposit campuran pembuatan plafon semen. Penggunaan serat tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dapat memengaruhi kekuatan modulus lentur, sedangkan semakin banyaknya penggunaan abu sekam padi akan meningkatkan nilai daya serap air.
- 2) Hasil pengamatan karakteristik plafon semen yang didapatkan pada pengamatan pengujian sifat fisis, antara lain:
 - a) Hasil nilai kekuatan lentur rata – rata berdasarkan pada pengujian yang telah dilakukan untuk variasi yang menggunakan semen, pasir, serat TKKS nilai terbaik adalah PS1 terjadi kenaikan hingga 58,151 kgf/cm² sedangkan variasi yang menggunakan abu sekam padi dan serat TKKS nilai terbaiknya pada PS5 sebesar 30,019 kgf/cm². Jadi, semakin tinggi nilai kuat lenturnya maka semakin baik pula asbes plafon tersebut menanggung beban yang lebih besar.
 - b) Hasil dari nilai daya serap air (porositas) yang umum berdasarkan Pengujian yang telah dilakukan adalah untuk variasi yang menggunakan semen, pasir, serat TKKS nilai paling rendah pada PS1 adalah 10,076% sedangkan variasi menggunakan abu sekam padi dan serat kulit jagung dengan nilai paling rendah pada PS2 sebesar 22,517%. Jadi semakin rendah nilai penyerapan air, semakin baik untuk asbes plafon karena jika terjadi rembesan air tidak akan bocor.
- 3) Perbandingan biaya pembuatan 1 asbes plafon menunjukkan besarnya biaya yang murah dan paling memenuhi SNI 01 - 4449 - 2006 pada uji asbes plafon inovasi PS5 dengan biaya lengkap Rp. 345,9,- PS5 dipilih karena mempunyai kuat lentur terbaik senilai 30,019 kgf/cm² dan nilai daya serap air (porositas) sebesar 29,924% yang menggunakan campuran semen, pasir, abu sekam padi, dan serat TKKS

Referensi

- Tarkono. (2015). Pengaruh penambahan serat tandan kosong kelapa sawit (TKKS) terhadap sifat mekanik eternit yang ramah lingkungan. *Jurnal Teknologi Akprind*.
- Putri, D. A., & Risdianto, Y. PEMANFAATAN ABU SEKAM PADI SEBAGAI MATERIAL PENYUSUN BETON RINGAN SELULER.
- Patandung, P. (2018). Pengembangan Pembuatan Plafon Dari Abu Sekam Padi Dengan Menggunakan Serat Sabut Kelapa. *Jurnal Penelitian Teknologi Industri*, 8(1), 39-50.
- Putri, D. A., & Risdianto, Y. Pemanfaatan Abu Sekam Padi Sebagai Material Penyusun Beton Ringan Seluler.
- Prasetyo, D. A. (2017). Pemanfaatan Serat Kulit Jagung Sebagai Bahan Campuran Pembuatan Plafon Eternit. *Rekayasa Teknik Sipil*, 1(1).
- Angggriani, B. (2017). Pengujian Sifat Fisis Papan Dari Campuran Limbah Serat Batang Kelapa Sawit Dan Serbuk Kayu Industri Dengan Perekat Poliester (Doctoral dissertation, UNIMED).
- Agus Wijaya. 2005. Pemanfaatan Pelepah Pisang Sebagai Serat Pada Plafon. Surabaya. Jurusan Teknik Sipil. UNESA.
- Windy Sawitri. 2010. Pengaruh Penggunaan Serat Ijuk Aren (*Arenga Pinnata*) Sebagai Pengganti Serat Kain Untuk Bahan Pembuatan Papan Plafon Terhadap Kualitasnya. Surabaya. Jurusan Tekni Sipil. UNESA
- Dwi Kurniawan Saputra. 2013. Pemanfaatan Serat Dan Tempurung Kelapa Sawit Sebagai Pengganti Bahan Penguat Pembuatan Plafon Eternit. Fakultas Teknik. Jurusan Teknik Mesin. Universitas Lampung
- Syukur, M., & Sembiring, A. D. (2010). Pengaruh Orientasi Serat Sabut Kelapa dengan Resin Polyester terhadap Karakteristik Papan Lembaran (Doctoral dissertation, Universitas Sumatera Utara).
- Sugiyanto, dkk. 2013. Pengaruh Waktu Perendaman dan Jenis Larutan Terhadap kekuatan Tarik Serat Nanas. Jurusan Teknik Mesin. UNSA.
- Fitrianto, A. F., Hartono, & Nurdiana, A. (2024). Pengaruh penggunaan serat kulit jagung dan abu sekam padi sebagai bahan campuran pembuatan asbes plafon. *Jurnal Sipil dan Arsitektur*, 2(2), 18–24.
- Hartari, W. R., Delvitasari, F., Maryanti, M., Undadraja, B., Hasbullah, F., & Deksono, G. A. (2023). Pengujian lignin selulosa tandan kosong kelapa sawit dengan waktu delignifikasi H_2SO_4 menggunakan uap bertekanan.
- Muliadi, Sofyan, & Hajar, Y. (2018). Pengaruh kuat lentur beton terhadap penambahan serat tandan kosong kelapa sawit. *Teras Jurnal*, 8(2), 426–430.
- Lomboan, F. O., Kumaat, E. J., & Windah, R. S. (2016). Pengujian kuat tekan mortar dan beton ringan dengan menggunakan agregat ringan batu apung dan abu sekam padi sebagai substitusi parsial semen.

Pemanfaatan limbah plastik jenis HDPE (*High Density Polyethylene*) serta limbah tulang ayam di Kota Semarang sebagai substitusi parsial campuran pada bata hebel

Nurul Hadi Sofyan^{a*}, Nazhiifa Firdha Cahyaputri^a, Shifa Fauziyah^a, Hartono^a

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

ARTICLE INFO

Corresponding author:

Email:
sofyanawakward@gmail.com

Article history:

Received : 6 June 2025
Revised : 24 September 2025
Accepted : 25 September 2025
Publish : 30 September 2025

Keywords:

Cellular lightweight concrete, chicken bone ash waste, compressive strength, HDPE plastic waste, sustainable material

ABSTRACT

Human activities that increase every year naturally generate a large amount of plastic waste, primarily consisting of HDPE (*High Density Polyethylene*) plastic waste. Additionally, chicken bone waste, which is rarely utilized and often left to accumulate, is also produced. Utilizing HDPE plastic waste and chicken bone waste as partial substitutes in the mixture for CLC bricks is one solution to reduce waste and greenhouse gas (CO₂) emissions during the cement production process. The aim of this research is to utilize and determine the optimal percentage variation of the mixture of ash from the combustion of chicken bone waste, which contains more than 50% CaO, as a partial cement substitute, and HDPE plastic waste, which is hard, solid, lightweight, and resistant to high temperatures, as a partial fine aggregate substitute in the production of CLC bricks that meet Indonesian National Standard (SNI) specifications, with a total of 15 samples. The method used in this research is an experimental method using cube test specimens measuring 15 x 15 x 15 cm with variations in the percentage of chicken bone ash waste (0%, 2.5%, 5%, 7.5%, 10%) and HDPE plastic waste (0%, 0.4%, 0.8%, 1%, 1.2%) from cement and fine aggregate, referring to SNI 8640-2018. The expected outcome of this research is CLC bricks with the specific gravity, absorption, and average compressive strength of class IB CLC bricks.

Copyright © 2025 PILARS-UNDIP

1. Pendahuluan

Pada pembangunan konstruksi di Indonesia, dinding merupakan suatu hal penting dalam bangunan. Penggunaan material penyusun dinding juga menjadi salah satu pengaruh kekuatan dan efisiensi pekerjaan konstruksi. Seiring dengan berkembangnya dunia konstruksi di Indonesia, material penyusun dinding dalam dunia konstruksi juga mengalami perkembangan, salah satunya adalah maraknya penggunaan material bata hebel sebagai alternatif pengganti batu bata. Kegiatan manusia yang meningkat tiap tahun tentu menghasilkan limbah plastik dalam jumlah yang besar dengan rata-rata jenis limbah plastik HDPE (*High Density Polyethylene*). Terdapat juga limbah dari tulang ayam yang jarang dimanfaatkan dan dibiarkan menumpuk. Pemanfaatan limbah plastik HDPE serta limbah tulang ayam sebagai substitusi parsial campuran bata hebel merupakan salah satu solusi dalam mengurangi limbah dan emisi gas rumah kaca (CO₂) saat proses produksi semen. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kadar % campuran optimum bata hebel inovasi dengan campuran limbah plastik HDPE yang bersifat keras, solid, ringan, dan tahan panas sebagai substitusi parsial agregat halus serta abu limbah tulang ayam yang mengandung Kalsium dan Silika sebagai substitusi parsial semen yang memiliki mutu yang sama atau bahkan lebih baik dari bata hebel biasanya yang diukur melalui uji berat jenis, kuat tekan, dan daya serap sesuai SNI 8640-2018. Disamping itu juga untuk mengetahui biaya produksi yang dibutuhkan untuk menghasilkan bata hebel inovasi dan konvensional.

2. Data dan metode

2.1. Merancang *Mix Design*

Mix Design pada pembuatan bata ringan mengacu pada penelitian terdahulu sebagai acuan referensi. Benda uji dalam penelitian ini berbentuk kubus ukuran 15x15x15 cm. Benda uji memiliki 5 variasi komposisi yaitu substitusi parsial semen dengan variasi campuran abu tulang terhadap berat normal semen yang dibutuhkan. Kemudian substitusi parsial pasir dengan variasi campuran plastik HDPE. Adapun hasil *mix design* disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. *Job Mix Design*

Bahan	Variasi (Abu Tulang Ayam ...% dari semen) : (Plastik HDPE..% dari pasir)					Satuan
	0%: 0% (1)	2,5%: 0,4% (2)	5%: 0,8% (3)	7,5%: 1% (4)	10%: 1,2% (5)	
Semen <i>Portland Type 1</i>	843,75	822,65625	801,5625	780,46875	759,375	gram
Air	337,5	337,5	337,5	337,5	337,5	ml
Pasir	4320	4302,72	4285,44	4276,8	4268,16	gram
Foaming Agent + air	1350	1350	1350	1350	1350	ml
Limbah Plastik HDPE	0	17,28	34,56	43,2	51,84	gram
Limbah Abu Tulang Ayam	0	21,0938	42,1875	63,2813	84,375	gram

2.2. Pengolahan Abu Tulang Ayam

Dilakukan pembersihan limbah tulang ayam dengan cara merebus limbah tulang ayam agar tulang terlepas dari sisa daging yang masih menempel pada tulang. Limbah tulang ayam yang telah bersih dari daging yang masih menempel dikeringkan dengan cara dijemur atau dengan oven kemudian disangrai. Sangrai tulang ayam hingga menjadi abu. Kemudian lakukan analisis butir dengan ketentuan lolos saringan nomor 200 dengan ukuran 0,075 mm.

2.3. Pengolahan Limbah Plastik HDPE (*High Density Polyethylene*)

Dilakukan pemilahan limbah plastik HDPE yang masih layak digunakan. Kemudian proses pencacahan plastik HDPE. Pencacahan plastik dilakukan hingga sesuai syarat yaitu lolos saringan nomor 4 dengan ukuran 4,75 mm.

2.4. Pembuatan Benda Uji

Adapun pembuatan benda uji pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Menyiapkan alat dan bahan penyusun bata ringan.
- 2) Menimbang seluruh bahan sesuai dengan *job mix* yang telah dirancang.
- 3) Melakukan pencampuran material dan masukkan *foaming agent* yang telah diaktifkan.
- 4) Menyiapkan moulding cetakan kubus 15x15x15 cm.
- 5) Pencetakan bata ringan sembari diketok dengan palu bagian luar cetakan untuk pencegahan rongga udara dalam cetakan.
- 6) Buka cetakan setelah berumur 24 jam.

2.5. Massa Jenis (*Densitas*) dan Daya Serap Air

Pengujian daya serap air dilakukan pada umur 7 hari. Pengujian ini dilakukan untuk membandingkan penyerapan yang terjadi pada bata ringan konvensional dan bata ringan inovasi. Uji penyerapan ini menggunakan wadah yang diberi air setinggi 50 cm dengan benda uji diletakkan di dalamnya selama 24 jam. Setelah itu ditimbang dan kemudian benda uji dimasukkan ke dalam oven selama 24 jam. Timbang benda uji setelah keluar dari oven dan hitung daya serap dan massa jenisnya. Lakukan perhitungan perbandingan beban sebelum dengan sesudah penyerapan.

2.6. Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur bata ringan mencapai 14 hari. Pengujian ini mencari hasil terbaik dari beberapa sampel benda uji yang diberi tekanan pada titik tengah benda uji, benda uji diberi tekanan hingga patah atau terdapat retakan.

3. Hasil dan Pembahasan

Pengaruh penggunaan abu tulang ayam dan plastik HDPE sebagai substitusi semen dan agregat halus dalam pembuatan bata ringan memiliki keunggulan dalam menghasilkan kualitas nilai massa jenis, daya serap air, dan kuat tekan yang lebih tinggi.

3.1. Pengujian Berat Jenis (Densitas)

Pengujian massa jenis menggunakan 3 sampel setiap variasi bata ringan dengan bahan substitusi abu tulang ayam dan plastik HDPE dengan persentase berbeda pada setiap variasi. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui massa jenis bata hebel pada penelitian ini. Berikut hasil perhitungan berat jenis rata-rata bata ringan pada Tabel 2.

Tabel 2. Perhitungan Berat Jenis Rata-Rata Bata Ringan

Tipe Variasi	Berat Jenis Rata-Rata (kg/m ³)	Standar SNI 8640-2018 (kg/m ³)	Keterangan
1	1344,691	1200 - 1400	Memenuhi
Tipe Variasi	Berat Jenis Rata-Rata (kg/m ³)	Standar SNI 8640-2018 (kg/m ³)	Keterangan
2	1322,963	1200 - 1400	Memenuhi
3	1322,667	1200 - 1400	Memenuhi
4	1318,123	1200 - 1400	Memenuhi
5	1316,049	1200 - 1400	Memenuhi

Hasil pengujian densitas (berat jenis) ditunjukkan pada gambar 1. Diketahui bahwa hasil pengujian mengalami penurunan densitas seiring dengan penambahan campuran abu tulang ayam dan plastik HDPE. Densitas paling tinggi ditunjukkan pada variasi 1 atau bata ringan normal tanpa substitusi abu tulang ayam dan plastik HDPE yaitu sebesar 1344.691 kg/m³. Kemudian mengalami penurunan hingga nilai densitas bata paling rendah terjadi pada variasi 5 (10% : 1.2%) yaitu sebesar 1316.05 kg/m³. Diketahui juga berat jenis seluruh variasi bata ringan penelitian ini telah memenuhi standar SNI 8640-2018 dan dapat diklasifikasikan termasuk dalam kategori berat 1300 kg/m³ atau bata ringan dengan kepadatan tinggi.

3.2. Pengujian penyerapan air

Pengujian penyerapan air bata ringan dilakukan pada umur 7 hari. Dengan jumlah sampel uji 3 buah sampel. Pengujian ini dilakukan untuk membandingkan penyerapan yang terjadi pada bata ringan konvensional dengan bata ringan inovasi. Berikut hasil uji penyerapan air benda uji bata ringan pada Tabel 3.

Tabel 3. Data rata-rata berat bata ringan

Tipe Variasi	Berat nominal (kg)	Berat setelah direndam (kg)	Berat oven kering (kg)
1	5,734	6,097	4,538
2	5,567	5,094	4,465
3	5,247	5,345	4,464
4	5,162	5,457	4,448
5	5,384	5,457	4,441

Berdasarkan hasil uji penyerapan pada Tabel 2, didapatkan hasil penyerapan air terkecil pada variasi 2 (2.5% : 0.4%) sebesar 14,110%, sedangkan penyerapan air terbesar pada variasi 5 (10% : 1,2%) sebesar 22,880%. Dalam uji penyerapan air bata ringan, hasil uji terbaik adalah benda uji dengan persentase penyerapan paling rendah (variasi 2). Sehingga benda uji variasi 2 memiliki daya serap terbaik. Nilai rata-rata daya serap pada seluruh variasi masih sesuai SNI 8640-2018 yaitu <25%.

3.3. Pengujian kuat tekan

Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur bata ringan mencapai 14 hari. Menggunakan sampel uji 3 buah sampel yang telah diuji densitas dan massa jenisnya terlebih dahulu. Hasil pengujian ini didapatkan dengan menghitung beban maksimal (P) dibagi dengan luas penampang (A). Berikut hasil uji kuat tekan benda uji bata ringan pada Tabel 4.

Tabel 4. Data rata-rata berat bata ringan

Tipe Variasi	Beban tekan (N)	Luas (mm ²)	Kuat tekan (MPa) 14 hari	Kuat tekan (MPa) 28 hari
1	73667	22500	3,27	3,72
2	82000	22500	3,64	4,14
3	88000	22500	3,91	4,44
4	62333	22500	3,01	3,42
5	38667	22500	1,72	1,95

Hasil pengujian kuat tekan yang telah dilakukan dapat ditunjukkan pada grafik 3. Diketahui bahwa nilai kuat tekan bata ringan hari ke 14 tertinggi pada variasi 2 yaitu sebesar 3.91 MPa dan pada hari ke 28 sebesar 4.44 MPa. Sedangkan nilai kuat tekan bata ringan hari ke 14 terendah pada variasi 5 yaitu sebesar 1.72 MPa dan pada hari ke 28 sebesar 1.95 MPa. Diketahui bahwa kuat tekan bata ringan variasi 2 (2.5% : 0.4%) meningkat dibandingkan dengan bata ringan variasi 1 atau konvensional. Namun, semakin banyak kandungan abu tulang ayam dan plastik HDPE dalam bata ringan maka akan semakin menurun pula kuat tekannya dan akan terus menerus menurun. Diketahui variasi bata ringan 1, 2, 3, dan 4 memiliki nilai kuat tekan rata-rata pada hari 28 yang masih dalam standar bata ringan struktural kelas IB pada SNI 8640-2018 dengan nilai kuat tekan rata-rata minimal sebesar 4 MPa. Namun, pada variasi 5 (10% : 1.2%) nilai kuat tekan rata-rata pada hari 28 menurun hingga 1.95 MPa. Nilai kuat tekan rata-rata ini tidak sesuai dengan standar nilai kuat tekan rata-rata bata ringan kelas IB, maupun kelas lainnya atau dapat diartikan tidak sesuai SNI 8640-2018.

Penelitian ini menunjukkan bahwa kandungan abu tulang ayam dan plastik HDPE dalam bata ringan dapat meningkatkan nilai kuat tekan rata-ratanya daripada bata ringan normal. Dalam penelitian ini menunjukkan bahwa kandungan Ca dan Si dalam abu tulang ayam dapat menggantikan kandungan Ca dan Si dalam semen. Abu tulang ayam juga memiliki daya ikat yang hampir sama dengan semen, walaupun tidak sekuat semen. Kandungan plastik HDPE dalam bata ringan juga meningkatkan daya kuat tekan pada bata ringan. Hal ini dikarenakan plastik HDPE bersifat keras. Namun, apabila kandungan plastik HDPE dalam bata ringan terlalu banyak, maka akan menurunkan kuat tekannya dikarenakan plastik HDPE tidak memiliki daya ikat yang baik, walaupun abu tulang ayam memiliki daya ikat yang relatif tinggi. Sehingga dalam penelitian ini, dapat diketahui bahwa penambahan abu tulang ayam dan plastik HDPE ke dalam campuran bata ringan dapat meningkatkan kuat tekan dengan persentase tertentu.

3.4. Analisis mutu dan biaya pembuatan bata ringan

Mutu dari suatu bahan bangunan sangat diperlukan guna menunjang kualitas dari bahan tersebut. Sama halnya dengan mutu dari bata ringan yang sesuai SNI 8640-2018. Analisis mutu pada bata ringan disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Rekapitulasi Harga Produksi

Tipe Variasi	Semen (Rp)	Pasir (Rp)	Air (Rp)	Abu Tulang Ayam (Rp)	Plastik HDPE (Rp)	Foaming Agent (Rp)	Total Biaya Produksi (Rp)
1	1968,75	972,00	5,4	0	0	3214,29	6160,44
2	1919,53	968,11	5,4	0	907,2	3214,29	7014,53

Tipe Variasi	Semen (Rp)	Pasir (Rp)	Air (Rp)	Abu Tulang Ayam (Rp)	Plastik HDPE (Rp)	Foaming Agent (Rp)	Total Biaya Produksi (Rp)
Tipe Variasi	Semen (Rp)	Pasir (Rp)	Air (Rp)	Abu Tulang Ayam (Rp)	Plastik HDPE (Rp)	Foaming Agent (Rp)	Total Biaya Produksi (Rp)
4	1821,09	962,28	5,4	0	2268	3214,29	8271,06
5	1771,88	960,34	5,4	0	2721,6	3214,29	8673,5

Hasil yang didapatkan dalam analisis perhitungan biaya pada penelitian bata ringan menggunakan abu tulang ayam dan plastik HDPE didapatkan harga produksi sejumlah: Variasi 1/bata ringan konvensional sebesar Rp 6.160,44, Variasi 2 sebesar Rp 7.014,53, Variasi 3 sebesar Rp 7.868,62, Variasi 4 sebesar Rp 8.271,06, dan Variasi 5 sebesar Rp 8.673,5. Dapat diketahui bahwa harga produksi yang dikeluarkan mengalami peningkatan. Hal ini dikarenakan plastik HDPE yang digunakan bukan berasal dari limbah tetapi menggunakan biji plastik HDPE dari *e-commerce* dan kendala mesin pencacah limbah plastik HDPE belum tersedia di kota penelitian berlangsung.

Berdasarkan penelitian terdahulu yang berjudul “Analisa Kuat Tekan Beton Menggunakan Abu Tulang Ayam Sebagai Bahan Substitusi Dari Berat Semen” (Ulinuha, dkk. 2022), kandungan abu tulang ayam dalam beton dapat meningkatkan kuat tekan beton sampai dengan persentase abu tulang ayam sebesar 5%. Pada penelitian berjudul “Pengaruh Penambahan Limbah Plastik Jenis Thermosetting Terhadap Mutu Bata Ringan (Hebel)” (Supriyadi, dkk. 2020), penambahan plastik sebesar 1% pada bata ringan dapat meningkatkan kuat tekan bata ringan, tetapi >1% akan menurunkan kuat tekan bata ringan.

Dalam penelitian ini, dapat diketahui bahwa variasi optimum yaitu pada variasi 2 (2.5% : 0.4%). Kandungan abu tulang ayam sebesar 5% tidak menjadi variasi optimum pada penelitian ini seperti yang dikatakan pada penelitian sebelumnya. Namun, bata ringan dengan kandungan tulang ayam dengan persentase >5% hingga 7.5% masih termasuk ke dalam standar SNI 8640-2018 walaupun kualitas daya serap dan kuat tekannya semakin menurun. Begitupula dengan kandungan plastik HDPE dalam variasi 2 yaitu sebesar 0.4%. Kandungan plastik HDPE dengan persentase 1% dalam bata ringan tidak menjadi variasi optimum. Namun, kandungan plastik HDPE >0.4% hingga 1% masih termasuk dalam standar SNI 8640-2018 walaupun kualitas daya serap dan kuat tekannya menurun. Hal ini dikarenakan persentase abu tulang ayam dan plastik HDPE bila dicampurkan terlalu banyak maka akan menurunkan kualitas dari daya serap dan kuat tekan. Abu tulang ayam memiliki kandungan Ca dan Si dengan daya ikat yang besar namun tidak sebesar daya ikat semen (ulinuha, dkk, 2022). Abu tulang ayam juga merupakan zat organik. Sedangkan plastik HDPE merupakan zat anorganik dan memiliki sifat keras, kuat, dan ringan. Namun plastik HDPE memiliki daya ikat kecil dikarenakan plastik sulit homogen bila dicampur dengan bahan yang lain atau bahan organik (Aulia, 2021) yang membuat kedua bahan tadi tidak dapat homogen dan optimum pada persentase tertentu saja.

4. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah didapatkan variasi optimum yaitu variasi 2 (2.5% : 0.4%) dengan massa jenis (densitas) rata-rata berat jenis lebih rendah yaitu sebesar 1322,963 kg/m³ daripada bata ringan konvensional variasi 1 atau variasi normal dengan nilai rata-rata berat jenis sebesar 1344.691 kg/m³. Nilai penyerapan air terjadi pada variasi 2 atau optimum yaitu dengan kandungan abu tulang ayam 2.5% dan plastik HDPE 0.4% sebesar 14,11% dan lebih rendah dari variasi normal yaitu sebesar 17,176%, nilai kuat tekan rata-rata variasi 2 hari 14 sebesar 3.91 MPa dimana nilai rata-rata kuat tekan bata ringan mengalami kenaikan dari variasi 1 atau normal sebesar 3.27 Mpa. Harga produksi yang dibutuhkan untuk membuat variasi optimum sebesar Rp 7014,53.00. Pada penelitian selanjutnya diharapkan dapat menggunakan limbah plastik HDPE dan melakukan pencacahan limbah plastik HDPE, sehingga dapat menekan biaya produksi. Disarankan menggunakan pasir berjenis silika agar memiliki massa jenis yang lebih ringan dari pasir biasa. Pada penelitian selanjutnya diharapkan dapat menggunakan variasi persentase abu tulang ayam dan plastik HDPE yang berbanding terbalik sehingga dapat diketahui secara spesifik kandungan mana yang sangat berpengaruh.

Ucapan terima kasih

Kami panjatkan puji syukur kepada Allah SWT karena atas kehendaknya penulis dapat menyelesaikan penelitian ini. Terima kasih kepada dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan kepada penulis. Terima kasih kepada seluruh civitas akademika Jurusan Teknik Infrastruktur Sipil dan Perancangan Arsitektur Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian.

Referensi

- Almufid. (2018). INOVASI BETON MUTU TINGGI RAMAH LINGKUNGAN SEBAGAI PENUNJANG PEMBANGUNAN NASIONAL. *Jurnal Teknik : Universitas Muhammadiyah Tangerang*, 7, 36–41.
- Aulia, T. (2021). *PENGARUH PEMANFAATAN BIJI PLASTIK HDPE*.
- Badan Standardisasi Nasional. (2002). *SNI 03-2847-2002 Standar Nasional Indonesia Badan Standardisasi Nasional Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (Beta Version)*.
- Badan Standardisasi Nasional. (2004). *SNI 15-0302-2004 Standar Nasional Indonesia Badan Standardisasi Nasional Semen Portland Pozolan*.
- Badan Standardisasi Nasional. (2018). *SNI 8640:2018 Standar Nasional Indonesia Badan Standardisasi Nasional Spesifikasi bata ringan untuk pasangan dinding*. www.bsn.go.id
- Budhiono, B. & R. C. (2006). *Perbandingan Analisis Biaya dan Waktu pada Pengerjaan Dinding Batu Bata Konvensional dan Hebel*.
- Ibtihal Ulinuha, ul, & Widodo, P. (2022). ANALISA KUAT TEKAN BETON MENGGUNAKAN ABU TULANG AYAM SEBAGAI BAHAN SUBSTITUSI DARI BERAT SEMEN. In *Jurnal Ilmiah REAKTIP* (Vol. 2, Issue 2).
- ibthial ulinuha, ul, & widodo, P. (2022). ANALISA KUAT TEKAN BETON MENGGUNAKAN ABU TULANG AYAM SEBAGAI BAHAN SUBSTITUSI DARI BERAT SEMEN. In *Jurnal Ilmiah REAKTIP* (Vol. 2, Issue 2).
- Kusuma, G. A. (2019, May 14). *Pemanfaatan Sampah Plastik Jenis PP (Poly Propylene) sebagai Substitusi Agregat pada Bata Beton (Paving Block)*. <https://Dspace.Uii.Ac.Id/>.
- Paramita, Shovitri, M., & Kuswyasari, N. D. (2012). Biodegradasi Limbah Organik Pasar dengan Menggunakan Mikroorganisme Alami Tangki Septik. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, 1, 23–26.
- Patanga, A., & Yuliarti, N. (2016). *Pembuatan, Aplikasi, dan Bisnis Pupuk Organik*.
- Rommel, E. (2015, April 22). *Making Lightweight Aggregate Concrete From Artificial Plastic*. *Jurnal Gamma*.
- Sultan, M. A., Tata, A., & Wanda, A. (2020). Penggunaan Limbah Plastik PP Sebagai Bahan Pengikat Pada Campuran Paving Block. *Siklus : Jurnal Teknik Sipil*, 6(2), 95–102. <https://doi.org/10.31849/siklus.v6i2.4552>
- Wardana, A. K., Kartini, W., & Astawa, M. D. (2021). Pemanfaatan Limbah Plastik Hdpe Sebagai Pengganti Agregat Kasar Tertentu Pada Campuran Beton Ringan. *Kern Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 7. <http://kern.upnjatim.ac.id>

Penggunaan abu serabut kelapa sebagai substitusi semen dan tempurung kelapa sebagai substitusi agregat kasar

Fahryan Bery Ramdhany^{a*}, Shifa Fauziyah^a, Hartono^a

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

ARTICLE INFO

Corresponding author:

Email:

fahryanbr24@gmail.com

Article history:

Received : 3 December 2024

Revised : 24 September 2025

Accepted : 25 September 2025

Publish : 30 September 2025

Keywords:

Coconut fiber ash, coconut shell, concrete compressive strength, Portland cement, waste

ABSTRACT

Coconut shell and coconut fiber waste are types of waste generated from the coconut industry, with a significant quantity. The main issue related to this waste is its inefficient handling, which can lead to environmental pollution and health problems. By utilizing coconut shells as a substitute for coarse aggregate in concrete mixtures, we can reduce the amount of waste disposed of and decrease dependence on conventional materials. Additionally, the ash from coconut fibers, produced from burning the fibers, can be used as a substitute for cement. The use of coconut fiber ash not only reduces the use of Portland cement, which has a high environmental impact, but also can improve the mechanical properties and durability of concrete. This research aims to explore the use of coconut shell waste as a substitute for coarse aggregate and coconut fiber ash as a substitute for cement in concrete mixtures. With the increasing demand for construction materials and the environmental impact of conventional materials, the utilization of agricultural waste such as coconut shells and fibers presents an attractive alternative. The experimental methods used include testing the physical and mechanical characteristics of the concrete mixture, as well as analyzing the variation in substitution proportions. Previous studies have shown the potential of coconut waste in enhancing concrete properties, both in terms of compressive strength and environmental resistance. The results of this research are expected to contribute to the development of sustainable construction technology and waste reduction, as well as promote the use of environmentally friendly materials in the building industry.

Copyright © 2025 PILARS-UNDIP

1. Pendahuluan

Permasalahan sampah di Kota Bandung semakin mendesak setiap tahunnya, dengan produksi mencapai 1.594,18 ton per hari pada tahun 2022. Sampah organik, terutama dari limbah makanan, mendominasi dengan 709,73 ton per hari, diikuti oleh plastik dan kertas masing-masing 266,23 ton dan 209,16 ton per hari. Salah satu kontributor utama adalah Pasar Tradisional *Gede Bage* yang menghasilkan 10 ton sampah per hari, termasuk limbah kelapa yang signifikan. Limbah kelapa ini, meskipun bernilai rendah, menumpuk dan menimbulkan masalah lingkungan yang serius.

Penelitian ini bertujuan untuk mencari solusi inovatif dalam pemanfaatan limbah kelapa sebagai material konstruksi. Berdasarkan studi sebelumnya, abu serabut kelapa dapat digunakan sebagai substitusi semen, dan tempurung kelapa sebagai substitusi agregat kasar dalam campuran beton. Penggunaan abu serabut kelapa dapat meningkatkan kekuatan tekan beton hingga 42% pada usia 14 hari, sementara tempurung kelapa dapat meningkatkan kekuatan tekan beton sebesar 1,11%. Dalam upaya mengurangi masalah sampah di Kota Bandung, penelitian ini mengidentifikasi potensi pemanfaatan limbah kelapa sebagai bahan campuran beton. Diharapkan penelitian ini dapat

memberikan solusi inovatif dalam pengolahan limbah, mengurangi masalah lingkungan, dan menciptakan nilai ekonomis baru melalui aplikasi dalam konstruksi beton dan dapat menjadi referensi bagi studi lebih lanjut dalam bidang yang sama.

2. Data dan metode

2.1. Merancang *Mix Design*

Mix Design pada pembuatan beton mengacu pada penelitian terdahulu sebagai acuan referensi. Benda uji dalam penelitian ini berbentuk tabung ukuran $\varnothing 15\text{cm} \times 30\text{cm}$. Benda uji memiliki 10 variasi komposisi yaitu substitusi parsial semen dan agregat kasar dengan variasi campuran abu serabut kelapa dan tempurung kelapa terhadap berat normal semen dan agregat kasar yang dibutuhkan. Seperti yang disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. *Job Mix Design*

BETON NORMAL						
Jenis Sampel	Semen Portland (Kg)	Agregat Kasar (Kg)	Agregat Halus (Kg)	Air (ℓ)	Abu Serabut Kelapa (Kg)	Tempurung Kelapa (Kg)
Beton Normal	2,263	5,573	3,0012	1,1	-	-
BETON ABU SERABUT KELAPA						
Beton ASK 2%	2,1605	5,573	3,0012	1,1	0,1025	-
Beton ASK 3%	2,1090	5,573	3,0012	1,1	0,1537	-
Beton ASK 4%	2,0580	5,573	3,0012	1,1	0,2050	-
BETON TEMPURUNG KELAPA						
Beton TK 7,5%	2,263	4,769	3,0012	1,1	-	0,8037
Beton TK 10%	2,263	4,501	3,0012	1,1	-	1,0716
Beton TK 12,5%	2,263	4,233	3,0012	1,1	-	1,3396
BETON ASK + TEMPURUNG KELAPA						
Beton ASK 2% dan TK 7,5%	2,1605	4,769	3,0012	1,1	0,1025	0,8037
Beton ASK 3% dan TK 10%	2,1090	4,501	3,0012	1,1	0,1537	1,0716
Beton ASK 4% dan TK 12,5%	2,0580	4,233	3,0012	1,1	0,2050	1,3396

2.2. Persiapan Abu Serabut Kelapa

Abu serabut kelapa yang digunakan sebagai material campuran pada semen pembuatan benda uji adalah abu serabut kelapa yang didapatkan dari proses pembakaran serabut kelapa dari Toko Grosir Boss Kelapa Muda Kota Bandung. Abu serabut kelapa yang digunakan dalam material campuran pada semen adalah abu serabut kelapa yang telah melalui proses pembakaran, penghalusan, dan pengayakan hingga lolos saringan No.200.

2.3. Persiapan Tempurung Kelapa

Tempurung kelapa yang digunakan sebagai material campuran pada agregat kasar pembuatan benda uji adalah tempurung kelapa yang didapatkan dari Toko Grosir Boss Kelapa Muda Kota Bandung. Tempurung kelapa yang digunakan adalah tempurung kelapa yang telah melalui proses pembersihan, pengeringan, dan pengayakan hingga memiliki ukuran antara 4,75 mm hingga 40 mm.

2.4. Pembuatan Benda Uji

Adapun pembuatan langkah maupun prosedur pembuatan benda uji pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Menyiapkan alat dan bahan pembuatan benda uji
- 2) Menimbang setiap bahan yang diperlukan menggunakan timbangan elektrik
- 3) Jalankan mesin pengaduk atau *mixer* dengan posisi kemiringan 45°
- 4) Masukkan bahan tambah yang telah di timbang ke dalam mesin pengaduk secara perlahan dengan diiringi memasukkan sebagian air hingga homogen
- 5) Setelah homogen, maka masukkan agregat kasar dan halus ke dalam mesin pengaduk
- 6) Tunggu sekitar 1 menit hingga semua bahan telah menjadi homogen dan masukkan semen ke dalam mesin pengaduk dengan diiringi memasukkan sebagian sisa air
- 7) Tunggu sekitar 3 menit hingga semua bahan menjadi satu kesatuan atau homogen

- 8) Menuangkan pasta semen ke dalam cetakan beton $\approx 15\text{cm} \times 30\text{cm}$ yang telah di lumasi dengan oli pada permukaan dalam cetakan
- 9) Tuangkan pasta semen ke dalam cetakan beton sebanyak $\frac{1}{2}$ dari volume cetakan dan tusuk menggunakan penusuk diameter 10 mm sebanyak 25 kali sesuai SNI 03-2493-2011, lalu tuangkan sisa pasta semen dan ulangi proses penusukan
- 10) Ketuk setiap sisi cetakan beton dengan palu karet untuk mengeluarkan gelembung udara dan ratakan permukaan pasta semen dalam cetakan
- 11) Tempatkan cetakan beton berisi pasta semen di ruangan dengan suhu 16°C hingga 27°C dan biarkan selama 24 jam

2.5. Perawatan Benda Uji

Perawatan benda uji dilakukan sebagai berikut:

- 1) Setelah 24 jam, maka di lakukan pelepasan benda uji dari cetakan dan simpan benda uji pada ruangan dengan suhu sekitar 16°C hingga 27°C dengan ditutupi oleh kain basah selama 24 jam
- 2) Lakukan *curing* atau pembasahan permukaan beton setiap hari sebanyak 5-7 kali selama 7 hari
- 3) Setelah 7 hari dilakukan *curing* atau pembasahan permukaan beton, maka benda uji di simpan dan didiamkan pada ruangan dengan suhu 16°C hingga 27°C selama 14 hari hingga dilakukan pengujian

2.6. Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur beton mencapai 14 hari. Pengujian ini mencari hasil terbaik dari beberapa sampel benda uji yang diberi tekanan pada titik tengah benda uji, benda uji diberi tekanan hingga patah atau terdapat retakan.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil Uji Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan benda uji dilakukan pada saat benda uji telah berumur 14 hari kemudian dilakukan konversi 28 hari. Setelah didapatkan hasil pengujian dari beton normal, beton ASK, beton TK, dan beton ASK dan TK, maka dapat dilihat kuat tekan rata-rata atau mean kuat tekan beton dan persentase kenaikan beton campuran terhadap beton normal seperti yang disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Mean Kuat Tekan Keseluruhan

No	Kode Sample	Mean Kuat Tekan 14 Hari (Mpa)	Mean Kuat Tekan Konversi 28 Hari (Mpa)	Persentase Kenaikan (%)
1	Beton Normal	17,616	20,018	-
2	Beton ASK 2%	19,479	22,135	10,57
3	Beton ASK 3%	20,241	23,002	14,90
4	Beton ASK 4%	20,552	23,354	16,66
5	Beton TK 7,5%	18,491	21,0013	4,96
6	Beton TK 10%	18,773	21,333	6,57
7	Beton TK 12,5%	18,265	20,756	3,68
8	Beton ASK 2% dan TK 7,5%	19,903	22,617	12,98
9	Beton ASK 3% dan TK 10%	20,919	23,772	18,75
10	Beton ASK 4% dan TK 12,5%	20,382	23,162	15,70

Pada beton dengan campuran abu serabut kelapa (ASK) sebagai substitusi semen, terjadi peningkatan nilai f_c dibandingkan dengan beton normal. Beton ASK 2% mencapai f_c sebesar 22,135 MPa, naik 10,57%, Beton ASK 3% mencapai 23,002 MPa, naik 14,90%, dan Beton ASK 4% mencapai 23,354 MPa, naik 16,66%.

Beton dengan tempurung kelapa (TK) sebagai substitusi agregat kasar menunjukkan nilai f_c sebesar 21,013 MPa untuk Beton TK 7,5% (naik 4,96%), 21,333 MPa untuk Beton TK 10% (naik 6,57%), dan 20,756 MPa untuk Beton TK 12,5% (naik 3,68%). Kombinasi ASK dan TK menghasilkan nilai f_c sebesar 22,617 MPa untuk Beton ASK 2% dan TK 7,5% (naik 12,98%), 23,772 MPa untuk

Beton ASK 3% dan TK 10% (naik 18,75%), dan 23,162 MPa untuk Beton ASK 4% dan TK 12,5% (naik 15,70%).

Analisis menunjukkan bahwa penggunaan abu serabut kelapa secara signifikan meningkatkan nilai f'_c beton karena kandungan silikat yang lebih tinggi dibandingkan semen. Penggunaan tempurung kelapa di atas 10% sebagai agregat kasar menurunkan nilai f'_c , sesuai dengan SNI-03-4137-2012 dan penelitian terdahulu yang menunjukkan penurunan kinerja beton dengan substitusi tempurung kelapa melebihi 10%. Kombinasi optimal ditemukan pada beton ASK 3% dan TK 10%, dengan f'_c tertinggi sebesar 23,772 MPa.

3.2 Analisis Biaya Produksi

Berikut adalah hasil analisis dan perhitungan biaya produksi dari beton dengan campuran abu serabut kelapa sebagai substitusi semen dan tempurung kelapa sebagai substitusi agregat kasar.

Semen Portland =Rp 45.000,00/SAK (40 Kg)

Agregat Halus =Rp 300.000,00/m³

Agregat Kasar =Rp 325.000,00/m³

Air =Rp 900,00/10m³

Tempurung Kelapa =Rp 5.000,00/10 Kg

Abu Serabut Kelapa =Rp 5.000,00/7,5 Kg

Maka dapat dihitung untuk keseluruhan biaya produksi beton tiap variasi seperti yang disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Biaya Produksi Beton Keseluruhan

No	Kode Sampel	Harga Keseluruhan (Rp)
1	Beton Normal	7.065,282
2	Beton ASK 2%	7.001,220
3	Beton ASK 3%	6.969,882
4	Beton ASK 4%	6.937,157
5	Beton TK 7,5%	7.031,632
6	Beton TK 10%	7.020,416
7	Beton TK 12,5%	7.009,249
8	Beton ASK 2% dan TK 7,5%	6.984,653
9	Beton ASK 3% dan TK 10%	6.949,632
10	Beton ASK 4% dan TK 12,5%	6.915,291

Hasil analisis biaya produksi dan grafik beton normal, beton ASK, beton TK, serta kombinasi beton ASK dan TK menunjukkan bahwa semakin banyak penggunaan abu serabut kelapa (ASK) sebagai substitusi semen dan tempurung kelapa (TK) sebagai substitusi agregat kasar, semakin rendah biaya produksinya. Penggunaan ASK setiap 2% menurunkan biaya produksi sebesar 0,906%. Biaya produksi tertinggi adalah beton normal sebesar Rp 7.065,282, sedangkan biaya produksi terendah adalah kombinasi beton ASK 4% dan TK 12,5% sebesar Rp 6.915,291, turun 2,122% dari beton normal.

4. Kesimpulan

Penelitian "Penggunaan Abu Serabut Kelapa sebagai Substitusi Semen dan Tempurung Kelapa sebagai Substitusi Agregat Kasar" menunjukkan bahwa substitusi ini dapat meningkatkan nilai f'_c beton. Nilai f'_c beton normal adalah 20,018 MPa, sedangkan beton dengan berbagai substitusi abu serabut kelapa (ASK) dan tempurung kelapa (TK) menunjukkan peningkatan signifikan. Beton ASK 2% memiliki nilai f'_c 22,135 MPa (kenaikan 10,57%), beton ASK 3% mencapai 23,002 MPa (kenaikan 14,90%), dan beton ASK 4% mencapai 23,354 MPa (kenaikan 16,66%). Beton TK 7,5% memiliki nilai f'_c 21,001 MPa (kenaikan 4,96%), beton TK 10% mencapai 21,333 MPa (kenaikan 6,57%), dan beton TK 12,5% mencapai 20,756 MPa (kenaikan 3,68%). Kombinasi beton ASK 2% dan TK 7,5% menghasilkan 22,617 MPa (kenaikan 12,98%), sedangkan kombinasi beton ASK 3% dan TK 10% menghasilkan 23,772 MPa (kenaikan 18,75%). Biaya produksi beton terendah adalah biaya produksi beton beton ASK 4% dan TK 12,5% dengan biaya produksi sebesar Rp6.915,291 dan memiliki penurunan sebesar 2,122% dari biaya produksi beton normal. Hasil ini menunjukkan bahwa penggunaan abu serabut kelapa dan tempurung kelapa sebagai bahan campur beton dapat

meningkatkan kualitas beton sekaligus menurunkan biaya produksi. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mencoba metode baru dengan variasi persentase abu serabut kelapa dan tempurung kelapa guna menemukan komposisi paling optimal. Selain itu, penggunaan pasir yang sudah dikeringkan dengan oven dianjurkan agar kadar air dalam pembuatan benda uji beton lebih terkontrol.

Ucapan terima kasih

Kami panjatkan puji syukur kepada Allah SWT karena atas kehendaknya penulis dapat menyelesaikan penelitian ini. Terima kasih kepada dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan kepada penulis. Terima kasih kepada seluruh civitas akademika Jurusan Teknik Infrastruktur Sipil dan Perancangan Arsitektur Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian.

Referensi

- Badan Standarisasi Nasional. SNI 03-2847-2013. (2013). Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia.
- Badan Standarisasi Nasional. SNI 03-6468-2000. (2000). Tata Cara Perencanaan Campuran Tinggi dengan Semen Portland dengan Abuterbang. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia.
- Badan Standarisasi Nasional. SNI-S-04-1989-F. (1989). Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia.
- Badan Standarisasi Nasional. SNI-03-1969-2008. (2008). Jenis Agregat untuk Bahan Bangunan. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia.
- Badan Standarisasi Nasional. RSNI-T-01-2005. (2005). Cara Uji Butiran Agregat Kasar Berbentuk Pipih, Lonjong, atau Pipih dan Lonjong. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia.
- Badan Standarisasi Nasional. SNI-03-2834-2000. (2000). Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia.
- Badan Standarisasi Nasional. SNI-03-1974-2011. (2011). Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia.
- Badan Standarisasi Nasional. SNI-03-4137-2012. (2012). *Metode Uji Penentuan Ukuran Terkecil Rata-rata (UKR) dan Ukuran Terbesar Rata-rata (UBR)*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia.
- Badan Standarisasi Nasional. SNI-03-1974-2013. (2013). Tata Cara Pengujian Kuat Tekan Beton di Laboratorium. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia.
- Badan Standarisasi Nasional. SNI-03-2493-2011. (2011). Tata Cara Pembuatan dan Perawatan Benda Uji Beton di Laboratorium. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia.
- Badan Standarisasi Nasional. SNI-03-4810-1998. (1998). Metode Pembuatan dan Perawatan Benda Uji Beton di Lapangan. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia.
- Zalukhu, Pinter Susanto, Irwan Irwan, and Denny Meisandy Hutaeruk. "Pengaruh Penambahan Serat Sabut Kelapa (Cocofiber) terhadap Campuran Beton sebagai Peredam Suara." *Journal Of Civil Engineering Building And Transportation* 1.1 (2017): 27-36.
- Lisantono, Ade, and JAP YOVITA NATALIE. "PENGUNAAN ABU SERABUT KELAPA DENGAN PEMBAKARAN 800 DAN 1000° CELSIUS SEBAGAI BAHAN SUBSTITUSI SEMEN PADA BETON." (2018).
- Zulkarnain, Fahrizal, and Intan Permata Sari. "The THE EFFECT OF COCONUT FIBER ASH AS AN ALTERNATIVE TO REPLACE PART OF CEMENT USING ADDITIVE MATERIAL SIKI VISCOCRATE 8670 MN ON THE SPLIT TENSILE STRENGTH OF CONCRETE." *Jurnal Teknik Sipil: Rancang Bangun* 10.2 (2024): 109-114.
- Sibarani, Firman Abednego Sarwedi. "Pengaruh Perbandingan Tempurung Kelapa Dan Eceng Gondok Serta Variasi Ukuran Partikel Terhadap Karakteristik Briket." *Jurnal Teknik Kimia USU* 5.3 (2016): 56-61.
- S. Suhartana, "Pemanfaatan Tempurung Kelapa Sebagai Bahan Baku Arang Aktif dan Aplikasinya Untuk Penjernihan Air Sumur di Desa Belor Kecamatan Ngarangan Kabupaten Grobogan," *BERKALA FISIKA*, vol. 9, no. 3, pp. 151-156, Apr. 2012.
- Tamado, Daniel, et al. "Sifat termal karbon aktif berbahan arang tempurung kelapa." *Prosiding Seminar Nasional Fisika (e-Journal)*. Vol. 2. 2013.
- Zaqiyah, Rahmi Nihayatuz, Lilis Tiyani, and Devi Megarusti Pratiwi. "KUAT TEKAN BETON DENGAN SUBSTITUSI ABU SERABUT KELAPA." *Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil*. Vol. 5. No. 2. 2023.
- Irawan, Deni, and Utari Khatulistiani. "Substitusi Agregat Kasar Menggunakan Pecahan Tempurung Kelapa Pada Campuran Beton Normal." *axial: jurnal rekayasa dan manajemen konstruksi* 9.1 (2021): 061-070.
- Agustapraja, H. R., & Syah, F. I. (2023). Pemanfaatan Abu Serabut Kelapa dan Serbuk Cangkang Telur Terhadap Kuat Tekan Beton. *Jurnal Teknik*, 21(1), 112-120.

- Olii, Muhammad Ramdhan, et al. "Limbah kaca sebagai pengganti sebagian agregat halus untuk beton ramah lingkungan." *Teras Jurnal: Jurnal Teknik Sipil* 11.1 (2021): 113-124.
- Defitri, M. (2022). "Pasar Gedebage Bandung & Waste4Change Targetkan Kelola 5 Ton Sampah Organik perhari menggunakan metode BSF". Diakses [Online] pada laman: Pasar Gedebage Bandung & Waste4Change Targetkan Kelola 5 Ton Sampah Organik per Hari Menggunakan Metode BSF
- Wamad, S. (2023). "Data Bandung: Produksi Sampah di Bandung Meningkat Tiap Tahun". Diakses [Online] pada laman: <https://www.detik.com/jabar/berita/d-6724978/produksi-sampah-di-bandung-meningkat-tiap-tahun#:~:text=Tahunnya%2C%20produksi%20sampah%20di%20Bandung,Sampah%20makanan%20menjadi%20penyumbang%20terbesar.>

Pengaruh limbah serbuk kayu sebagai pengganti sekam padi dan bahan tambah limbah *polypropylene* terhadap kualitas batu bata merah

Naufal Dzaky Firnas^a, Gita Mahardhika^{a*}, Hartono^a, Shifa Fauziyah^a

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

ARTICLE INFO

Corresponding author:

Email:

gitamhdk@gmail.com

Article history:

Received : 15 September 2023

Revised : 24 September 2025

Accepted : 25 September 2025

Publish : 30 September 2025

Keywords:

Brick quality, polypropylene waste, rice husk, sawdust waste, substitution materials

ABSTRACT

Innovation in sector of construction in Indonesia is more progressive according the time. One of them is mixing waste into the main ingredient for making red bricks. Two of the many wastes is sawdust waste and plastic waste, because the disposal of sawdust waste and plastic waste are still become a problem itself. The problem is that the waste is simply burned or thrown away, therefore the purpose of this research is to reduce environmental pollution. This research was conducted using an experimental method, to find out optimum percentage produced by the addition of the waste. Besides that, to find out about test of compressive strength, water absorption and cost required. The ratio of materials used to conventional red brick between clay and rice husk is 95:5. The ratio of materials used to innovation red brick between clay, sawdust waste, and polypropylene waste are 95:5, 95:5:10, 90:10:10, 85:15:10, 80:20:10. The addition of sawdust waste and plastic waste are expected to increase the average compressive strength, because currently in the industry most of them only reach 60 kg/cm² to 80 kg/cm², expected of water absorption is also <20%.

Copyright © 2025 PILARS-UNDIP

1. Pendahuluan

Menurut standar SNI, mutu batu bata merah yang beredar di pasaran kebanyakan hanya mencapai kuat tekan 60 kg/cm² sampai dengan 80 kg/cm². Oleh karena itu, perlu adanya upaya untuk meningkatkan mutu batu bata merah yang dihasilkan, untuk meminimalisir dampak buruk yang terjadi perlu adanya suatu solusi. Salah satu solusinya yaitu dilakukannya suatu inovasi guna menambah mutu dan kualitas batu bata yang dihasilkan. (Umar, 2018). Banyak limbah yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan campuran pembuatan batu bata merah, salah satu limbah tersebut adalah limbah serbuk kayu gergaji. Di Indonesia sendiri banyak terdapat industri pengolahan kayu yang limbahnya jarang dimanfaatkan dengan baik. Jumlah limbah serbuk kayu gergaji yang ada di Indonesia sebesar 0,78 juta m³/tahun (Mutiara dkk, 2016).

Selain limbah serbuk kayu gergaji, sampah plastik juga menjadi salah satu permasalahan yang sulit ditanggulangi di Indonesia. Pada tahun 2019, jumlah timbunan sampah di Indonesia mencapai 17.206,72 m³/hari dengan penduduk 268.100.000 jiwa. Sampah plastik yang sulit terurai oleh bakteri dapat menimbulkan masalah yang runyam apabila tidak diolah dengan baik. Macam-macam plastik yang sering diolah yaitu *Polistirena* (PS), *Polypropylene* (PP), *Polyethylene Terephthalate* (PET), *Polyvinyl Chloride* (PVC), dan *High Density Polyethylene* (HDPE), dimana jenis plastik yang paling sering dijumpai di lingkungan adalah jenis *Polypropylene* (PP), *Polyethylene Terephthalate* (PET) dan *High Density Polyethylene* (HDPE) yang biasanya dalam bentuk kantong dan botol plastik (Kamaliah, 2019). Oleh sebab itu, penulis juga memanfaatkan limbah plastik sebagai bahan tambah dalam penelitian ini. Pada penelitian sebelumnya belum ada yang menggunakan secara spesifik komposisi antara limbah plastik jenis *polypropylene* dan limbah serbuk kayu gergaji. Tetapi ada yang menggunakan campuran berbagai jenis limbah plastik sebagai penambah kuat tekan dan menambah nilai ekonomis kedalam bahan

pembuatan batu bata merah. Pada penelitian tersebut (Muhammad Ridho Reksi, Dian Rahayu Jati, Yulis Fitrianiingsih, 2021) menyatakan limbah plastik jenis *polypropylene* mampu menambah kuat tekan batu bata merah lebih baik jika dibandingkan dengan limbah plastik jenis *polyethylene terephthalate* dan *high density polyethylene*. Pada jurnal yang lain (Tri Watiningsih, 2016) dijelaskan bahwa kuat tekan yang baik dihasilkan dengan campuran limbah plastik sebanyak 10%. Pada penelitian ini, penulis menggunakan bahan alternatif lain yang memiliki karakteristik yang sama dengan tanah liat yaitu limbah serbuk kayu gergaji sebagai bahan campuran guna mengurangi daya serap air yang dihasilkan dan mempercepat proses pembakaran. Berdasarkan latar belakang tersebut, serbuk kayu gergaji akan dimanfaatkan dalam penelitian ini untuk percampuran bahan pembuatan batu bata merah pengganti sekam padi serta penambahan limbah plastik jenis *polypropylene* guna membuat batu bata merah lebih bersifat kuat dan tahan lama untuk memenuhi SNI 15-2094-2000. Oleh karena itu, diharapkan dapat memanfaatkan peluang yang ada untuk mencoba melakukan eksperimen pembuatan batu bata merah dengan mengolah dua limbah tersebut sebagai campuran dan tambahan bahan baku utama batu bata merah.

2. Data dan metode

2.1. Metode Penelitian

Pada penelitian ini, menggunakan metode eksperimen. Metode tersebut membandingkan hasil yang diperoleh. Dalam metode ini akan dilakukan pengujian mekanis, yaitu pengujian kuat tekan serta daya serap air. Selain pengujian mekanis, pada penelitian ini juga dilakukan analisis terhadap persentase campuran optimum dan biaya yang diperlukan untuk pembuatan batu bata merah inovasi dan konvensional. Selain metode eksperimen, penelitian ini juga menggunakan metode pengumpulan data studi keperpustakaan (*library research*), yaitu metode pengumpulan informasi melalui jurnal maupun literatur.

2.2. Job Mix Design

Mix design yang digunakan adalah perbandingan dari tanah liat, limbah serbuk kayu gergaji, limbah *polypropylene* dan air. Limbah serbuk kayu gergaji sebagai pengganti sekam padi disubstitusikan sebagai campuran tanah liat dan limbah *polypropylene* sebagai bahan tambah tanah liat pada pembuatan inovasi batu bata merah. Pada variasi 1 digunakan perbandingan antara tanah liat dan sekam padi untuk pembuatan batu bata merah konvensional sebesar 95:5 serta air sebanyak 0,6 L, pada variasi 2 digunakan perbandingan antara tanah liat dan limbah serbuk kayu gergaji untuk pembuatan inovasi batu bata merah sebesar 95:5 serta air sebanyak 0,6 liter, pada variasi 3 digunakan perbandingan antara tanah liat, limbah serbuk kayu gergaji, dan limbah *polypropylene* sebesar 95:5:10 serta air sebanyak 0,6 liter, variasi 4 menggunakan perbandingan antara tanah liat, limbah serbuk kayu gergaji, dan limbah *polypropylene* sebesar 90:10:10 serta air sebanyak 0,6 liter, variasi 5 menggunakan perbandingan antara tanah liat, limbah serbuk kayu gergaji, dan limbah *polypropylene* sebesar 85:15:10 serta air sebanyak 0,6 liter, dan variasi 6 menggunakan perbandingan antara tanah liat, limbah serbuk kayu gergaji, dan limbah *polypropylene* sebesar 80:20:10 serta air sebanyak 0,6 liter. Dimensi benda uji yang akan dibuat berukuran 200x100x 50 mm. Pada Tabel 1 menunjukkan banyaknya bahan yang digunakan untuk pembuatan batu bata merah.

Tabel 1. *Job Mix Design*

Bahan	Satuan	1	2	3	4	5	6
Konvensional							
Tanah Liat	Kg	6,555	6,555	6,555	6,010	5,866	5,52
Sekam Padi	Kg	0,345	-	-	-	-	-
Limbah Serbuk Kayu Gergaji	Kg	-	0,345	0,345	0,690	1,035	1,38
Limbah <i>Polypropylene</i>	Kg	-	-	0,230	0,230	0,230	0,230
Air	liter	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Sampel (buah)	pcs	3	3	3	3	3	3

3. Hasil dan pembahasan

3.1. Hasil Uji Daya Serap Air

Pengujian daya serap air pada batu bata merah dilakukan terhadap 3 benda uji pada masing – masing variasi mulai dari variasi batu bata merah konvensional hingga variasi inovasi batu bata merah. Menurut SNI 15-2094-2000 penyerapan air maksimal pada batu bata merah adalah 20%. Pengujian penyerapan air pada batu bata merah dapat dilihat pada tabel 2. Berdasarkan hasil pengujian dan analisis perhitungan penyerapan air didapatkan nilai penyerapan air minimal terjadi pada variasi 3 dengan substitusi 5% limbah serbuk kayu gergaji dan bahan tambah 10% limbah *polypropylene* memiliki nilai penyerapan air sebesar 19,38%, sedangkan nilai penyerapan air maksimal terjadi pada variasi 6 dengan substitusi 20% limbah serbuk kayu gergaji dan bahan tambah 10% limbah *polypropylene* yang memiliki nilai penyerapan air sebesar 35,70%. Dapat disimpulkan bahwa semakin banyak campuran batu bata merah maka tingkat daya rekat pada material berkurang, sehingga pori-pori antar partikel semakin terbuka dan membuat daya serap air menjadi tinggi. Pada Tabel 2. dapat dilihat persentase hasil dari uji daya serap air yang dihasilkan. Batu bata merah yang memiliki nilai penyerapan air paling tinggi adalah inovasi batu bata merah variasi 6, sedangkan batu bata merah yang memiliki nilai penyerapan air paling rendah adalah inovasi batu bata merah variasi 3. Hal ini dikarenakan pengaruh substitusi komposisi bahan penyusun pada batu bata merah tersebut, dimana inovasi batu bata merah variasi 6 tersusun dari limbah serbuk kayu gergaji sebanyak 20% dan bahan tambah limbah *polypropylene* sebanyak 10%, sedangkan inovasi batu bata merah variasi 3 tersusun dari limbah serbuk kayu gergaji sebanyak 5% dan bahan tambah limbah *polypropylene* sebanyak 10%. Kayu umumnya terdiri dari kandungan yang berasal dari udara berupa CO₂ dan dari tanah berupa H₂O. Selain itu, kayu juga memiliki kandungan-kandungan lain seperti N, P, K, Ca, Mg, Si, Al dan Na. Kandungan kimia kayu adalah lignin ± 28%, selulosa ± 60%, dan kandungan lain ± 12%. Dinding sel tersusun sebagian besar oleh selulosa (C₆H₁₀O₅). Lignin adalah suatu campuran zat-zat organik yang terdiri dari zat karbon (C), zat air (H₂) dan oksigen (O₂). Serbuk kayu gergaji mengandung komponen utama selulosa, hemiselulosa, lignin dan zat ekstraktif kayu. Selain kandungan tersebut, serbuk kayu gergaji juga memiliki pori yang akan diisi oleh air. (HPOCI, 2016).

Tabel 2. Hasil Uji Daya Serap Air Batu Bata Merah

Sampel Benda Uji	Daya Serap Air (%)
1	33,76
2	25,36
3	19,38
4	25,41
5	29,21
6	35,70

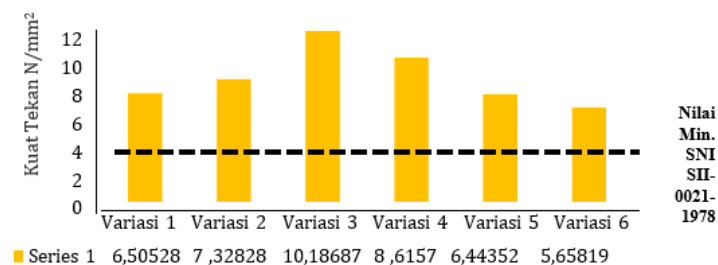
3.2 Hasil Uji Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan pada batu bata merah dilakukan sesuai SNI 15-2094-2000 dari variasi batu bata merah konvensional dan variasi inovasi batu bata. Hasil pengujian kuat tekan pada batu bata merah dapat dilihat pada Gambar 1. Berdasarkan hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa nilai kuat tekan terdapat pada variasi 3 dengan substitusi 5% limbah serbuk kayu gergaji dan 10% limbah *polypropylene* memiliki nilai kuat tekan tertinggi dengan nilai kuat tekan rata-rata adalah 10,18687 N/mm² dan termasuk di kelas 100 menurut SII-0021-1978, sedangkan nilai kuat tekan terendah terdapat pada variasi 6 dengan substitusi 20% limbah serbuk kayu gergaji dan 10% limbah *polypropylene* dengan nilai kuat tekan rata-rata adalah 5,65819 N/mm² dan termasuk di kelas 50 menurut SII-0021-1978. Variasi 6 memiliki nilai kuat tekan batu bata merah terendah tetapi masih memenuhi SII-0021-1978.

Batu bata merah yang memiliki nilai kuat tekan paling tinggi adalah inovasi batu bata merah variasi 3, sedangkan inovasi batu bata merah yang memiliki nilai kuat tekan paling rendah adalah inovasi batu

bata merah variasi 6. Hasil pengujian yang didapat dari variasi campuran bisa disimpulkan bahwa limbah plastik berpotensi sebagai bahan campuran pembuatan batu bata dengan nilai kekuatan yang memenuhi standar peraturan batu bata merah sebagai bahan bangunan (Rustendi, dkk, 2015). Menurut (Tri Watiningsih, 2016) bahan tambah limbah *polypropylene* dengan menggunakan persentase bahan 10% merupakan persentase bahan tambah yang paling baik. Penurunan kuat tekan bisa terjadi karena adanya rongga-rongga, ukuran rongga ini akan menjadi lebih besar jika penyusunan bahan tambah tidak merata dan proses pengepresan kurang optimal (Siska, 2020).

Hal ini sesuai dengan penelitian (Pramono, 2014) yang menyatakan bahwa hasil pengujian kuat tekan batu bata dengan variasi persentase sampah akan meningkatkan kuat tekan bata yang ada. Pemanfaatan sampah plastik sebagai bahan baku pembuatan bata merah dengan penambahan 10-30% sampah plastik akan menghasilkan bata merah tingkat I dengan kuat tekan rata-rata diatas 100 kg/cm². Sebelum pemakaian atau pemasangan bata plastik tersebut dengan syarat memerlukan proses perendaman di dalam air.



Gambar 1. Hasil Nilai Kuat Tekan Batu Bata Merah

3.3. Analisa Biaya

Pada sub bab ini akan dijelaskan analisa rancangan anggaran biaya yang dikeluarkan pada setiap ukuran 200mm x 100mm x 50 mm (ukuran cetakan benda uji sesuai SNI 15-2094-2000) pada pembuatan batu bata merah inovasi dengan variasi terbaik yaitu variasi 3 dan batu bata merah konvensional. Tabel 3 adalah rincian biaya yang dikeluarkan untuk pembuatan inovasi batu bata merah variasi 3.

Tabel 3. Analisa Biaya Inovasi Batu Bata Merah Variasi 3

Material	Volume (Kg)	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Harga Jumlah (Rp)
Tanah Liat	2,185	Kg	150,00	327,75
Limbah Serbuk Kayu Gergaji	0,115	Kg	400,00	46,00
Limbah Polypropylene	0,230	Kg	600,00	138,00
Air	0,3	ltr	-	-
Total Biaya Material				511,75
Upah	20% x Rp. 511.75			102,35
Total Biaya Keseluruhan				614,00

Tabel 3 menunjukkan bahwa biaya yang dikeluarkan untuk membuat inovasi batu bata merah variasi 3 berukuran 200 mm x 100 mm x 50 mm adalah Rp. 614,00. Pada Tabel 4 merupakan rincian biaya yang dikeluarkan untuk pembuatan batu bata merah konvensional **Tabel 4.** Analisa Biaya Batu Bata Merah Konvensional

Material	Volume (Kg)	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Harga Jumlah (Rp)
Tanah Liat	2,185	Kg	150,00	327,75
Sekam Padi	0,115	Kg	700,00	80,50
Air	0,3	ltr	-	-
Total Biaya Material				408,25
Upah	Per batu bata			250,00
Total Biava Keseluruhan				658,00

Tabel 4 menunjukkan bahwa biaya yang dikeluarkan untuk membuat batu bata merah konvensional berukuran 200 mm x 100 mm x 50 mm adalah Rp. 658,00. Dari analisis harga pada Tabel 3 dan Tabel 4 didapatkan biaya pengeluaran untuk membuat inovasi batu bata merah variasi 3 berukuran 200 mm x 100 mm x 50 mm adalah Rp. 614,00. Sedangkan harga pembuatan batu bata merah konvensional berukuran 200 mm x 100 mm x 50 mm adalah Rp. 658,00. Dapat disimpulkan bahwa inovasi batu bata merah variasi 3 lebih murah dari batu bata merah konvensional.

3.4. Perbandingan Variasi Batu Bata Merah

Dari hasil penelitian yang sudah dilakukan didapatkan hasil pengujian yang sesuai SNI 15-2094-2000 yaitu tentang daya serap air, dan uji kuat tekan pada batu bata merah. Pengujian terdahulu (Tri Watiningsih, 2016) menjelaskan kuat tekan maksimal terjadi pada campuran 10% limbah plastik dimana limbah plastik digunakan sebagai campuran bahan utama pembuatan batu bata merah. Pada penelitian ini limbah *polypropylene* dimanfaatkan sebagai bahan tambah terhadap bahan pembuatan batu bata merah, sehingga menghasilkan kuat tekan maksimal pada variasi 3 yaitu pada substitusi 5% limbah serbuk kayu gergaji dan bahan tambah 10% limbah *polypropylene*. Hasil pengujian yang didapat dari variasi campuran bisa disimpulkan bahwa limbah plastik berpotensi sebagai bahan campuran pembuatan batu bata dengan nilai kekuatan yang memenuhi standar peraturan batu bata merah sebagai bahan bangunan (Rustendi, dkk, 2015).

Pada pengujian terdahulu (Rika Taslim dkk, 2020) daya serap air minimal pada batu bata merah terjadi pada substitusi 5% limbah serbuk kayu. Pada penelitian ini limbah serbuk kayu berperan penting dalam meminimalisir resapan air yang terjadi pada batu bata merah karena mengandung silika, yang dapat berperan dalam mengisi pori-pori batu bata merah. Selain itu, kayu memiliki kandungan-kandungan seperti N, P, K, Ca, Mg, Si, Al dan Na. Kandungan kimia kayu adalah lignin $\pm$ 28%, selulosa $\pm$ 60%, dan kandungan lain $\pm$ 12%. Dinding sel tersusun sebagian besar oleh selulosa ($C_6H_{10}O_5$). Lignin adalah suatu campuran zat-zat organik yang terdiri dari zat karbon (C), zat air (H_2) dan oksigen (O_2). Serbuk kayu gergaji mengandung komponen utama selulosa, hemiselulosa, lignin dan zat ekstraktif kayu. Selain kandungan tersebut, serbuk kayu gergaji juga memiliki pori yang akan diisi oleh air. (HPOCI, 2016). Adapun perbandingan variasi batu bata merah disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Perbandingan Variasi Batu Bata Merah

Pengujian	1	2	3	4	5	6
	Konvensional					
Daya Serap Air (%)	33,76	25,36	19,38	25,41	29,21	35,70
Kuat Tekan (N/mm ²)	6,50528	7,32828	10,18687	8,6157	6,44352	5,65819

4. Kesimpulan

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan didapatkan kesimpulan hasil sebagai berikut:

- 1) Hasil pengujian daya serap air dan pengujian kuat tekan didapatkan bahwa nilai terbaik pada uji daya serap air berada pada variasi 3 dengan nilai daya serap air 19,38%, sedangkan nilai terendah berada pada variasi 6 dengan nilai daya serap air 35,70%. Adapun nilai terbaik dari uji kuat tekan berada di variasi 3 dengan nilai kuat tekan 10,18687 N/mm², sedangkan nilai terendah berada pada variasi 6 dengan nilai kuat tekan 5,65819 N/mm².
- 2) Berdasarkan penelitian dan hasil pengujian, didapatkan biaya pembuatan untuk 1 buah batu bata merah konvensional sebesar Rp. 658,00. Adapun harga inovasi batu bata merah variasi terbaik yaitu variasi 3 sebesar Rp. 614,00.

Ucapan terima kasih

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

Referensi

- Deddy Kurniawan, Muhammad Yusuf, Helga Yermadona (2021). Pengaruh Penambahan Serbuk Gergaji Kayu Terhadap Produktifitas Waktu dan Kuat Tekan Bata.
- Muhammad Ridho Reksi, Dian Rahayu Jati, Yulisa Fitrianiingsih (2021). Perbandingan Kuat Tekan Bata Plastik Berjenis *Polypropylene* (PP), *Polyethylene Terephthalate* (PET) dan *High Density Polyethylene* (HDPE).
- Merry Siska, Inamul Hasan, Misra Hartati, Rika Taslim, Muhammad Ihsan Hamdy (2020). Analisa Karakteristik Mekanis dan Tekno Ekonomi Pembuatan Komposit Batu Bata Merah dari Limbah Gergaji Kayu Karet.
- Irna Finanda, Meilandy Purwandito, Irwansyah (2020). Analisis Kuat Tekan Dan Daya Serap Air Batu Bata Pasca Pembakaran Menggunakan Bahan Campuran Abu Serbuk Kayu.
- Dini Putri Loria (2019). Analaisis Tekno Ekonomi Pengelolaan Sampah Plastik Sebagai Bahan Baku Pembuatan Bata.
- Rosdiana (2019). Pemanfaatan Serbuk Gergaji Untuk Mengukur Porositas Pada Pembuatan Batu Bata. Tri Watiningsih (2016). Sampah Sebagai Campuran Bahan Baku Pembuatan Bata.
- Nasional, B. S. (2000). SNI 15-2094-2000.
- Nasional, B. S (1978). SII 0021-1978.

