



**PILARS**

JURNAL SIPIL  
DAN ARSITEKTUR

OPEN  ACCESS

**E-ISSN 2988-5973**

# JURNAL SIPIL DAN ARSITEKTUR



<b>PILARS</b>	<b>Volume 2</b>	<b>Nomor 1</b>	<b>Maret 2024</b>	<b>Hal 1-67</b>	<b>Semarang-Jawa Tengah</b>
---------------	---------------------	----------------	-------------------	-----------------	---------------------------------



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

# JURNAL SIPIIL DAN ARSITEKTUR



Volume 2 Nomor 1 Maret 2024

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

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

Penerbit :  
Departemen Sipil dan Perencanaan

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

# JURNAL SIPIL DAN ARSITEKTUR

Volume 2 Nomor 1 Maret 2024

---

## DAFTAR ISI

1. Pemanfaatan limbah kertas (pulp) dan serat batang pisang menjadi bahan pembuatan asbes plafon ramah lingkungan  
*(Reyhan Fajrul Aarsal, Muchammad David Rivaldy, Hartono, Shifa Fauziyah)* ..... 1-11
2. Pemanfaatan serbuk limbah gypsum sebagai substitusi parsial komposisi tanah liat dan abu daun bamboo sebagai substitusi parsial komposisi sekam padi terhadap batu bata merah  
*(Siti Fahitha Muharromah, Rani Damayanti, Bambang Setiabudi, Hartono)*..... 12-17
3. Pemanfaatan serbuk kaca sebagai peningkatan waterproofing pada bahan tambah cat  
*(M. Fikri Haekal, Ismail Aqil, M.S., Riza Susanti, Hartono)* ..... 18-25
4. Analisis pengaruh penggunaan serbuk limbah glasswool pada campuran plesteran untuk meningkatkan kekedapan suara  
*(M. Astu Narendra Kusuma, Rizqi Fajar Ekananda, Shifa Fauziyah, Asri Nurdiana)* .... 26-32
5. Perencanaan ulang rumah susun tenaga kependidikan Universitas Gadjah Mada dengan konsep Building Information Modelling (BIM) 5D  
*(Yogi Hardianto, Ilham Muhammad Islam, Bambang Setiabudi, Asri Nurdiana)*..... 33-47
6. Pengaruh penambahan limbah serbuk kaca dan kapur padam pada pembuatan genteng beton ramah lingkungan  
*(Dzikriya Ahmad Arkhanditya, Rivaldi Sigalingging, Hartono, Bambang Setiabudi)* .. 48-56
7. Inovasi campuran beton dengan substitusi campuran plastic PET dan kertas  
*(Yosua, M. Afdlalul Gilbram, Riza Susanti, Asri Nurdiana)* ..... 57-67

## Pemanfaatan limbah kertas (*pulp*) dan serat batang pisang menjadi campuran bahan pembuatan asbes plafon ramah lingkungan

Reyhan Fajrul Arsala<sup>a\*</sup>, Muchammad David Rivaldy<sup>b</sup>, Hartono<sup>c</sup>, Shifa Fauziyah<sup>d</sup>

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

### ARTICLE INFO

#### Corresponding author:

Email:

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

#### Article history:

Received : 16 August 2023

Revised : 20 December 2023

Accepted : 10 January 2024

Publish : 22 March 2024

#### Keywords:

Asbestos Ceilings, Banana Stem Fibers,  
Cement, Sand Papper pulp (*pulp*),  
Water

### ABSTRACT

Garbage waste in Indonesia is classified as many, including organic and inorganic. Therefore, research was carried out with the aim of utilizing waste paper and banana tree trunks as a mixture for making environmentally friendly asbestos ceilings. The method used is an experimental method, with a mixture of cement and sand composition of 1:2 namely AP0 (38%, 60%, 2%) ; as well as variations in the composition of the mixture of cement, paper pulp, and banana stem fiber used, among others: AP1 (39%, 60%, 2%) ; AP2 (44%, 55%, 2%) ; AP3 (48%, 50%, 2%) ; AP4 (53%, 45%, 2%) and the various compositions used for mixing cement, paper pulp, banana stem fiber, and sand include: AP5 (39%, 20%, 1%, 40%) ; AP6 (44%, 20%, 1%, 35%) ; AP7 (48%, 20%, 2%, 30%) ; AP8 (53%, 20%, 2%, 25%). The highest average flexural strength results for the variation without sand in the AP4 sample = 68.121 kgf/cm<sup>2</sup>, while the variation using sand in the AP8 sample = 70.358 kgf/cm<sup>2</sup>. For the water absorption test results, the lowest average variation without sand was in the AP4 sample = 18.36%, while the variation using sand in the AP8 sample = 12.20%. This test includes flexural strength and water absorption. The use of paper pulp can reduce flexural strength and increase water absorption while banana stem fiber increases flexural strength and decreases water absorption. Therefore, it can be concluded that asbestos ceilings with a mixture of pulp and banana stem fiber are better, economical, and lighter than conventional asbestos ceilings and still meet SNI.

Copyright © 2024 PILARS-UNDIP

## 1. Pendahuluan

Pertumbuhan di Indonesia yang tumbuh pesat menimbulkan atensi terhadap penginapan universal sangat pesat. Perihal ini pula dipengaruhi dengan meningkatnya keperluan material untuk pembuatan rumah, tercantum atap. Atap ialah bagian struktur yang bermanfaat buat susunan yang menghalangi ketinggian sesuatu ruangan. Tidak hanya itu, atap bermanfaat untuk keamanan, kenyamanan, serta keelokan suatu ruangan. Ketinggian ini diperkirakan dari permukaan lantai sampai bagian dasar bidang atap. Di rumah individu, dianjurkan supaya tingkatan atap berdimensi lagi antara 3- 3, 5 m, rencana ini buat bekerja dengan aliran hawa di dalam rumah serta membuat cantik bagian dalam dengan batasan sangat rendah jadi 2, 5 m dari lantai.

Plafon melindungi ruangan- ruangan di dalam rumah dari kebocoran air dari rooftop, dan mematikan suara ataupun suara yang gaduh serta bising di *rooftop* dikala hujan deras, tidak hanya itu atap bisa menolong menutupi serta menyembunyikan beberapa barang semacam sambungan listrik, *rooftop* struktur supaya bagian dalam ruangan nampak lebih indah serta terencana sehingga membagikan kesan *stylish*, khususnya pada bagian dalam ruangan. Mutu serta watak tidak seluruhnya didetetapkan oleh bahan yang digunakan selaku bahan yang tidak dimurnikan serta bahan pengisi serta bahan bonus yang digunakan, misalnya serat batang pisang, bubur kertas, pasir, dan semen.

Substitusi batang pisang dan bubur kertas (*pulp*) dalam inovasi asbes plafon bertujuan untuk menambah nilai kuat lentur dan mengurangi nilai penyerapan air air asbes plafon. Kuat lentur dalam plafon digunakan untuk memudahkan dalam pemasangan asbes plafon karena bersifat kuat dan lentur. Nilai penyerapan air semakin rendah berfungsi untuk mengurangi rembesan air agar tidak bocor.

Tumbuhan pisang tumbuhan yang tidak susah didapatkan di Indonesia serta mempunyai banyak khasiat, tetapi tumbuhan pisang cuma berbuah sekali serta wajib ditebang setelah itu batang pisang dibiarkan serta membusuk. Hasil riset lebih dahulu melaporkan kalau batang ataupun pelepah pisang bisa dimanfaatkan selaku media saluran sebab memiliki selulosa serta mempunyai energi higroskopis yang besar. Isi selulosa yang besar membolehkan buat dimanfaatkan selaku media spons. Batang pisang pula mempunyai lapisan paket vaskular yang terdiri dari xilem serta floem yang tersusun tersebar. Eksplorasi lebih dahulu mengatakan kalau batang pisang dapat jadi bahan bilik kedap suara yang simpel serta tidak beresiko untuk ekosistem.

Kertas merupakan barang yang biasanya digunakan oleh orang-orang, seluruhnya sama. Bertepatan dengan kenaikan jumlah penduduk, atensi terhadap kertas pula bertambah. Dinas Perindustrian RI tahun 2012, penciptaan kertas tahun 2012 dapat menggapai 13 juta ton. Jumlah ini naik dekat 8, 3% dari penciptaan tahun kemudian yang cuma 12 juta ton. Pemakaian kertas berton-ton hendak menimbulkan kenaikan jumlah limbah kertas, walaupun sukses dimusnahkan, limbah ini hendak memunculkan sebagian permasalahan yang bisa mengusik kebersihan serta keelokan area. Pemborosan kertas yang terdapat dikala ini sudah dimanfaatkan kembali dengan memakai kembali sehingga kertas baru bisa dikirimkan. Tetapi, dalam sistem daur ulang, campuran bahan yang tidak beresiko untuk ekosistem kerap digunakan, yang menimbulkan kehancuran alam.

Riset ini bertujuan buat menganalisis pelaksanaan akumulasi serat batang pisang dan bubur kertas (*pulp*) untuk bahan campuran pembuatan asbes plafon. Teknik yang digunakan dalam penelitian atap asbes kali ini adalah strategi uji laboratorium dan penulisan berbagai sumber. Dua strategi yang dirujuk di atas seharusnya memberikan informasi yang tepat dan hati-hati tentang efek lanjutan dari eksplorasi yang dipimpin.

## **2. Data dan metode**

### **2.1. Metode Penelitian**

Dalam penelitian ini menggunakan metode kuantitatif eskperimental 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 tambah seperti bubur kertas dan serat batang pisang penulis tidak melakukan pengujian. Pengujian dilakukan terhadap agregat halus, semen, dan air dikarenakan bahan tersebut sebagai dasar dalam pembuatan asbes plafon.

### **2.3. Persiapan Material Tambahan**

Pada tahap ini material bubur kertas dan serat batang pisang yang didapatkan akan dilakukan beberapa perlakuan sebelum di proses sebagai bahan tambah dalam pembuatan asbes plafon. Untuk bubur kertas dihaluskan menggunakan blender kemudian diperas airnya lalu dicampur dengan lem fox sedangkan serat batang pisang dilakukan penjemuran selama 24 jam. Persiapan material tambahan disajikan pada Gambar 1 dan Gambar 2.



**Gambar 1.** Bubur Kertas



**Gambar 2.** Serat Batang Pisang yang Sudah Kering

#### 2.4. Job Mix Design

Penulis melakukan perencanaan mix design yang bertujuan agar mengetahui perbandingan proporsi material yang digunakan dalam pembuatan asbes plafon dengan bahan tambah bubuk kertas dan serat batang pisang. Untuk pedoman campuran yang digunakan yaitu 1 PC : 2 PS, yang kemudian dikonversikan ke dalam perbandingan volume. Dalam penelitian ini bahan tambah bubuk kertas dan serat batang pisang ditambahkan sebagai bahan campuran pembuatan asbes plafon dengan total 8 variasi yaitu untuk benda uji APK (38% PC, 60% PS, 2% fiberglass), AP0 (38% PC, 60% BK, 2% fiberglass) ; AP1 (39% PC, 60% BK, 1% SP), AP2 (44% PC, 55% BK, 1% SP), AP3 (48% PC, 50% BK, 2% SP), AP4 (53%, PC 45% BK, 2% SP), AP5 (39% PC, 20% BK, 1% SP, 40% PS), AP6 (44% PC, 20% BK, 1% SP, 35% PS), AP7 (48% PC, 20% BK, 2% SP, 30% PS), AP8 (53% PC, 20% BK, 2% SP, 25% PS). Adapun rancangan untuk *job mix design* disajikan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Job Mix Design

Jenis Benda Uji	Proporsi Bahan	Nama Benda Uji
Asbes Plafon Konvensional	(Semen 38%, 60% Pasir, dan 2% Fiberglass)	APK
Asbes Plafon (60% bubuk kertas dan 2% fiberglass)	(Semen 38%, 60% Bubur Kertas, dan 2% fiberglass)	AP0
Asbes Plafon (60% bubuk kertas dan 1% serat batang pisang)	(Semen 39%, Bubur Kertas 60%, Serat Batang Pisang 1%)	AP1
Asbes Plafon (55% bubuk kertas dan 1% serat batang pisang)	(Semen 44%, Bubur Kertas 55%, Serat Batang Pisang 1%)	AP2
Asbes Plafon (50% bubuk kertas dan 2% serat batang pisang)	(Semen 48%, Bubur Kertas 50%, Serat Batang Pisang 2%)	AP3
Asbes Plafon (45% bubuk kertas dan 2% serat batang pisang)	(Semen 53%, Bubur Kertas 45%, Serat Batang Pisang 2%)	AP4
Asbes Plafon (20% bubuk kertas dan 1% serat batang pisang)	(Semen 39%, Bubur Kertas 20%, Serat Batang Pisang 1%) : Pasir 40%	AP5
Asbes Plafon (20% bubuk kertas dan 1% serat batang pisang)	(Semen 44%, Bubur Kertas 20%, Serat Batang Pisang 1%) : Pasir 35%	AP6

Asbes Plafon (20% bubur kertas dan 2% serat batang pisang)	(Semen 48%, Bubur Kertas 20%, Serat Batang Pisang 2%) : Pasir 30%	AP7
Asbes Plafon (20% bubur kertas dan 2% serat batang pisang)	(Semen 53%, Bubur Kertas 20%, Serat Batang Pisang 2%) : Pasir 25%	AP8

### 3. Hasil dan pembahasan

#### 3.1. Pengujian material

- 1) Pengujian agregat halus  
Dari hasil kadar lumpur dengan menggunakan pasir muntulan didapatkan nilai rata-rata sebesar 3,51 %, yang mana menurut SK-SNI-S-04-1989-F kadar lumpur tidak boleh lebih dari 5 %. Dari hasil tersebut untuk kadar lumpur menggunakan pasir muntulan sudah memenuhi SK-SNI-S-041989-F.
- 2) Pengujian air  
Dalam penelitian ini pengujian air dilakukan melalui pengamatan dengan cara visual yang sesuai dengan PBI-1971. Untuk hasil yang dipakai, tidak berbau, air harus jernih, harus bersih tidak boleh memiliki kandungan minyak, lumpur, garam dan tidak boleh memiliki kandungan bahan-bahan yang lain yang bisa menurunkan kualitas asbes plafon.
- 3) Pengujian semen  
Keadaan Kemasan Semen, Pengujian ini dilihat dari kondisi semen yang mana kemasan semen dilakukan dengan cara visual secara langsung. Untuk penelitian ini kondisi semen masih bagus tidak terbuka ataupun robekan, untuk kemasan sendiri juga kering dan kondisi semen terlihat gembur tidak memadat. Keadaan Butiran Semen, Untuk proses pengujian ini dengan melakukan cara yaitu membuka kemasan semen dan selanjutnya di lihat secara visual mengenai keadaan butiran semen. Dari hasil yang didapatkan dalam pengamatan semen, terlihat bahwa semen dipakai dalam penelitian ini masih bagus atau dalam keadaan baik yang mana tidak terjadi gumpalan pada butiran semen.

#### 3.2. Pengujian asbes plafon

Plafon termasuk dalam jenis papan serat. Dalam pembuatan papan serat juga sangat dipengaruhi dengan penggunaan material yang baik agar menghasilkan papan serat yang bagus. Papan serat berdasarkan SNI 01 – 4449 – 2006 dibagi menjadi 3 jenis, yaitu :

- 1) PSKR (Papan Serat Kerapatan Rendah)
- 2) PSKS (Papan Serat Kerapatan Sedang)
- 3) PSKT (Papan Serat Kerapatan Tinggi)

Klasifikasi papan serat berdasarkan keteguhan lentur modulus patah disajikan pada Tabel 2.

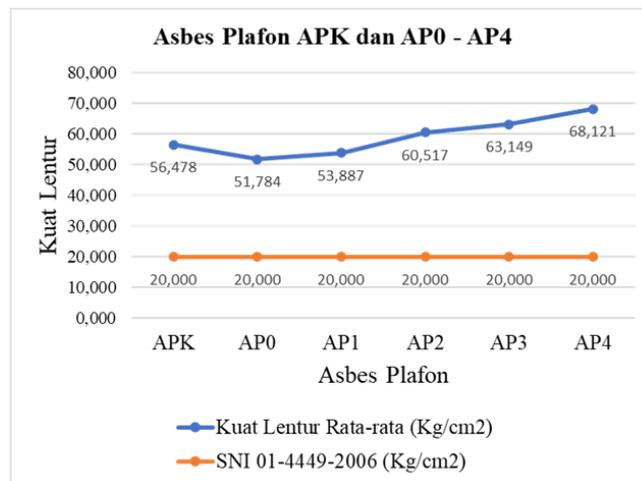
**Tabel 2.** Klasifikasi PSKT berdasarkan keteguhan lentur modulus patah

Type	Keteguhan Lentur Modulus Patah kgf/cm <sup>2</sup>
T1 35	≥ 35,0
T1 25	≥ 25,0
T1 20	≥ 20,0
T2 45	≥ 45,0
T2 35	≥ 35,0

Dalam penelitian ini akan membuat papan serat kerapatan tinggi (PSKT) berdasarkan SNI 01 – 4449 – 2006 dilakukan pengujian seperti uji kuat lentur dan uji penyerapan air.

- 1) Kuat lentur

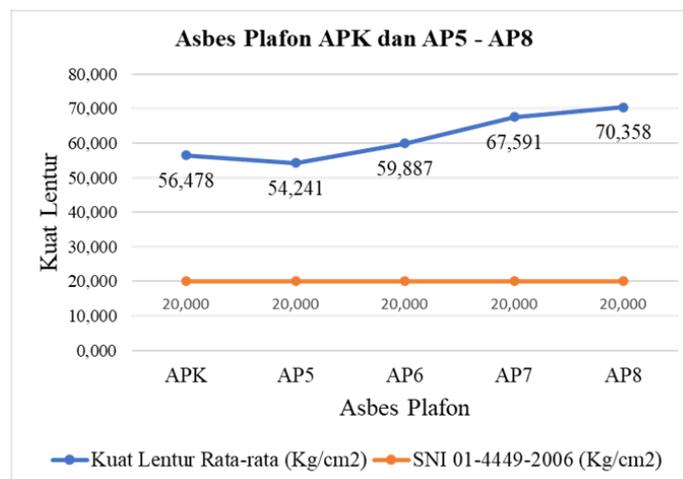
Dari pengujian kuat lentur asbes plafon dilakukan pengujian dengan plafon pada umur 7 hari dengan jumlah benda uji 18 buah dari masing-masing variasi penambahan campuran bubur kertas dan serat batang pisang. Untuk hasil dari pengujian beban lentur pada genteng beton disajikan pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Grafik Perbandingan Kuat Lentur (Tanpa Pasir)

Dapat dilihat dari hasil pengujian kuat lentur Gambar 3 bahwa nilai kuat lentur rata – rata pada benda uji asbes plafon konvensional (APK) sampai asbes plafon 8 (AP8) termasuk ke dalam PSKT T2 45 karena nilai keteguhan lentur modulus patah  $\geq 45 \text{ kgf/cm}^2$ . Berdasarkan Gambar 3 dapat disimpulkan pengujian kuat lentur tanpa menggunakan pasir dengan perbandingan antara APK dengan AP0 nilai kuat lentur rata – rata turun dikarenakan substitusi pasir menggunakan bahan organik bubuk kertas belum cukup kuat. Untuk AP0 dan AP1 nilai kuat lenturnya naik, dikarenakan penggunaan semen bertambah dan substitusi fiberglass dengan serat batang pisang. AP1 dengan AP2 nilai kuat lentur meningkat dikarenakan penggunaan semen bertambah, bubuk kertas berkurang, dan penggunaan serat batang pisang. AP2 dengan AP3 nilai kuat lentur meningkat dikarenakan penggunaan semen bertambah, bubuk kertas berkurang, dan serat batang pisang bertambah. AP3 dengan AP4 nilai kuat lentur bertambah dikarenakan penggunaan semen bertambah, bubuk kertas berkurang, dan serat batang pisang sama dengan AP3 sebesar 2%. Dapat disimpulkan penggunaan bubuk kertas sebagai substitusi pasir belum cukup kuat karena bubuk kertas merupakan bahan organik dan berat jenis bubuk kertas lebih rendah daripada pasir sehingga perlu ditambahkan semen agar lebih kuat.

Pada gambar Gambar 3 di atas berdasarkan pengujian menggunakan mesin UTM menerangkan tentang sampel asbes plafon memiliki kuat lentur tertinggi sebesar 68,421 kgf/cm<sup>2</sup> pada sampel AP4 dengan campuran semen sebesar 53%, bubuk kertas sebesar 45% dan serat batang pisang sebesar 2%. Sedangkan kuat lentur terendah sebesar 51,784 kgf/cm<sup>2</sup> pada sampel AP0 dengan campuran semen 38%, bubuk kertas sebesar 60% dan serat fiberglass sebesar 2%. Semua sampel asbes plafon yang tidak menggunakan pasir memenuhi standar minimal SNI 01 – 4449 – 2006 sebesar  $\geq 20 \text{ kgf/cm}^2$ .



**Gambar 4.** Grafik Perbandingan Kuat Lentur (Menggunakan Pasir)

Untuk pengujian kuat lentur menggunakan pasir dengan perbandingan antara AP5 dengan AP6 nilai kuat lentur rata – rata meningkat dikarenakan penggunaan semen bertambah, bubur kertas berkurang, penggunaan serat batang pisang, dan penambahan pasir. AP6 dengan AP7 nilai kuat lentur rata – rata meningkat dikarenakan penggunaan semen meningkat, bubur kertas sama, serat batang pisang meningkat, dan pasir berkurang. AP7 dengan AP8 nilai kuat lentur rata – rata meningkat dikarenakan penggunaan semen meningkat, bubur kertas sama, serat batang pisang sama, dan pasir berkurang. Sehingga dapat diambil kesimpulan substitusi bubur kertas terhadap pasir dapat digunakan namun penggunaan semen harus ditambah dan untuk substitusi serat batang pisang terhadap serat fiberglass dapat digunakan keseluruhan karena serat batang pisang lebih kuat daripada serat fiberglass. Penambahan bubur kertas pada asbes plafon menjadi alasan terjadinya penurunan kuat lentur karena bubur kertas mempunyai berat jenis yang lebih rendah dari pasir. Selain itu penggunaan serat batang pisang sebagai pengganti serat fiberglass juga berpengaruh pada kuat lentur. Sehingga keduanya dapat mempengaruhi berat asbes plafon yang mengakibatkan peningkatan atau penurunan kuat lentur (Soehartono et al., 2022).

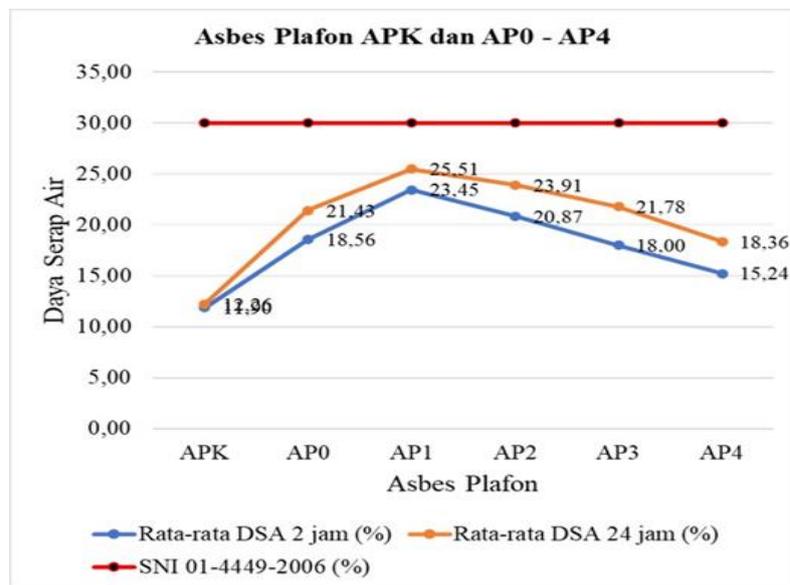
Pada gambar grafik 4 di atas berdasarkan pengujian menggunakan mesin UTM menerangkan tentang sampel asbes plafon memiliki kuat lentur tertinggi sebesar 74,358 kgf/cm<sup>2</sup> pada sampel AP8 dengan campuran semen sebesar 53%, bubur kertas 20%, serat batang pisang 2%, dan pasir 25% sedangkan kuat lentur terendah sebesar 54,241 kgf/cm<sup>2</sup> pada sampel AP5 dengan campuran semen 39%, bubur kertas 20%, serat batang pisang 1%, dan pasir 40%. Semua sampel asbes plafon yang menggunakan pasir memenuhi standar minimal SNI 01 – 4449 – 2006 sebesar  $\geq 20$  kgf/cm<sup>2</sup>.

Nilai kuat lentur rata – rata asbes plafon pada sampel AP6 dengan campuran semen 44%, bubur kertas 20%, serat batang pisang 1%, dan pasir 35% adalah sebesar 59,887 kgf/cm<sup>2</sup>. Kemudian pada sampel AP7 dengan campuran semen 48%, bubur kertas 20%, serat batang pisang 2%, dan pasir 30% adalah sebesar 67,591 kgf/cm<sup>2</sup>. Penambahan bubur kertas pada asbes plafon menjadi alasan terjadinya penurunan kuat lentur karena bubur kertas mempunyai berat jenis yang lebih rendah dari pasir. Selain itu penggunaan serat batang pisang sebagai pengganti serat fiberglass juga berpengaruh pada kuat lentur. Sehingga keduanya dapat mempengaruhi berat asbes plafon yang mengakibatkan peningkatan atau penurunan kuat lentur (Soehartono et al., 2022).

Dapat diambil kesimpulan dari 2 grafik diatas bahwa variasi benda uji inovasi tanpa pasir diperoleh nilai rata – rata pengujian kuat lentur tertinggi pada sampel AP4 sebesar 68,121 kgf/cm<sup>2</sup>. Sedangkan variasi benda uji inovasi menggunakan pasir diperoleh nilai rata – rata pengujian kuat lentur tertinggi pada sampel AP8 sebesar 70,358 kgf/cm<sup>2</sup>. Komposisi antara benda uji asbes plafon konvensional (APK) memiliki nilai kuat lentur rata – rata yang lebih tinggi daripada variasi asbes plafon (AP0), dikarenakan substitusi bubur kertas terhadap pasir kurang kuat. Sehingga dari hal tersebut dapat diketahui penggunaan bubur kertas sebagai substitusi pasir dapat digunakan namun dengan catatan penggunaan semen harus lebih banyak agar nilai kuat lentur rata – rata lebih tinggi dari asbes plafon konvensional (APK).

## 2) Penyerapan air

Dari pengujian penyerapan air (*porositas*) pada asbes plafon dilakukan pada umur 7 hari dengan jumlah benda uji 18 buah dari masing-masing variasi penambahan campuran bubur kertas dan serat batang pisang. Untuk hasil dari pengujian penyerapan air (*porositas*) pada asbes plafon disajikan pada Gambar 5.



**Gambar 5.** Grafik Perbandingan Penyerapan Air (Tanpa Pasir)

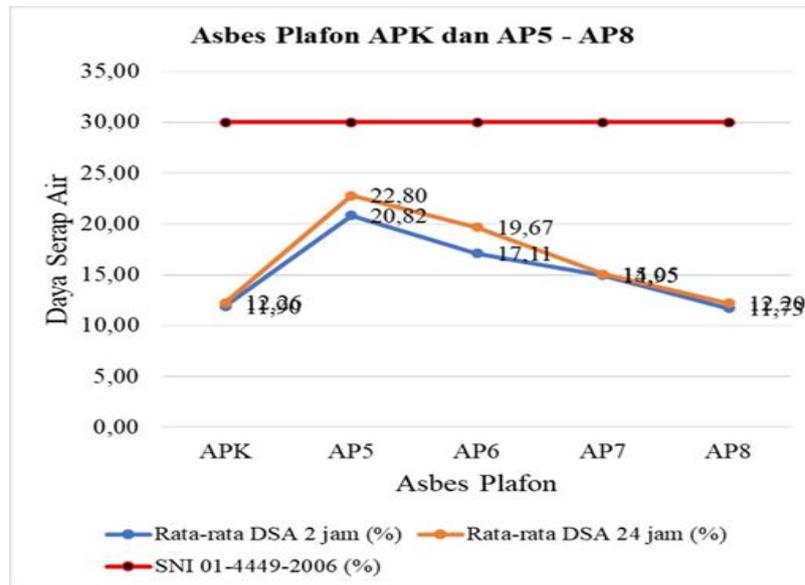
Berdasarkan Gambar 5 dapat disimpulkan pengujian kuat lentur tanpa menggunakan pasir dengan perbandingan antara APK dengan AP0 nilai penyerapan air rata – rata meningkat dikarenakan substitusi pasir menggunakan bahan organik bubuk kertas belum cukup rapat. Untuk AP0 dan AP1 nilai penyerapan air airnya naik, dikarenakan penggunaan semen bertambah dan substitusi fiberglass dengan serat batang pisang. AP1 dengan AP2 nilai penyerapan air berkurang dikarenakan penggunaan semen bertambah, bubuk kertas berkurang, dan penggunaan serat batang pisang. AP2 dengan AP3 penyerapan air berkurang dikarenakan penggunaan semen bertambah, bubuk kertas berkurang, dan serat batang pisang bertambah. AP3 dengan AP4 nilai penyerapan air berkurang dikarenakan penggunaan semen bertambah, bubuk kertas berkurang, dan serat batang pisang sama dengan AP3 sebesar 2%. Dapat disimpulkan penggunaan bubuk kertas sebagai substitusi pasir belum cukup efektif karena bubuk kertas merupakan bahan organik dan memiliki sifat penyerapan air yang tinggi dibandingkan pasir. Hal ini diperkuat dengan penelitian yang dilakukan oleh (Ety Jumiaty et al., 2022) pada jurnal yang menyebutkan penyerapan air tertinggi untuk papan plafon terdapat pada sampel B sebesar 26,8%.

Pada Gambar grafik 5 dapat dilihat bahwa hasil dari pengujian penyerapan air (porositas) menunjukkan bahwa sampel AP4 dengan campuran semen 53%, bubuk kertas 45%, dan serat batang pisang 2% terjadi nilai penyerapan air asbes plafon terendah dengan nilai penyerapan air selama 24 jam rata – rata sebesar 18,36%. Sedangkan pada sampel AP1 dengan campuran semen 39%, bubuk kertas 60%, dan serat batang pisang 1% terjadi nilai penyerapan air asbes plafon tertinggi dengan nilai penyerapan air selama 24 jam rata – rata sebesar 25,51%. Semua sampel asbes plafon yang tidak menggunakan pasir memenuhi standar minimal SNI 01 – 4449 – 2006 sebesar < 30%.

Meskipun pada sampel AP1 nilai penyerapan mengalami peningkatan. Namun bubuk kertas memiliki daya ikat terhadap campuran beton sebab terdapat senyawa semiselulosa dan hemiselulosa (Anhadi, 2018). Sehingga memudahkan dalam pengerjaan asbes plafon dikarenakan tidak terjadi pemisahan butiran campuran beton. Oleh karena itu digunakan bubuk kertas sebagai campuran pembuatan asbes plafon. Sehingga nilai penyerapan air asbes plafon pada sampel AP2 dengan campuran semen 44%, bubuk kertas 55%, dan serat batang pisang 1% memiliki nilai rata – rata sebesar 23,91%. Hasil campuran sampel AP2 ini mengalami penurunan dari campuran sampel AP1, namun masih lebih tinggi dibanding campuran sampel AP3 dikarenakan adanya penambahan bubuk kertas yang menyebabkan nilai penyerapan air meningkat, tetapi nilai tingkat penyerapan air masih berada dibawah batas maksimum SNI 01 – 4449 – 2006 sebesar < 30%.

Nilai penyerapan air rata – rata pada sampel AP3 dengan campuran semen 48%, bubuk kertas 50%, dan serat batang pisang 2% adalah nilai penyerapan air selama 24 jam rata – rata

sebesar 21,78%. Kemudian pada sampel AP2 dengan campuran semen 44%, bubur kertas 55%, dan serat batang pisang 1% adalah nilai penyerapan air selama 24 jam rata – rata sebesar 23,91%. Penambahan bubur kertas pada asbes plafon menjadi alasan dikarenakan bubur kertas mudah menyerap air (Ety Jumiati et al., 2020). Sehingga terjadi peningkatan nilai penyerapan air ketika asbes plafon ditambahkan bubur kertas. Selain itu pada sampel AP1 – AP4 dengan campuran tanpa menggunakan pasir mempengaruhi nilai penyerapan air dikarenakan terdapat rongga atau celah sehingga air dapat masuk dengan mudah. Adapun hasil dari pengujian penyerapan air disajikan pada Gambar 6.



**Gambar 6.** Grafik Perbandingan Penyerapan Air (Menggunakan Pasir)

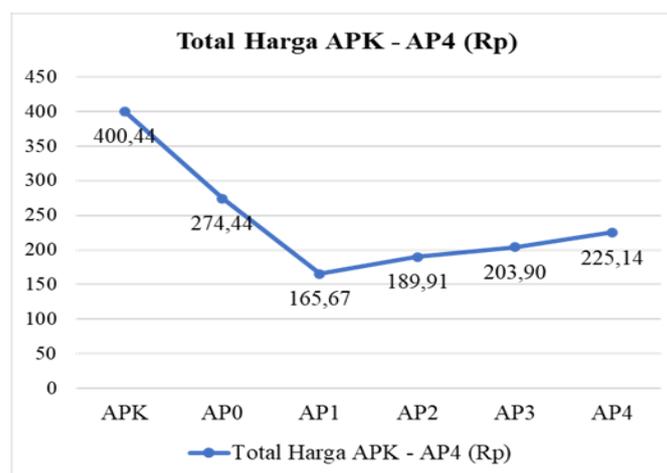
Untuk pengujian kuat lentur menggunakan pasir dengan perbandingan antara AP5 dengan AP6 nilai penyerapan air rata – rata berkurang dikarenakan penggunaan semen bertambah, bubur kertas berkurang, penggunaan serat batang pisang, dan penambahan pasir. AP6 dengan AP7 nilai penyerapan air rata – rata berkurang dikarenakan penggunaan semen meningkat, bubur kertas sama, serat batang pisang meningkat, dan pasir berkurang. AP7 dengan AP8 nilai penyerapan air rata – rata berkurang dikarenakan penggunaan semen meningkat, bubur kertas sama, serat batang pisang sama, dan pasir berkurang. Sehingga dapat diambil kesimpulan substitusi bubur kertas terhadap pasir dapat digunakan namun penggunaan semen harus ditambah dan untuk substitusi serat batang pisang terhadap serat fiberglass dapat digunakan keseluruhan karena serat batang pisang lebih kuat daripada serat fiberglass. Penambahan bubur kertas pada asbes plafon menjadi alasan terjadinya peningkatan penyerapan air karena bubur kertas mempunyai sifat penyerapan air yang tinggi dari pasir. Untuk itu penggunaan bubur kertas bisa digunakan namun tetap menggunakan pasir untuk menutup rongga – rongga. Semakin banyak persentase bubur kertas maka penyerapan air semakin tinggi. Hal ini juga diperkuat dengan penelitian (Soehartono et al., 2022) pada jurnal yang memperoleh hasil pengujian penyerapan air air berkisar antara 32,72% sampai 68,25%. Sedangkan penelitian yang dilakukan oleh (Ety Jumiati et al., 2022) pada jurnal yang menyebutkan penyerapan air air tertinggi untuk papan plafon terdapat pada sampel B sebesar 26,8%.

Pengujian penyerapan air pada asbes plafon yang menggunakan campuran bubur kertas dan serat batang pisang, hal ini menunjukkan bahwa semakin banyak bubur kertas yang digunakan maka retensi airnya semakin tinggi. Penyerapan air yang dihasilkan yaitu APK = 12,26% ; AP5 = 22,80% ; AP6 = 19,67% ; AP7 = 15,05% ; AP8 = 12,20%. Menurut pengujian penyerapan air yang telah dilakukan formula yang paling baik terdapat pada sampel AP8 sebesar 12,20%. Hubungan pengujian densitas berbanding terbalik dengan pengujian penyerapan air, Jadi dapat disimpulkan penggunaan plafon dengan penyerapan air terendah akan semakin baik, karena memiliki tingkat rembesan air yang kecil pada papan plafon dengan penyerapan air terendah.

Dapat diambil kesimpulan dari 2 grafik diatas bahwa variasi benda uji inovasi tanpa pasir diperoleh nilai rata – rata pengujian penyerapan air terendah pada sampel AP4 sebesar 18,36%. Sedangkan variasi benda uji menggunakan pasir diperoleh nilai rata – rata pengujian penyerapan air terendah pada sampel AP8 sebesar 12,20%. Komposisi antara benda uji inovasi asbes plafon konvensional (APK) memiliki nilai penyerapan air rata – rata yang lebih rendah daripada variasi asbes plafon (AP0), dikarenakan substitusi bubuk kertas terhadap pasir dapat berpengaruh pada penyerapan air. Sehingga dari hal tersebut dapat diketahui bahwa bubuk kertas memiliki sifat lebih mudah menyerap air, oleh karena itu penggunaan bubuk kertas sebagai substitusi pasir dapat digunakan namun tetap harus menggunakan pasir untuk menutup rongga kosong agar air tidak mudah terserap.

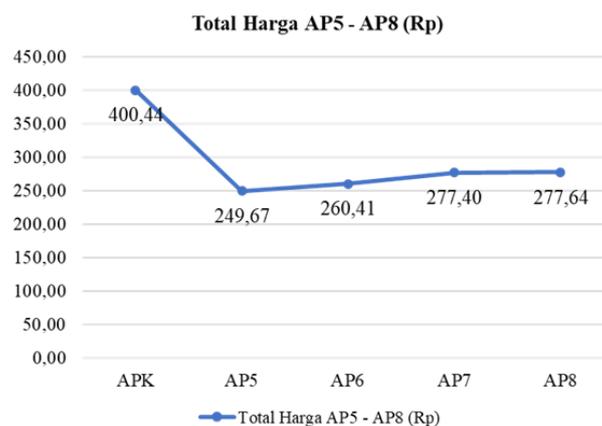
### 3.3. Analisis perbandingan biaya material

Berikut adalah perbandingan biaya material asbes plafon konvensional dengan asbes plafon inovasi dengan menambahkan bubuk kertas dan serat batang pisang. Dengan perbandingan seperti pada Gambar 7.



**Gambar 7.** Grafik Analisis Perbandingan Biaya Material (Tanpa Pasir)

Dalam analisis perbandingan biaya pada gambar 7 mengenai asbes plafon dengan campuran semen, bubuk kertas, dan serat batang pisang tanpa menggunakan pasir dimana harga asbes plafon konvensional memiliki harga Rp400,440. Pada sampel AP4 dengan campuran bubuk kertas dan serat batang pisang menyebabkan adanya selisih harga sebesar Rp175,300 dengan asbes plafon konvensional. Hal ini dikarenakan campuran bubuk kertas menyebabkan adanya pengurangan volume semen yang mana mempengaruhi harga asbes plafon sampel AP1. Selisih tersebut terbilang kecil dibandingkan dengan selisih antara sampel AP1, AP2, dan AP3. Selain itu terdapat variasi AP0 dengan campuran semen, bubuk kertas, dan fiberglass dengan harga Rp274,44 lebih murah dibandingkan variasi APK (konvensional). Adapun total harga AP5 – AP8 disajikan pada Gambar 8.



**Gambar 8.** Grafik Analisis Perbandingan Biaya Material (Menggunakan Pasir)

Dalam analisis perbandingan biaya pada gambar 8 mengenai asbes plafon dengan campuran bubur kertas dan serat batang pisang menggunakan pasir dimana harga asbes plafon konvensional memiliki harga Rp400,440. Pada sampel AP8 dengan campuran semen, bubur kertas, serat batang pisang, dan pasir menyebabkan adanya selisih harga sebesar Rp122,796 dengan asbes plafon konvensional.

Hal ini dikarenakan campuran bubur kertas menyebabkan adanya pengurangan volume semen yang mana mempengaruhi harga asbes plafon sampel AP8. Selisih tersebut terbilang kecil dibandingkan dengan selisih antara sampel AP5, AP6, dan AP7. Sedangkan pada sampel AP5 memiliki selisih harga yang paling tinggi pada variasi yang menggunakan pasir dikarenakan adanya campuran bubur kertas yang mengurangi jumlah bahan semen dan penggunaan pasir yang lebih banyak sehingga memilih selisih sebesar Rp150,768 dimana hal tersebut dikarenakan harga satuan semen per kilo dengan Rp1.475,00 dibanding harga pasir per kilo dengan Rp750,00. Namun dengan harga yang lebih murah tersebut bukan berarti kualitas menjadi turun. Bisa dilihat dan disimpulkan bahwa asbes plafon dengan campuran bubur kertas dan serat batang pisang memiliki kualitas yang baik daripada. Asbes plafon tanpa bahan campuran bubur kertas dan serat batang pisang ini bisa dilihat dari kuat lentur yang bertambah ketika ditambahkan serat batang pisang dan bubur kertas. Untuk penyerapan air (porositas) juga lebih baik dengan terjadi penurunan.

#### 4. Kesimpulan

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

- 1) Pengaruh penggunaan bubur kertas dan serat batang pisang sebagai campuran bahan pembuatan asbes plafon yaitu semakin banyak bubur kertas maka nilai penyerapan air meningkat, sedangkan penggunaan serat batang pisang dapat mempengaruhi nilai kuat lentur.
- 2) Hasil karakterisasi asbes plafon yang dihasilkan pada uji sifat fisis :
  - a) Hasil nilai kuat lentur rata - rata berdasarkan pengujian yang telah dilakukan yaitu untuk variasi tanpa pasir nilai tertinggi pada AP4 sebesar 68,121 kgf/cm<sup>2</sup> sedangkan variasi menggunakan pasir nilai tertinggi pada AP8 sebesar 70,358 kgf/cm<sup>2</sup>. Jadi semakin tinggi nilai kuat lentur maka semakin baik asbes plafon untuk menahan beban lebih besar.
  - b) Hasil nilai penyerapan air (porositas) rata - rata berdasarkan pengujian yang telah dilakukan yaitu untuk variasi tanpa pasir nilai terendah pada AP4 sebesar 18,36% sedangkan variasi menggunakan pasir nilai terendah pada AP8 sebesar 12,20%. Jadi semakin rendah nilai penyerapan air, semakin baik untuk asbes plafon karena apabila terjadi rembesan air tidak bocor.
  - c) Perbandingan biaya pada pembuatan 1 asbes plafon didapatkan biaya yang paling murah dan
  - d) Terbaik memenuhi SNI 01 - 4449 - 2006 pada asbes plafon inovasi sampel AP8 dengan total biaya Rp277,644,- AP8 dipilih karena mempunyai nilai kuat lentur paling tinggi sebesar 74,358 kgf/cm<sup>2</sup> dan nilai penyerapan air (porositas) sebesar 12,20%.
- 3) Perbandingan biaya pada pembuatan 1 asbes plafon didapatkan biaya yang paling murah dan terbaik memenuhi SNI 01 - 4449 - 2006 pada asbes plafon inovasi sampel AP8 dengan total biaya Rp277,644,- AP8 dipilih karena mempunyai nilai kuat lentur paling tinggi sebesar 74,358 kgf/cm<sup>2</sup> dan nilai penyerapan air (porositas) sebesar 12,20%.

#### Ucapan terima kasih

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

#### Referensi

Dewi, R., Sutejo, Y., Rahmadini, R., & Arfan, M. (2019). *Pengaruh Limbah Plafond Gypsum Terhadap Penurunan Konsolidasi Pada Tanah Lempung Ekspansif*. Cantilever, Jurnal Penelitian dan Kajian Bidang Teknik Sipil, 8(1), 1-7.

- Ety Jumiati et al., 2020. *Analisis Sifat Fisis Papan Plafon Berbahan Dasar Bubur Kertas*. Medan : UIN Sumatera Utara Medan.
- Ety, Jumiati. 2009. *Pembuatan Beton Semen Polimer Berbasis Sampah Rumah Tangga dan Karakterisasinya*, Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Khrisna, vincentius dan Setiawan, Andreas Pandu. 2017. *Papan Partisi Dari Limbah Kertas*. Surabaya: Universitas Kristen Petra.
- Millian, Kusmartono. 2022. *Pengaruh Jenis Perekat Dan Ukuran Partikel Serat Pohon Pisang (Musa Acuminata) Pada Pembuatan Fiber Board Untuk Aplikasi Plafon (Variabel Jenis Perekat)*. Yogyakarta : Institut Sains dan Teknologi AKPRIND.
- Muslimin. 2016. *Uji Kualitas batako Dari Beberapa Jenis Pasir*. Makassar: Universitas Islam Negeri Alauddin.
- Nuridwi, D. B., Negara, K. P., & Unas, S. E. (2014). *Analisis Perbandingan Metode Sni Dan Software Ms. Project Dalam Perhitungan Biaya Pekerjaan Langit-langit Untuk Konstruksi Bangunan (Studi Kasus Pembangunan Gedung II Dan Bangunan Penghubung Fakultas Ilmu Sosial Dan Ilmu Politik)*, Universitas Brawija. *Jurnal Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil*, 1(3), pp-965.
- Oro J, Frans P, Sappu, Romels Lumintang. *Analisis Sifat Mekanik Material Komposit dari Serat Sabut Kelapa*, Universitas Sam Ratulangi Manado. 2013. *Penelitian Teknologi Industri*, 7(1), 21-30.
- Prasetyo, D. A. (2017). *Pemanfaatan Serat Kulit Jagung Sebagai Bahan Campuran Pembuatan Plafon Eternit*. *Rekayasa Teknik Sipil*, 1(1/REKAT/17).
- Randa, Alimin Mahyudin. 2019. *Pengaruh Persentase Serat Pelepeh Pisang terhadap Sifat Fisik dan Mekanik Papan Semen-Foam agent*. Padang : Universitas Andalas.
- Rizki, Windasari. 2017. *Pembuatan dan Karakterisasinya Plafon Dari Serbuk Ampas Tebu Dengan Perekat Poliester*. Medan: Universitas Sumatera Utara
- Khrisna, vincentius dan Setiawan, Andreas Pandu. 2017. *Papan Partisi Dari Limbah Kertas*. Surabaya: Universitas Kristen Petra.
- Sagala, R. P. F. (2020). *Pengaruh Pemberian Naphtalene Acetic Acid (NAA) dan Benzyl Amino Purine (BAP) terhadap Propagasi Tanaman Pisang Ambon (Musa acuminata Cavendish Group.) secara In Vitro*. Repository. Universitas HKBP Nommensen.
- Salam, A., & Hartantyo, S. D. (2017). *Pengaruh Penambahan Serat Pelepeh Pisang Pada Pembuatan Paving Block K-175*. *Jurnal CIVILA*, 2(2), 8.
- Sarito, dkk. 2017. *Limbah koran Sebagai Bahan Campuran Pembuatan Papan Plafon*. Jakarta: Politeknik Negeri Jakarta.
- Sir, T. M., Udiana, I. M., & Isu, S. R. (2016). *Perbandingan Pengukuran Kadar Air Tanah Lempung Menggunakan Metode Gravimetry Dan Metode Gypsum Block Berdasarkan Variasi Kedalaman*. *Jurnal Teknik Sipil*, 5(2), 213-226.
- SNI No.15-0233-1989 Syarat Mutu Lembaran Serat. Badan Standardisasi Nasional. 1989.
- Salam, A., & Hartantyo, S. D. (2017). *Pengaruh Penambahan Serat Pelepeh Pisang Pada Pembuatan Paving Block K-175*. *Jurnal CIVILA*, 2(2), 8.
- Soehartono et al., 2022. *Analisis Potensi Penambahan Serat Batang Pisang Sebagai Bahan Pembuat Plafond Untuk Menunjang Tata Ruang Interior*, Semarang: Universitas Sultan Agung Semarang.
- Syaifuddin. 2018. *Pembuatan dan Pengujian Kuat Tekan Batako dengan Penambahan Limbah Tulang Ikan*. Makassar: Universitas Islam Negeri Alauddin.



## **Pemanfaatan serbuk limbah gypsum sebagai substitusi parsial komposisi tanah liat dan abu daun bambu sebagai substitusi parsial komposisi sekam padi terhadap batu bata merah**

Siti Fahitha Muharromah<sup>a\*</sup>, Rani Damayanti<sup>b</sup>, Bambang Setiabudi<sup>c</sup>, Hartono<sup>d</sup>

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

### ARTICLE INFO

#### **Corresponding author:**

Email:

[sitifahithamuharromah@gmail.com](mailto:sitifahithamuharromah@gmail.com)  
[ranidamayanti0717@gmail.com](mailto:ranidamayanti0717@gmail.com)

#### **Article history:**

Received : 21 August 2023

Revised : 20 December 2023

Accepted : 10 January 2024

Publish : 22 March 2024

#### **Keywords:**

bamboo leaf ash , bricks, gypsum

### ABSTRACT

*The increase in development has increased the need for construction materials. One material often used is red bricks as a wall pair or barrier in the house. On the other hand, red bricks also have added value in terms of aesthetics. Generally, the main ingredients of bricks are clay, rice husks, and water, which are molded in a square shape, and the hardening process is through burning until it turns red and hard. By looking at the high need for bricks, this research aims to make a mixture innovation to the composition of bricks, namely adding gypsum powder waste to the composition of clay and bamboo leaf ash to the composition of rice husks. The variation used in this innovation is 2.5% gypsum powder waste in each sample of mixed red bricks, then in the variation of bamboo leaf ash by 5% and 7.5%. Like conventional red bricks, the size of red bricks is 23cm long, 10cm wide, and 5cm thick. The test results on conventional red bricks have a compressive strength value of 1.27 MPa and water absorption of 11%, while in red brick innovation, the optimal compressive strength value is in the variation of 2.5% gypsum powder waste in clay and 5% bamboo leaf ash in rice husk has a compressive strength value of 1.58 Mpa and water absorption of 9% where mixed red bricks are superior to conventional red bricks.*

Copyright © 2024 PILARS-UNDIP

## **1. Pendahuluan**

Meningkatnya suatu pembangunan mengakibatkan kebutuhan material juga semakin tinggi. Salah satu material yang dibutuhkan adalah batu bata. Bata merah merupakan material yang dipakai pada dunia konstruksi, bahan dasar utama pada bata merah yakni tanah liat atau lempung, kemudian pada pengerasannya dijemur selama 2 hari lalu dibakar pada suhu tinggi sampai mengeras dan tidak dapat hancur ketika direndam dalam air. Untuk menjadi sebuah produksi, tanah lempung menjadi material yang paling utama dalam pembuatan bata merah (Zebua & Sinulingga, 2019).

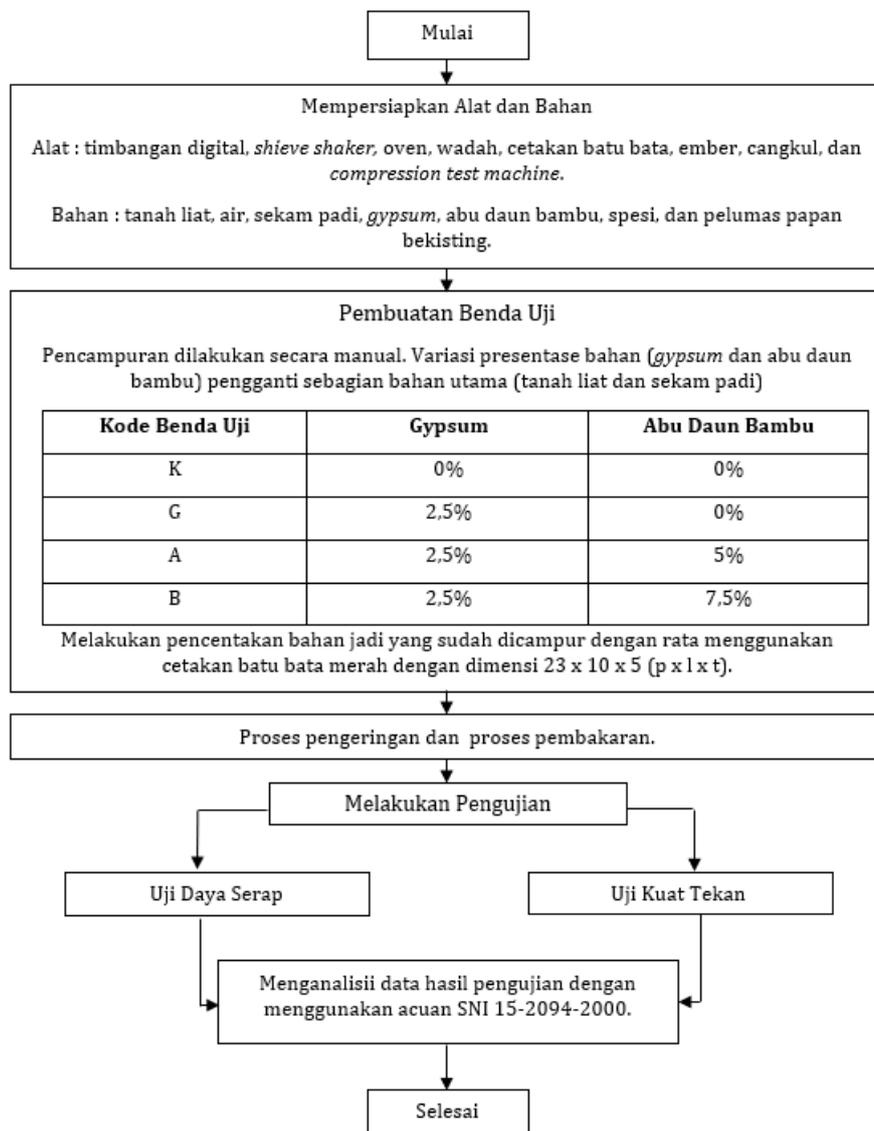
Berperan sebagai pemikul beban, batu bata merah banyak diperlukan sebagai penyekat dinding pada bangunan dengan fungsi struktural maupun non-struktural. (Agustyan, 2020). Adapun kualitas batu bata dipasaran kebanyakan mudah retak, hancur, dan permukannya tidak rata. Oleh karena itu, kebutuhan terhadap batu bata dapat terpenuhi dengan menyediakan batu bata yang memenuhi persyaratan teknis, mudah didapat dan harga yang murah sehingga dapat dijangkau oleh masyarakat.

Pemanfaatan batu bata dalam konstruksi baik non struktural maupun struktural perlu adanya peningkatan terhadap produk yang dihasilkan, salah satunya dengan cara meningkatkan kualitas bahan material batu bata. Industri batu bata telah banyak ditemui di masyarakat, salah satunya di daerah Pedurungan Desa Blancir. Tetapi bata merah yang ditemukan sejauh ini bentuknya mudah

retak dan permukaannya tidak rata. Dalam penelitian ini batu bata akan ditambahkan dengan bahan tambahan yaitu limbah serbuk gypsum sebagai substitusi parsial sebagian pada tanah liat dan abu daun bambu (ADB) sebagai substitusi parsial sebagian pada sekam padi. Adapun kandungan kimia pada serbuk gypsum dapat dikategorikan dalam pozzolan sehingga diharapkan dapat menambah kuat tekan batu bata dengan campuran tambahan. Kandungan yang terdapat pada abu daun bambu yaitu silika, menduduki peringkat ke-2 dengan kandungan silika tertinggi setelah sekam padi, diharapkan dapat meningkatkan perekatan pada pori-pori bata merah.

## 2. Data dan metode

Penelitian ini merupakan jenis penelitian eksperimen yang menggunakan metode kuantitatif. Penelitian ini bereksperimen mengenai inovasi batu bata merah menggunakan gypsum dan abu daun bambu sebagai bahan pengganti sebagian material utama. Persentase bahan gypsum sebagai pengganti tanah liat adalah 2,5% untuk setiap benda uji batu bata inovasi. Persentase bahan abu daun bambu sebagai pengganti sekam padi adalah 2,5% untuk benda uji untuk variasi A, 5% variasi B, dan 7,5% untuk variasi C. Tanah yang digunakan dalam pembuatan batu bata berasal dari lokasi pembuatan batu bata yaitu Desa Blancir, Pedurungan, Semarang. Lokasi penelitian atau pengujian dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro. Tahapan atau alur penelitian yang lebih jelas dapat dilihat pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Diagram Alir Penelitian

## 2.1. Metode pengujian benda uji

Pengujian dilakukan agar batu bata yang diproduksi dapat layak digunakan. Pengujian yang dilakukan dalam penelitian adalah sebagai berikut.

### 1) Pengujian daya serap air

Hasil pengujian daya serap yang diperoleh dari persentase perbandingan antara selisih massa basah dengan massa kering besarnya daya serap dikerjakan hasilnya sesuai dengan SNI 15-2094-2000. Pada proses pengujian daya serap, sampel batu bata direndam selama 24 jam kemudian ditimbang menggunakan timbangan digital untuk diukur masanya massa basahnya. Setelah itu, sampel batu bata dimasukan oven dan dioven selama 24 jam lalu diukur massa keringnya. Kemudian dihitung menggunakan Persamaan 1.1.

$$\text{Nilai daya serap (P)} = (A-B)/B \times 100\% \text{ (Pers. 1.1.)}$$

Keterangan :

A = Berat Basah

B = Berat Kering

### 2) Pengujian kuat tekan

Pengujian kuat tekan pada batu bata merah untuk mendapatkan nilai beban maksimum yang dapat diterima oleh batu bata merah. Pengujian dilakukan dengan menggunakan mesin *compression test*. Perhitungan kuat tekan batu bata dilakukan dengan menggunakan Persamaan 1 dan untuk pengujian kuat tekan ditunjukkan pada Gambar 2.

$$\text{Kuat Tekan} = P/A \quad \text{Pers. 1)}$$

Keterangan :

P = Beban maksimum (kg)

A = Luas bidang tekan (cm)



**Gambar 2.** *Compression Test Machine*

## 3. Hasil dan pembahasan

Pengujian dilakukan untuk mengetahui karakteristik pada batu bata merah. Hasil pengujian yang telah dilakukan pada penlitian ini adalah sebagai berikut.

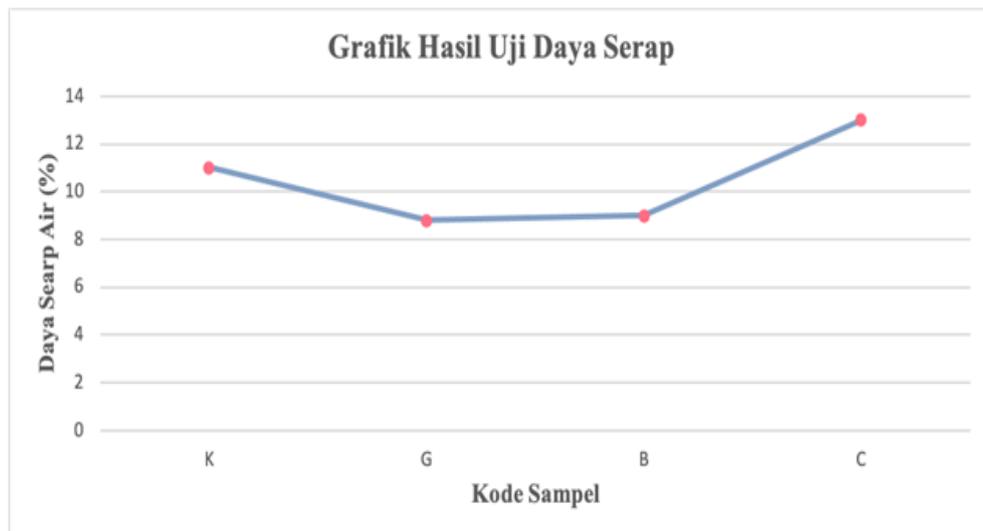
### 1) Pengujian daya serap

Pengujian sampel pada penelitian ini dilakukan dengan prosedur berdasarkan SNI 15-2094-2000. Pengambilan data diperoleh dari massa basah yang didapat dari menimbang sampel setelah direndam dalam air hingga jenuh dan massa kering yang didapat dari hasil menimbang sampel setelah dikeringkan menggunakan oven. Hasil uji daya serap dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Hasil uji daya serap batu bata

Sampel	Variasi		Kode Sampel	Massa Basah (kg)	Massa Kering (kg)	Nilai Penyerapan (%)	Rata-rata nilai penyerapan (%)
	SG	ADB					
K	0%	0%	K1	1.550	1.370	13%	11%
			K2	1.755	1.610	9%	
			K3	1.650	1.475	11%	
G	2,5%	0%	G1	1.855	1.715	9,9%	8,8%
			G2	1.920	1.750	9,7%	
			G3	1.935	1.810	6,9%	
A	2,5%	5%	A1	1.865	1.695	10%	9%
			A2	1.765	1.625	8,6%	
			A3	1.860	1.717	8,5%	
B	2,5%	7,5%	B1	1.790	1.585	12,9%	13%
			B2	1.830	1.615	13,3%	
			B3	1.830	1.620	12,%	

Hasil menunjukkan nilai daya serap bata merah mengalami kenaikan seiring bertambahnya bahan campuran abu daun bambu. Daya serap air pada sampel bata merah memiliki nilai rata-rata sebesar 9% pada sampel A, 13% pada sampel B, 8,8% pada sampel G dan 11% pada sampel K. Nilai daya serap maksimal menurut SNI 15-2094-2000 adalah pada 20%. Nilai daya serap yang dimiliki sampel A, sampel B, dan sampel G tidak jauh beda dengan daya serap yang dimiliki oleh batu bata konvensional. Banyaknya penambahan *gypsum* dan abu daun bambu menyebabkannya banyaknya pori-pori, sehingga menyebabkan tingginya nilai penyerapan.

**Gambar 3.** Grafik hasil uji daya serap

Nilai optimum daya serap air terjadi pada variasi campuran 2,5% serbuk gypsum dan 5% abu daun bambu dengan nilai daya serap sebesar 9%. Nilai tersebut memenuhi standar penyerapan air yang diatur dalam SNI 15-2094-2000 yaitu kurang dari 20%.

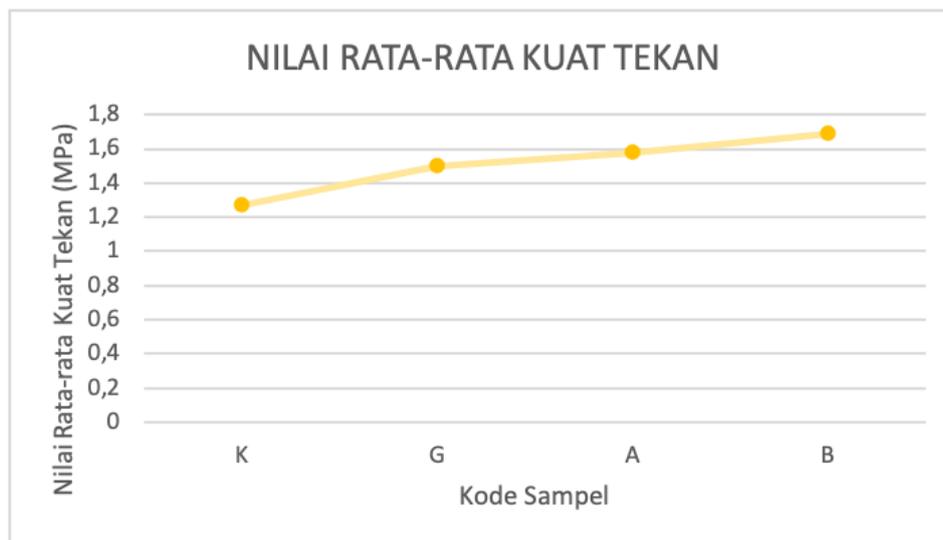
## 2) Pengujian kuat tekan

Pada pengujian kuat tekan sampel batu bata dibelah menjadi dua terlebih dahulu. Kemudian potongan tersebut ditumpuk satu sama lain menggunakan pasta semen dan spesi sebagai perekatnya, cara pengujian ini sesuai dengan SNI 15-2094-2000. Hasil pengujian kuat tekan dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Hasil Uji Kuat Tekan Batu Bata

Sampel	Variasi		Kode Sampel	Kuat Tekan (MPa)	Rata-rata Kuat Tekan (MPa)
	SG	ADB			
K	0%	0%	K1	1.44	1,27
			K2	1.31	
			K3	1.07	
G	2,5%	0%	G1	1.02	1,5
			G2	1.77	
			G3	1.71	
A	2,5%	5%	B1	1.08	1,58
			B2	1.59	
			B3	2.07	
B	2,5%	7,5%	C1	1.40	1,69
			C2	2.16	
			C3	1.50	

Berdasarkan dari hasil data nilai kuat tekan diatas, bata merah dengan campuran 2,5% serbuk gypsum dan 5% abu daun bambu memiliki nilai yang paling optimal dan dapat dikatakan kuat tekannya lebih unggul dari bata merah konvensional dengan kuat tekan rata-rata pada spesi umur 7 hari yaitu sebesar 1.58 Mpa, sehingga bata merah dengan campuran dapat menjadi alternatif pilihan selain bata merah konvensional di pasaran.



**Gambar 4.** Grafik Hasil Uji Kuat Tekan

Berdasarkan Tabel 2 dan Gambar 4 dapat diketahui penambahan kedua bahan tersebut secara optimal dapat meningkatkan kuat tekan batu bata merah dengan presentase 2,5% serbuk gypsum dan 5% abu daun bambu.

## 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- 1) Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi kuat tekan dan daya serap batu bata merah inovatif ini. Uji kuat tekan dilakukan setelah umur 7 hari menggunakan mesin uji kompresi. Sedangkan uji daya serap dilakukan dengan merendam benda uji selama 24 jam lalu ditimbang saat basah, kemudian dikeringkan dalam oven selama 24 jam dan ditimbang kembali saat kering.

- 2) Hasil optimal dari pengujian menunjukkan bahwa campuran dengan kadar 2,5% serbuk gipsum dan 5% abu daun bambu memiliki nilai rata-rata kuat tekan sebesar 1,58 Mpa serta daya serap air sebesar 9%. Dalam perbandingan tersebut, batu bata konvensional memiliki nilai rata-rata kuat tekan 1,27 Mpa dan daya serap air sebesar 11%. Dengan demikian, batu bata merah dengan campuran serbuk gipsum dan abu daun bambu ini unggul dalam hal kuat tekan dan daya serap air dibandingkan dengan batu bata konvensional.

## Ucapan terima kasih

Ucapan terima kasih ditujukan kepada Tuhan Yang Maha Esa, dosen pembimbing tugas akhir, produsen batu bata merah, dan semua pihak yang telah memberikan dukungan, saran, dan masukan kepada peneliti dalam penelitian ini.

## Referensi

- Candra, A. I., Romadhon, F., & Azhari, F. M. (2022). Pendampingan Peningkatan Kualitas Batu Bata Dengan Limbah Sekam Padi Dan Fly Ash Dalam Pembuatan Bata Merah Di Desa Gambirejo Tanjunganom Nganjuk. *Jurnal Ilmiah Pangabdhi*, 8(1), 34–38. <https://doi.org/10.21107/Pangabdhi.V8i1.13811>
- Hasri, Muharram, & Nadwi, F. (2020). Sintesis Nanosilika Daun Bambu (*Bambusa Sp.*) Menggunakan Metode Hidrotermal. *Jurnal Kartika Kimia*, 3(2), 96–100. <https://doi.org/10.26874/Jkk.V3i2.56>
- Havis Ari Winata, A., Ishak, & Susanti Yusman, A. (2022). Pengaruh Penambahan Limbah Botol Kaca Terhadap Daya Serap Air Dan Uji Kuat Tekan Batu Bata Merah. *Ensiklopedia Research And Community Service Review*, 2(1). <http://jurnal.ensiklopediaku.org>
- Suryani, E., Naris Wari, W., Lestari, R., Ariyanto Sandi, E., & Rohman, A. (2019). *Inovasi Batu Bata "U-Lock"*
- Suryani, E., Wari, W. N., Fachtiar, R., & Rohman, A. (2020). Batu Bata "U-Lock" Dengan Bahan Tambah Serbuk Limbah Gypsum. *Sentrinov*, 6, 658–664.
- Utama, D. A. (2022). *Pengaruh Penambahan Limbah Serbuk Kaca Dan Gypsum Terhadap Nilai Cbr Dan Kuat Geser Pada Tanah Lempung (The Effect Of Addition Of Glass Powder And Gypsum Waste On Cbr Value And Shear Strength Parameter Value In Clay)*.
- Yusuf Amir, M., & Basry, W. (2019). Pemanfaatan Kotoran Ternak Sapi Dan Abu Sekam Padi Sebagai Pengganti Sebagian Tanah Liat Untuk Meningkatkan Kualitas Batu Bata. *Siimo Engineering*, 3, 17–22.
- Zebua, D., & Sinulingga, K. (2018). *Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi Sebagai Campuran Terhadap Kekuatan Batu Bata*. <http://jurnal.unimed.ac.id/2012/index.php/einstene-issn:2407-747x,p-issn2338-1981>
- Hamid, N., Kadir, A., Hashar, N., Pietrusiewicz, P., Nabialek, M., Wnuk, I., Gucwa, M., Hashim, A., Sarani, N., Nio, A., Noor, N., & Jez, B. (2021). *Influence of Gypsum Waste Utilization on Properties and Leachability of Fired Clay Brick*. *MDPI*, 14, 1-11. doi:10.3390/ma14112800.



## Pemanfaatan serbuk kaca sebagai peningkatan *waterproofing* pada bahan tambah cat

M. Fikri Haekal<sup>a\*</sup>, Ismail Aqil M.S.<sup>b</sup>, Riza Susanti<sup>c</sup>, Hartono<sup>d</sup>

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

### ARTICLE INFO

#### Corresponding author:

Email:

[mfhaekal48@gmail.com](mailto:mfhaekal48@gmail.com)

[ismailaqil2312@gmail.com](mailto:ismailaqil2312@gmail.com)

#### Article history:

Received : 23 August 2023

Revised : 20 December 2023

Accepted : 10 January 2024

Publish : 22 March 2024

#### Keywords:

Glass Powder, Waterproofing, Wall Paint

### ABSTRACT

*In the construction of a project, walls account for approximately 20% - 40% of the total budget. Wall works are considered costly as they involve various tasks such as brick installation, plastering, rendering, and painting. Nowadays, the use of paint is widespread in line with the development of construction projects in Indonesia. Paint utilization has been extensively developed with various innovations, one of which is waterproofing paint that can protect surfaces from water or moisture. By adding a special ingredient to the paint to enhance its waterproofing properties, wall paint becomes more resistant to rain exposure over time. Therefore, the addition of glass powder to the paint mixture is needed to increase the waterproofing level because glass powder has nonporous characteristics, meaning it does not easily absorb or retain water. The objective of this research is to determine the water resistance of paint with the addition of glass powder at levels of 0%, 2,5%, 5%, 7,5%, and 10% in each 1 kg paint sample. This study aims to contribute to the development of high waterproofing wall paint that is also environmentally friendly.*

Copyright © 2024 PILARS-UNDIP

## 1. Pendahuluan

Indonesia merupakan negara tropis mengalami 2 musim utama sepanjang tahunnya, musim-musim tersebut terdiri dari musim hujan dan musim kemarau. Saat musim hujan, sering terjadi kerusakan pada cat tembok seperti cat tembok yang rembes. Hal ini terjadi karena cat tembok tidak tahan terhadap air dan tidak memiliki daya serap yang baik, sehingga air hujan dapat meresap melalui cat dan merembes kedalam dinding yang mengakibatkan kerusakan pada cat tersebut. Cat merupakan istilah umum yang digunakan untuk jenis produk yang digunakan untuk melindungi dan memberikan warna pada suatu objek atau permukaan dengan melapisinya dengan lapisan berpigmen (Kristanto, Rubiono, & Mujianto, 2017) Cat tembok juga merupakan salah satu unsur yang penting dalam struktur bangunan agar bangunan dapat terlihat indah karena berwarna. Cat yang dihasilkan memiliki ketahanan warna yang baik terhadap suhu dan memenuhi standar mutu cat tembok (Fachry, 2013). Selain tembok, cat biasa juga dapat diaplikasikan pada besi dan kayu. Warna yang dihasilkan oleh cat biasanya dapat menampilkan suasana yang berbeda-beda tergantung warna yang dipilih. Komponen atau bahan penyusun dari cat terdiri dari binder (resin), pigmen, *solvent*, dan *additive* (Anugerah, 2009).

Pada dasarnya cat tembok terbagi menjadi 2 yaitu cat tembok untuk interior dan cat tembok untuk eksterior, yang mana cat tembok untuk interior tidak dirancang khusus untuk menjadi tahan air atau *waterproof*. Sebaliknya, untuk cat tembok eksterior dirancang khusus menjadi tahan air yang dapat melindungi permukaan tembok dari kelembapan, hujan, dan kondisi cuaca ekstrem (Anugerah, 2009). Menurut (Rifaldhi, 2015), Cat tembok merupakan jenis bahan penutup yang digunakan untuk

melapisi permukaan tembok yang bertujuan untuk memberikan perlindungan, memperindah, dan memberikan warna pada permukaan cat tersebut. Perlindungan cat tembok selama musim hujan penting untuk menggunakan cat dengan sifat tahan air yang baik dan daya serap yang memadai. Selain itu, perawatan yang teratur seperti membersihkan lumut dan jamur dari permukaan cat serta melakukan perbaikan pada keretakan atau retakan segera akan membantu mempertahankan keindahan dan keawetan cat tembok.

Sifat tahan air atau *waterproofing* ini dimiliki oleh serbuk kaca yang mana kaca sendiri memiliki sifat *nonporous* yang berarti tidak berpori, tidak menyerap air (*zero water absorption*), tidak berbentuk partikel yang seragam dan umumnya berbentuk halus, dan dapat digunakan sebagai bahan pengisi atau *filler* cat sehingga dapat membantu mengisi dan menyempurnakan permukaan cat tembok (Nursyamsi, Indrawan, & Hastuty, 2016). *Waterproofing* ialah kemampuan suatu benda atau permukaan untuk mencegah air masuk atau merembes ke dalamnya. Menurut (Iskandar, 2017), *Waterproofing* digunakan untuk menahan atau menolak rembesan air atau bahan cair lainnya dari struktur yang terlapisi. Dalam konteks bangunan, *waterproofing* sering digunakan pada cat dinding atau atap rumah. Istilah *waterproof* pada cat dinding sering kali menjadi salah satu keunggulan produk tersebut. Cat dinding *waterproof* memiliki ketahanan yang lebih lama daripada cat dinding biasa karena dapat melindungi permukaan dari air selama musim hujan. Dengan kata lain, cat dinding *waterproof* memiliki kemampuan yang baik untuk menjaga agar air tidak merusak atau merembes ke dalam dinding, sehingga melindungi struktur bangunan dari kerusakan.

Cat *waterproof* merupakan suatu komponen yang penting dan bahan terbaik bagi suatu bangunan seperti melindungi dinding rumah dari kerusakan. Kerusakan dinding dapat mengganggu tingkat kenyamanan penghuni. Menurut (Moncmanová, 2007), kerusakan pada komponen dinding umumnya disebabkan oleh faktor lingkungan, kesalahan dalam desain dan struktur, atau kualitas material dan pekerjaan yang rendah. Melindungi dari kerusakan-kerusakan seperti rembesan air, retakan pada dinding, dan kerusakan akibat perubahan suhu. Menurut (Hermawan, 2010), karakteristik *waterproofing* diantaranya, tidak lapuk, tahan terhadap perubahan cuaca, mudah dan cepat pelaksanaannya, memiliki ketebalan yang sama, (minimal 4mm). Manfaat menggunakan *waterproofing* untuk dinding ialah mencegah kerusakan yang disebabkan oleh air hujan yang mengandung oksida belerang dan nitrogen, mencegah rembesan sisa-sisa kelembapan dari hujan deras ke dinding bagian dalam, mencegah pembentukan berbagai retakan yang berkembang karena paparan curah panas dan hujan, melindungi dinding eksterior dari kerusakan terkait suhu karena dapat membengkak dan mengerut dengan perubahan suhu, dan tidak mendorong pertumbuhan alga atau jamur yang bergantung pada air.

Maka dari itu tujuan dari penelitian ini diharapkan dapat mengetahui seberapa efisien serbuk kaca mempengaruhi *waterproofing* pada cat. Yang diuji berdasarkan SNI ataupun ASTM yang berlaku, sehingga pemanfaatan serbuk kaca sebagai peningkatan *waterproofing* pada bahan tambah cat ini bisa bermanfaat untuk mengurangi limbah kaca dan menjadi produk yang dapat dirasakan manfaatnya oleh masyarakat luas. Adapun tujuan penelitian ini adalah menganalisis campuran optimum serbuk kaca sebagai penambahan dalam pembuatan cat dan menganalisis hasil uji *waterproofing*, adhesi, resapan air, berat jenis, daya sebar, dan pengujian waktu mengering pada cat yang menggunakan serbuk kaca sebagai bahan *additive*.

## 2. Data dan metode

### 2.1. Metode Penelitian

Pada Penelitian ini penulis menggunakan metode eksperimental. Metode yang digunakan adalah penelitian kuantitatif, berkaitan dengan pengujian adhesi, pengujian Berat Jenis, Pengujian Daya Sebar, pengujian waktu mengering, dan pengujian porositas untuk mengetahui campuran terbaik dan efisien dalam 5 sampel cat yang telah dibuat dengan perbandingan sampel campuran serbuk kaca. Serbuk kaca pada penelitian ini bertujuan sebagai bahan *additive*.

## 2.2. Pengolahan Limbah

Material yang akan dipakai dalam penambahan tambah cat ini ialah serbuk kaca. Serbuk kaca adalah bahan yang terbuat dari limbah kaca yang harus dihancurkan menjadi partikel-partikel kecil berukuran serbuk. Menurut Pusjatan (2019) menyatakan agregat kasar adalah agregat yang tertahan saringan No. 8 (2,36 mm) dan agregat halus adalah agregat yang lolos saringan No. 8 (2,36 mm). serbuk kaca tergolong agregat halus dan harus ditumbuk hingga lolos uji saringan nomor 200 (0,075 mm). Adapun serbuk kaca ditunjukkan pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Serbuk Kaca

## 2.3. Metode Pembuatan Benda Uji

Masukkan air kedalam wadah proses dan pastikan alat pengaduk terendam sempurna sehingga tidak terjadi cipratan yang berlebih saat pengadukan. Mulai pengadukan dan masukkan pengental serbuk (natrosol) sedikit demi sedikit sambil terus diaduk lalu tambahkan larutan NaOH (pH adjuster). lakukan pengadukan selama 3-5 menit hingga larutan mengembang. Masukkan *dispersing agent* (disloid) sambil terus diaduk dan tambahkan *wetting agent* (tipol) sambil terus diaduk. Kemudian masukkan *defoamer* (nofoam) sambil terus diaduk dengan pengadukan selama 2-3 menit. Masukkan TiO<sub>2</sub> dan kaolin sedikit demi sedikit sambil terus diaduk lalu masukkan *filler* (CaCO<sub>3</sub>). Bersihkan dinding tangki dari pigment dan filler yang menempel menggunakan scraper, kemudian cat diaduk hingga mencapai kehalusan yang diinginkan ( $\pm 15$  menit). Masukkan binder, *preservative*, dan *defoamer* (nofoam) berturut turut. Lalu mulai memasukan *Coalescing Agent* (Texanol), *Co-Solvent* (*Ethylene Glycol*), dan kaolin berturut-turut sambil terus diaduk hingga homogen selama  $\pm 5$  menit, kemudian ambil contoh cat untuk diuji kualitasnya.

## 2.4. Metode Pengujian Rembesan Air

Uji *waterproofing* dilakukan untuk mengetahui nilai penurunan air pada area genteng yang direndam selama 1 x 24 jam. Hasilnya dinyatakan dengan besaran penurunan ketinggian yang dinilai dari pengurangan ketinggian sebelum dan sesudah. Pengujian ini menggunakan acuan ASTM C 20 – 00.

## 2.5. Metode Pengujian Adhesi

Pengujian Adhesi dilakukan pada media berupa tembok yang sudah di lapiasi cat dan didiamkan selama 7 hari. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui seberapa banyak cat yang tetap menempel pada tembok. Hasil dari pengujian ini dinyatakan dalam 1A/2A/3A/4A/5A. Pengujian ini menggunakan acuan ASTM D3359.

## 2.6. Metode Pengujian Resapan Air

Pengujian ini dilakukan menggunakan media paving, tujuan dari pengujian ini adalah seberapa banyak paving menyerap air setelah dilakukan pengecatan dengan masing masing variasinya. Hasil dari pengujian ini dinyatakan dalam persen (%). Berdasarkan acuan SNI 1996 nilai minimal yang diperlukan yaitu <6%.

## 2.7. Metode Pengujian Berat Jenis

Berat jenis merupakan pengujian yang memiliki rumus berat benda dibagi dengan volume benda. Pengujian dilakukan didalam toples. Hasil dari pengujian ini dinyatakan dalam satuan g/mL. Pengujian ini berdasarkan SNI 3564 : 2014, yang memiliki nilai minimal sebesar 1,1 g/mL.

## 2.8. Metode Pengujian Daya Sebar

Pengujian daya sebar dilakukan guna mengetahui penggunaan 1 kilogram dapat menjangkau berapa m<sup>2</sup> secara teoritis. Pengujian dilakukan diatas GRC sebagai medianya. Hasil pada pengujian ini memiliki nilai minimal 4 m<sup>2</sup>/Kg berdasarkan SNI 03 - 6861.1 – 2002.

## 2.9. Metode Pengujian Waktu Mengering

Pengujian waktu mengering dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui pada menit keberapa cat tersebut dapat mengering dengan sempurna. Pengujian ini dilakukan pada media GRC. Hasil dari pengujian ini memiliki nilai maksimal kering 30 menit berdasarkan SNI 3564 : 2014.

## 2.10. Job Mix Design

*Job Mix Design* yang digunakan mengacu pada ASTM D3359-02 tahun 2004 yang berkaitan dengan pengujian adhesi, pengujian Berat Jenis sesuai dengan SNI 3564 : 2014, Pengujian Daya Sebar sesuai dengan SNI 03-6861.1-2002, pengujian waktu mengering sesuai SNI 3564 : 2014, dan ASTM C20-00 tahun 2010 untuk pengujian *waterproofing*. Adapun rancangan Job Mix Design Design disajikan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Rancangan *Job Mix Design*

Variasi Cat	Cat (g)	%	Serbuk Kaca (g)
A	1000	0	0
B	1000	2,5	25
C	1000	5	50
D	1000	7,5	75
E	1000	10	100

## 3. Hasil dan pembahasan

### 3.1. Hasil Pengolahan Limbah

Hasil pengolahan limbah dalam pembuatan cat ini dimulai dari pengumpulan limbah kaca yang nantinya dihancurkan dan ditumbuk halus lalu disaring hingga lolos saringan 200. Adapun hasil pengujian agregat halus disajikan pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Hasil Pengujian Agregat Halus

Saringan (mm)	Berat Tertahan (g)	Berat Tertahan (%)	Berat Tertahan Kumultaif (%)	Berat Lolos Saringan Kumulatif (%)
9,5	0,00	0,00	0,00	100
4,75	0,00	0,00	0,00	100
2,36	0,00	0,00	0,00	100
1,18	0,00	0,00	0,00	100
0,6	0,00	0,00	0,00	100
9,5	0,00	0,00	0,00	100

## 3.2. Pengujian Cat

### 3.2.1. Pengujian Rembesan Air

Pengujian rembesan air merupakan salah satu pengujian *waterproofing*. Pengujian ini mengacu kepada SNI 0096:2007. Pengujian dilakukan dengan 3 jenis genteng berbeda yang berjumlah 6 buah. Masing-masing dilakukan pengujian dengan cara genteng 0 (tanpa sampel cat), genteng A (sampel cat dengan serbuk kaca 0%), genteng B (sampel cat dengan serbuk kaca 2,5%), genteng C (sampel cat dengan serbuk kaca 5%), genteng D (sampel cat dengan serbuk kaca 7,5%), dan genteng E (sampel cat dengan serbuk kaca 10%). Genteng dipasang gelas plastik dan dituangkan air setinggi 5cm lalu didiamkan selama 24 jam. Adapun pengujian rembesan air ditunjukkan pada Gambar 2.

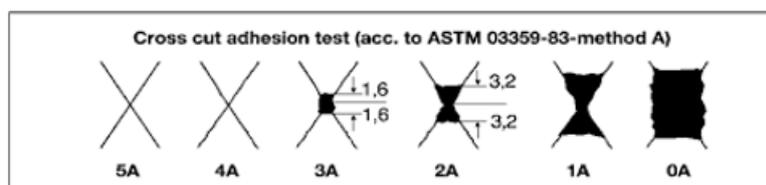


**Gambar 2.** Pengujian Rembesan Air

Berdasarkan hasil uji rembesan air yang dilakukan diatas genteng yang sebelum direndam 1 x 24 jam dilakukan pengecatan pada dasar gelas yang dibiarkan pada suhu ruangan selama 1 x 24 jam, ditemukan bahwa pengujian yang menggunakan genteng Jatiwangi konvensional mengalami penurunan sebesar 0,4 cm, sementara yang menggunakan cat pada dasar gelas tidak terdapat penurunan sama sekali. Sementara pengujian yang menggunakan genteng Kemiri konvensional mengalami penurunan sebesar 0,6 cm, sedangkan yang menggunakan cat pada dasar gelas mengalami penurunan sebesar 0,1 cm. sehingga dapat disimpulkan pengujian rembesan air sesuai dengan SNI 0096:2007 yang lolos uji hanya yang menggunakan genteng Jatiwangi dengan penambahan cat pada dasar gelas. Menurut (Pratiwi, Adi, & Supardi, 2014) Penggunaan serbuk kaca sebagai bahan tambah genteng menyebabkan genteng semakin kedap terhadap rembesan. Dengan bertambahnya serbuk kaca rembesan tidak terjadi karena serbuk kaca mengandung sifat tidak menyerap air atau *zero absorption* (Nursyamsi et al., 2016).

### 3.2.2. Pengujian Adhesi

Pengujian adhesi dilakukan pada media berupa tembok yang berbeda dan sudah dilapisi cat lalu didiamkan selama 7 hari. Pengujian ini mengacu pada ASTM D3359 yang merupakan *coss cut adhesion test metodhe A*. Untuk pengujian adhesi dapat dilihat dari tingkat pengelupasan cat tersebut setelah ditempelkan solatip. Adapun metode *Cross Cut Adhesion Test Method A* ditunjukkan pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Cross Cut Adhesion Test Method A

Berdasarkan hasil uji adhesi yang dilakukan pengecatan pada suatu dinding dan didiamkan hingga 7 hari, menunjukkan bahwa variasi cat A memiliki hasil 5A, variasi cat B memiliki hasil 4A, variasi cat C memiliki nilai 4A, variasi cat D memiliki hasil 5A, sedangkan variasi cat E memiliki nilai 4A. Rata-rata yang di hasilkan pada pengujian adhesi dengan sampel variasi cat A hingga cat E adalah 5A yang mana berarti cat memiliki kualitas yang bagus dan daya rekat cat yang baik. Karena daya rekat cat menunjukkan seberapa kuat lapisan cat yang terbentuk menempel pada permukaan bidang, cat yang memiliki daya rekat tinggi membuat lapisan cat tidak mudah mengelupas (Purnavita, Oktaviananda, Rinihapsari, Wibowo, & Primahendra, 2023).

### 3.2.3. Pengujian Resapan Air

Berdasarkan hasil pengujian resapan air, paving dengan variasi cat A memiliki nilai sebesar 7,979%, yang lebih rendah dari paving konvensional. Paving dengan variasi cat B memiliki nilai 7,451%, yang juga lebih rendah juga dari paving konvensional dan paving variasi cat A. Paving dengan variasi cat C memiliki nilai 7,114%, adalah yang lebih rendah dari paving konvensional, cat A dan cat B. Paving dengan variasi cat D memiliki nilai 6,892%, dimana nilai ini adalah yang terendah diantara konvensional, cat A, cat B dan cat C. Sedangkan paving dengan variasi cat E memiliki nilai 6,587%, yang mana adalah yang terendah dari yang lain.

Daya serap menggunakan paving konvensional dan cat variasi A hingga E tidak ada yang memenuhi syarat SNI - 1996 dengan syarat <6%, namun dapat dilihat bahwa makin banyak serbuk kaca menjadikan cat memiliki daya serap yang semakin rendah. Nilai tersebut merupakan nilai resapan air terendah dari 5 variasi cat waterproofing. Yang mengartikan mengartikan bahwa nilai penyerapan air akan menurun dengan meningkatnya kosentrasi serat kaca yang ditambahkan (Ariyani, 2016).

### 3.2.4. Pengujian Berat Jenis

Berdasarkan hasil pengujian berat jenis menggunakan toples yang diukur berat isinya dan kemudian di bagi dengan volume isi cat tersebut. Hasil dari pengujian berat jenis adalah cat dengan variasi A memiliki nilai 1,559 g/mL, cat dengan variasi B memiliki nilai 1,585 g/mL, cat dengan variasi C memiliki nilai 1,706 g/mL, cat dengan variasi D memiliki nilai 1,790 g/mL dan cat dengan variasi E memiliki nilai 1,740 g/mL. Berdasarkan pengujian tersebut dapat disimpulkan bahwa semua pengujian memenuhi standar SNI 3564 : 2014 dengan syarat minimal 1,1 g/mL.

### 3.2.5. Pengujian Daya Sebar

Berdasarkan hasil pengujian daya sebar yang menggunakan sistem konversi dengan cara membandingkan cat yang digunakan dengan area yang tersebar pada papan GRC, berat jenis dengan variasi cat A memiliki nilai 1,478 g/mL. Variasi cat B memiliki nilai 1,689 g/mL yang mana nilai tersebut lebih tinggi dari nilai variasi cat A. Variasi cat C memiliki nilai 1,975 g/mL yang juga lebih tinggi dari variasi cat A maupun variasi cat B. Variasi cat D memiliki nilai 2,037 g/mL yang paling tinggi dari semua variasi cat. Variasi cat E dengan nilai 2,675 g/mL lebih tinggi nilainya daripada variasi cat A, B maupun C.

Hal ini mengartikan bahwa semua variasi cat telah memenuhi standar SNI 3564 : 2014 dengan minimal berat jenis cat yaitu 1,1 g/mL. Pada penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan serbuk kaca dapat meningkatkan berat jenis pada setiap variasi nya dimana setiap 1 mL nya akan menambahkan massa cat itu sendiri. Semakin tinggi berat jenis, maka mutu cat akan semakin baik dimana hal ini ada hubungannya dengan pengenceran. Jika nilai berat jenis cat tinggi, maka air yang digunakan untuk pengenceran dalam pemakaian pengecatan semakin banyak, dengan demikian akan menghemat pemakaian dan pembelian dalam jumlah besar (Ola, 2017).

### 3.2.6. Pengujian Waktu Mengering

Waktu kering adalah waktu yang diperlukan untuk membentuk lapisan padat kering yang dihitung mulai dari pengecatan pada suatu permukaan bidang (Maulana, 2014). Pengujian waktu

mengering dengan sampel variasi cat A hingga variasi cat E dengan cara mengoleskan cat pada papan GRC dan disentuh tiap menitnya hingga kering menyeluruh, menunjukkan bahwa rata-rata kering sentuh sempurna pada menit ke-4. Berdasarkan SNI 3564 : 2014 syarat untuk kering sentuh berada pada maksimal 30 menit, yang mana pada pengujian waktu mengering pada semua sampel telah memenuhi syarat. Berdasarkan hasil dari ke-6 pengujian dengan 5 sampel dan variasi cat diatas memiliki hasil yang disajikan pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Hasil Pengujian Variasi Cat

N o.	Pengujian	Acuan	Syarat Uji	0	A	B	C	D	E
1	Rembesan Air								
	Genteng Garuda 1	SNI 0096 : 2007	Tidak Terjadi rembesan	0,2 mL (TM)	(M)	(M)	(M)	(M)	(M)
	Genteng Garuda 2			0,3 mL (TM)	(M)	(M)	(M)	(M)	(M)
	Genteng Garuda 3			0,2 mL (TM)	(M)	(M)	(M)	(M)	(M)
	Genteng Jatiwangi 1			0,4 mL (TM)	(M)	(M)	(M)	(M)	(M)
	Genteng Jatiwangi 2			0,3 mL (TM)	(M)	(M)	(M)	(M)	(M)
	Genteng Jatiwangi 3			0,3 mL (TM)	(M)	(M)	(M)	(M)	(M)
2	Adhesi 1			ASTM D3359	-	-	5A	4A	4A
	Adhesi 2	-	5A			5A	5A	5A	5A
	Adhesi 3	-	5A			5A	5A	5A	5A
3	Resapan Air	SNI - 1996	<6%	8,399% (TM)	7,979% (TM)	7,451% (TM)	7,114% (M)	6,892% (TM)	6,587% (TM)
4	Berat Jenis	SNI 3564 : 2014	1,1 g/mL	-	1,478 g/mL (M)	1,689 g/mL (M)	1,975 g/mL (M)	2,037 g/mL (M)	2,092 g/mL (M)
5	Daya Sebar	SNI 03 - 6861.1 - 2002	4 m <sup>2</sup> /Kg	-	7,356 m <sup>2</sup> /Kg (M)	6,822 m <sup>2</sup> /Kg (M)	6,274 m <sup>2</sup> /Kg (M)	6,011 m <sup>2</sup> /Kg (TM)	5,553 m <sup>2</sup> /Kg (M)
6	Waktu Mengering	SNI 3564 - 2014	<30 menit	-	4 menit (M)	4 menit (M)	4 menit (M)	4 menit (M)	4 menit (M)

M = Memenuhi

TM = Tidak Memenuhi

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan enam pengujian diatas didapatkan hasil dan pembahasan, maka bisa di tarik kesimpulan sebagai berikut.

- 1) Dari hasil pengujian rembesan air pada genteng yang dilapisi oleh cat *waterproofing*, tidak didapatkan penurunan kecuali genteng yang tidak dilapisi cat. Hal ini sudah memenuhi persyaratan sesuai SNI 0096 : 2007.
- 2) Pengujian adhesi didapatkan nilai 5A pada semua variasi cat. Yang mana nilai 5A tersebut tidak terjadi pengelupasan pada cat tersebut ketika di uji. Klasifikasi nilai adhesi mengacu pada ASTM D3359 tentang *cross cut adhesion method A*.
- 3) Pengujian resapan air, semua sampel tidak memenuhi SNI - 1996 dikarenakan pada hasil pengujian melebihi 6% kadar penyerapan.
- 4) Pengujian berat jenis semua variasi cat telah memenuhi persyaratan yaitu memiliki berat jenis diatas 1,1 g/mL sesuai dengan SNI 3564 : 2014.
- 5) Pengujian daya sebar, semua variasi cat telah memenuhi persyaratan SNI 03 - 6861.1 - 2002 yaitu mempunyai ukuran daya sebar minimal 4 m<sup>2</sup>/Kg.

- 6) Pengujian waktu mengering, semua variasi cat telah memenuhi standar SNI 3564 : 2014 yang mana maksimal waktu mengering cat ialah 30 menit.

Cat dengan variasi cat E dengan penambahan serbuk kaca sebanyak 10% adalah kandungan cat dengan variasi yang paling optimum dari variasi lainnya, karena dapat lolos pada semua pengujian. Cat variasi E memiliki nilai *waterproofing* yang tidak mengalami penurunan sama sekali (0 mL), pengujian adhesi memiliki nilai 5A, pengujian serap air sebesar 6,431%, pengujian berat jenis sebesar 1,740 g/mL, pengujian daya sebar dengan nilai 4,359 m<sup>2</sup>/Kg, dan pengujian waktu mengering selama 4 menit. Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat mampu mengurangi limbah kaca dan dapat diolah kembali menjadi serbuk kaca kemudian dicampurkan kedalam cat supaya menjadi cat yang mengandung *waterproofing*.

## Ucapan terima kasih

Terima kasih kepada Ibu Riza Susanti, S.T., M.T. dan Bapak Drs. Hartono, M.T. selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah membimbing, memberikan saran atau masukan selama proses penelitian. Selain itu, terima kasih kepada pihak-pihak terkait yang memiliki peranan dalam penelitian ini. Dalam penyusunan penelitian ini, kami menyadari masih jauh dari kata sempurna. Besar harapan kami untuk hasil penelitian ini dapat bermanfaat bagi publik dalam memberikan hal baru dan dampak positif bagi perkembangan material di bidang konstruksi.

## Referensi

- Anugerah, F. (2009). *Pengertian Cat, Komponen Penyusun Cat, Jenis-jenis Cat, Kualitas Cat*.
- Ariyani, T. (2016). Pengaruh Penambahan Serat Kaca Terhadap Kekasaran Permukaan Dan Penyerapan Air Bahan Basis Gigi Tiruan Nilon Termoplastik. *Dentika Dental Journal*, 19(1), 71-77.
- Fachry. (2013). *Ekstraksi Senyawa Kurkuminoid dari Kunyit (Curcuma Longa Linn) sebagai Zat Pewarna Kuning pada Proses Pembuatan Cat (Skripsi)*. Universitas Sriwijaya, Palembang.
- Hermawan, A. (2010). 11.pek Waterproofing. Retrieved 14 July 2023, from <https://www.scribd.com/doc/41864353/11-Pek-Waterproofing>
- Iskandar, V. (2017). Jenis Waterproofing. Retrieved 5 July 2023, from <https://docplayer.info/43711553-Waterproofing-jenis-%20waterproofing.html>
- Kristanto, Y., Rubiono, G., & Mujianto, H. (2017). Pengaruh Diameter Nossel Spraygun terhadap Efisiensi Pengecatan. *Jurnal V-Mac*, 2(1), 5-8.
- Maulana, F. (2014). Studi Pembuatan Cat Tembok Emulsi dengan Menggunakan Kapur sebagai Bahan Pengisi. *Jurnal Rekayasa Kimia Dan Lingkungan*, 10, 63-69.
- Moncmanová, A. (2007). *Environmental Deterioration of Materials*. Boston: WIT Press.
- Nursyamsi, Indrawan, I., & Hastuty, I. P. (2016). Pemanfaatan Serbuk Kaca sebagai Bahan Tambah dalam Pembuatan Batako. *Media Teknik Sipil*, 14(1), 84-95.
- Ola, A. L. (2017). Pemanfaatan Kaolin Dalam Pembuatan Cat Tembok Menggunakan 'Emulsifier' Na- Silikat dan Perikat Polivinil Asetat. *Jurnal Riset Teknologi Industri*, 11(1), 59-65.
- Pratiwi, C., Adi Sambowo, K., & Supardi. (2014). Tinjauan Beban Lentur dan Rembesan Air Pada Genteng Dengan Bahan Tambah Limbah Serbuk Kaca. *E-Jurnal Matriks Teknik Sipil*, 2, 85-90.
- Purnavita, S., Oktaviananda, C., Rinihapsari, E., Wibowo, P., & Primahendra, S. (2023). Pengaruh Jumlah Pengemulsi pada Pembuatan Cat Emulsi Berbasis Bahan Alami Kasein dari Susu Sapi. *Metana : Media Komunikasi Rekayasa Proses Dan Teknologi Tepat Guna*, 19, 13-20.
- Rifaldhi, A. (2015). *Pembuatan Cat Tembok dari Getah Karet (Hevea Brasilinsis)* (Laporan Akhir). Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang.



## Analisis pengaruh penggunaan serbuk limbah *glasswool* pada campuran plesteran untuk meningkatkan kekedapan suara

M. Astu Narendra Kusuma<sup>a\*</sup>, Rizqi Fajar Ekananda<sup>b</sup>, Shifa Fauziyah<sup>c</sup>, Asri Nurdiana<sup>d</sup>

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

### ARTICLE INFO

#### Corresponding author:

Email:

[astunarendra169@gmail.com](mailto:astunarendra169@gmail.com)  
[rizqifajareka@gmail.com](mailto:rizqifajareka@gmail.com)

#### Article history:

Received : 25 August 2023

Revised : 20 December 2023

Accepted : 10 January 2024

Publish : 22 March 2024

#### Keywords:

Compressive Strength , Glasswool,  
Plastering

### ABSTRACT

Noise pollution is a nuisance to the environment caused by sound or sound which causes unrest in the living things around it. According to the World Health Organization (WHO), noise levels above 85 dB with exposure for more than 8 hours are hazardous to health. When excessive, noise pollution can lead to increased stress, sleep disturbances, and even hearing damage. the result of this feeling of stress also affects mental health, for example, more irritable, anxious, frustrated, etc. Not only adults, children are also very vulnerable to the negative effects of this noise pollution. Based on this, an innovation emerged that could be a solution, namely the use of glasswool in plaster mixes to improve soundproofing. The purpose of this research is to increase the level of soundproofing in a room. In this study, the experimental method will be used with the addition of glasswool to the stucco mixture with a variation of the addition of 20% glasswool from cement with a total of 12 specimens. Test object in the form of a cube measuring 15 cm x 15 cm to test the compressive strength of concrete and a modified cube measuring 25 cm x 25 cm to test soundproofing, and a compressive strength test was carried out at the age of +7 days. It is hoped that by conducting this research noise pollution can be reduced every year, and can achieve compressive strength that meets SNI 03-2837-2002.

Copyright © 2024 PILARS-UNDIP

## 1. Pendahuluan

Plesteran merupakan bagian dari pekerjaan finishing yang dilakukan untuk melapisi dinding rumah atau gedung. Plesteran terbuat dari beberapa bahan material tertentu seperti pasir, semen, dan air. Biasanya pekerjaan plesteran dikerjakan setelah pemasangan batu bata atau hebel pada dinding, dan pengerjaannya tidak boleh dilakukan secara asal – asalan dikarenakan plesteran termasuk hal yang sangat penting untuk mempermudah proses pengerjaan finishing tahap selanjutnya. Plesteran memiliki beberapa fungsi yaitu melindungi dari panas matahari dan hujan, selain itu juga dapat menambahkan kekuatan pada dinding serta dapat menjadi peredam suara yang meminimalisir suara bising dari luar rumah atau Gedung

Suara merupakan suatu gelombang bunyi yang dirambatkan sebagai gelombang mekanik longitudinal yang dapat menjalar melalui media padat, cair, dan gas (Alfarizky, 2015). Suara yng memiliki intensitas tinggi menyebabkan kebisingan dan polusi lingkungan. Oleh karena itu, dibutuhkan material yang mampu meredam polusi suara. Kebisingan merupakan salah satu pencemaran lingkungan yang dapat menyebabkan masalah pendengaran. Kebisingan dapat berasal dari mana saja, salah satunya adalah mesin – mesin industri, transportasi umum (kereta, pesawat, kapal). Berdasarkan Nilai Ambang Batas (NAB) menurut Keputusan Menteri Tenaga Kerja Kep-51/MEN/1999 bahwa batas maksimum kebisingan dalam area kerja adalah 85 dB tanpa menggunakan penutup telinga dalam waktu 8 jam/hari (Health, 1998). Jika lebih dari itu maka pendengaran manusia akan

terpapar kebisingan. Pada beberapa bangunan, untuk meredam suara digunakan material tambahan peredam suara pada dinding – dinding bangunan. Peredam suara yang digunakan biasanya terbuat dari *glasswool*. *Glasswool* adalah material berbahan dasar *fiberglass* atau serat kaca dengan tekstur mirip seperti bulu domba yang digunakan untuk peredam suara. Bahan ini cukup dikenal sebagai bahan terbaik untuk meredam suara yang sangat efektif, selain itu juga tidak menimbulkan bau bau aneh sehingga sangat nyaman dan aman saat digunakan. Pada penelitian ini menggunakan limbah *glasswool* sebagai substitusi pasir untuk meningkatkan kekedapan suara yang lebih optimal.

Dalam penelitian sebelumnya, telah dikembangkan bahan dasar dalam material komposit untuk peredaman suara, salah satunya adalah serat serabut kelapa yang mampu meredam suara dengan efektif. (Wilujeng, A., Ulfiyah, L., Annafiyah, A., & Taqiuddin, M., 2022). Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji plesteran yang di inovasi dengan penambahan *glasswool*, untuk mengurangi polusi suara pada ruangan rumah atau gedung.

## **2. Data dan metode**

### **2.1. Metode Penelitian**

Penulis menggunakan metode eksperimen, yang dimulai dengan literatur studi sebagai metode pengumpulan data, pengumpulan informasi yang dilakukan dengan mencari referensi dan literatur yang relevan. Penulis melakukan penelitian mengenai bahan-bahan penyusun mortar yang mengacu pada SNI 03-6882-2002, sementara penelitian mengenai bahan substitusi digunakan serbuk limbah *glasswool* merujuk pada jurnal baru yang berhubungan dengan kekedapan suara. Setelah itu, penulis melakukan penelitian eksperimen di laboratorium.

### **2.2. Pengujian Kelayakan Material**

Pengujian kelayakan material dilakukan untuk mengetahui apakah material yang digunakan sudah memenuhi persyaratan sesuai dengan standar. Pengujian material dilakukan terhadap agregat halus. Pengujian gradasi dilakukan untuk menentukan ukuran dengan mematuhi standar SNI 03-1968-1990 dan memeriksa kandungan lumpur sesuai dengan SNI S-04-1989-F. Menurut standar tersebut, agregat halus tidak boleh melebihi 5%, apabila memiliki kadar lumpur diatas 5%, maka perlu mencuci agregat halus tersebut.

### **2.3. Pengolahan Limbah *Glasswool***

Limbah *glasswool* yang digunakan pada pembuatan plesteran menggunakan limbah *glasswool* yang berasal dari limbah bekas knalpot. Langkah dalam pengolahan limbah *glasswool* dengan cara dihaluskan menggunakan cara ditumbuk. Setelah sudah halus, limbah *glasswool* disaring menggunakan saringan no.100. Untuk penggunaan limbah *glasswool* yang akan dicampurkan menggunakan campuran dengan presentase 0%, 1%, 1,5%, dan 2%.

### **2.4. Persiapan Material**

Sebelum dipakai untuk bahan tambah pada pengujian, serbuk *Glasswool* diolah terlebih dahulu. *glasswool* dihancurkan dengan cara ditumbuk terlebih dahulu kemudian dihaluskan kembali, dan dilakukan penyaringan dengan saringan no. 200 hingga menjadi serbuk.

### **2.5. Jox Mix Design**

*Mix Design* pada pembuatan plesteran mengacu pada penelitian terdahulu sebagai acuan referensi. Berdasarkan hasil penelitian dari berbagai jurnal yang didapatkan persentase rata-rata *Glasswool* semen mencapai kuat tekan optimum sebesar 2% . Benda uji yang dipakai pada penelitian ini berupa cetakan mortar dengan ukuran 5x5x5 cm yang menggunakan proporsi bahan campuran 1semen : 4 pasir, dengan menggunakan *glasswool* sebagai bahan substitusi pasir. Komposisi *job mix design* disajikan pada Table 1.

**Tabel 1.** *Job Mix Design*

No.	Variasi	Air (ml)	Semen (gram)	Pasir (gram)	Gglasswool (gram)
1	A	50	78,75	140	-
2	B	50	78,75	138,6	25
3	C	50	78,75	137,6	37,5
4	D	50	78,75	137,2	50

### 3. Hasil dan pembahasan

#### 3.1. Hasil pengujian material

Material agregat halus dilakukan dua macam pengujian, yaitu uji saringan dan kadar lumpur. Berikut adalah rekapitulasi hasil pengujian dari pengujian agregat halus diuraikan pada Tabel 2. Setelah material diuji dan memenuhi standart yang berlaku, selanjutnya benda uji dibuat dengan empat variasi yaitu variasi A (0% *glasswool*), variasi B (1% *glasswool*), variasi C (1,5% *glasswool*), variasi D (2% *glasswool*), masing masing variasi membuat benda uji sebanyak 5.

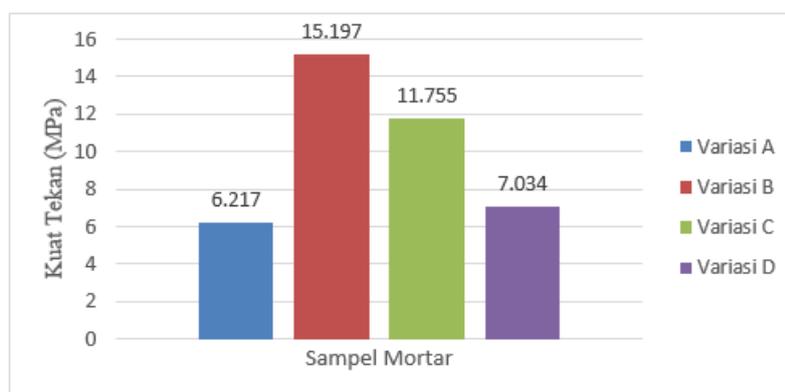
**Tabel 2.** Rekapitulasi Hasil Pengujian Agregat Halus

Jenis Pengujian	Hasil	SNI Acuan	Syarat	Keterangan
Uji Saringan	2,35	SNI 03-1968-1990	Maksimum 4,76	Memenuhi
Uji Kadar Lumpur	96%	SNI S-04-1998-F	>70%	Memenuhi

Pembuatan benda uji mortar dengan cara menimbang terlebih dahulu bahan bahan yang akan dipakai sesuai dengan *job mix design*, setelah itu mencampurkan bahan bahan dasar pembuat mortar ke dalam satu wadah dan aduk hingga merata, tuangkan air secara perlahan dan diaduk secara bersamaan, jika sudah merata tuangkan adonan tersebut kedalam cetakan benda uji secara merata, diamkan selama 24 jam dan terakhir lakukan *curing* sesuai dengan *test* yang akan dilakukan.

#### 3.2. Hasil pengujian kuat tekan

Benda uji yang akan digunakan untuk pengujian kuat tekan direndam selama 14 hari dalam bak rendaman, untuk uji kuat tekan mortar pada umur 14 hari menggunakan mesin *compression strength* berdasarkan SNI 03-6825- 2002. Berikut hasil uji kuat tekan pada umur 14 hari disajikan pada Gambar 1.

**Gambar 1.** Grafik uji kuat tekan

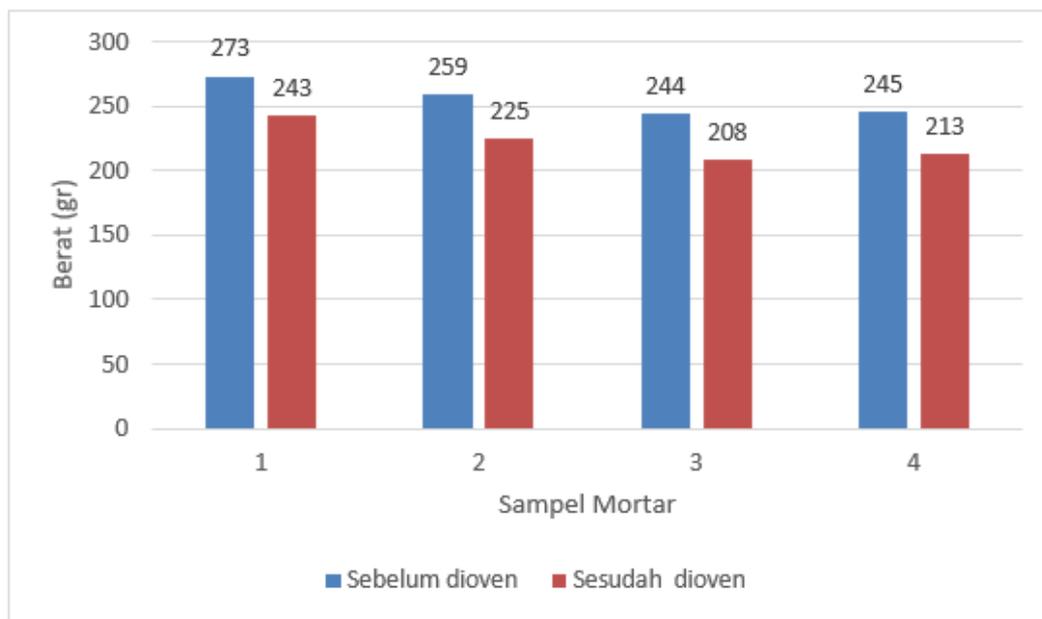
Berdasarkan hasil uji kuat tekan mortar pada variasi A sampai D menghasilkan kuat tekan dengan perbedaan yang cukup jauh tetapi masih sesuai dengan spesifikasi kuat tekan mortar yang berpedoman pada SNI 03-6882-2002 tipe N yaitu 5,2 MPa dan memenuhi persyaratan. Terdapat kuat

tekan paling tinggi dihasilkan oleh variasi B (campuran *glasswool* 1%) yaitu 15,197 MPa, kemudian variasi A yaitu 6,217 MPa yang paling kecil namun masih memenuhi syarat SNI 03-6882-2002.

Mortar inovasi yang mempunyai kuat tekan mendekati dengan mortar konvensional adalah mortar D dengan substitusi 2% serbuk limbah *glasswool* sebesar 7,034 MPa, hal ini disebabkan karena *glasswool* memiliki sifat yang hampir sama dengan pasir dan memiliki campuran yang pas daripada campuran lainnya. Dapat disimpulkan bahwa kuat tekan mortar jika serbuk limbah *glasswool* disubstitusikan kedalam pasir terlalu banyak maka akan mempengaruhi hasil kuat tekan tersebut, semakin banyak limbah *glasswool* maka kuat tekan akan semakin rendah hasilnya.

### 3.3. Hasil pengujian daya serap air

Pengujian serap air bertujuan untuk mengetahui besar kemampuan benda uji dalam menyerap air. Berikut hasil uji kuat tekan pada umur 28 hari disajikan pada Gambar 2.

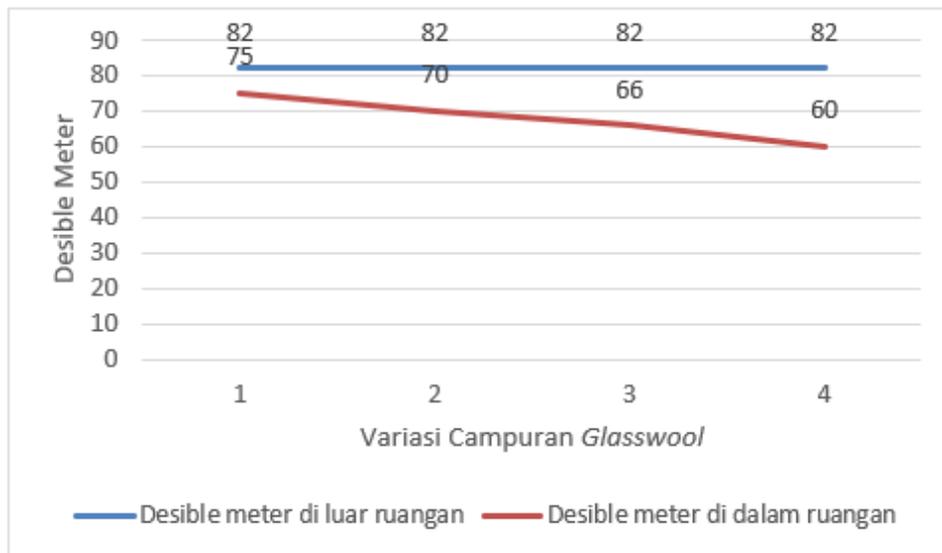


**Gambar 2.** Grafik uji daya serap air

Menurut penelitian yang dilakukan (Adetia,2020) menyebutkan bahwa penyerapan air yang tinggi akan menyerap lebih banyak air pada mortar, dapat mengurangi kerekatan pada mortar. Kurang merekatnya mortar akan mempengaruhi daya tahannya terhadap penetrasi air hujan serta menurunnya kuat tekan pada mortar (Winata dan Kusuma, 2006). Hasil pengujian yang telah dilakukan mortar A (konvensional atau 0% *glasswool*) menghasilkan serap air paling rendah diantara mortar inovasi B sampai D yaitu sebesar 12,3%. Sedangkan hasil pengujian yang menghasilkan serap air paling besar adalah mortar variasi C dengan campuran substitusi 1,5% *glasswool* terhadap pasir, hal ini dikarenakan sifat dari serbuk limbah *glasswool* mudah menyerap air daripada pasir. Sehingga dapat disimpulkan penambahan serbuk limbah *glasswool* pada substitusi pasir kurang efektif dalam mengurangi penyerapan air.

### 3.4. Pengujian kekedapan suara

Pengujian kekedapan suara bertujuan untuk mengetahui apakah plesteran yang dicampur dengan *glasswool* berfungsi dengan baik atau sebaliknya. Pengujian ini menggunakan alat desible sound meter, yang dimasukkan kedalam hebel ukuran 30 x 20 cm dengan ketebalan 7,5cm pada masing masing hebel. Pengujian ini dilakukan setelah 1 hari pelapisan plesteran pada hebel. Adapun hasil pengujian *sound level* meter ditunjukkan pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Grafik uji kekedapan suara

### 3.5. Biaya material

Biaya material berdasarkan acuan *website* Dinas PU Bina Marga dan Cipta Kerja di Kota Semarang Harga Satuan Pekerjaan Konstruksi edisi ke-1 tahun 2023.

- a) Tabel 3 menunjukkan biaya pembuatan benda uji mortar dengan campuran *glasswool* 0%. Adapun diketahui bahwa harga mortar dengan campuran *glasswool* 0% memiliki harga satuan senilai Rp. 655,67.

**Tabel 3.** Analisis harga mortar A per 1m<sup>3</sup>

Material	Koefisien	Satuan	Harga Satuan (Rp.)	Harga Jumlah (Rp.)
Semen	0,07875	kg	1.400,00	110,25
Pasir	0,14	kg	833,00	116,62
Air	0,50	ml	333-	166,5
glasswool	0,0	kg	0	0
Alat				65,61
Upah				196,69
Total				655,67

- b) Tabel 4 menunjukkan biaya pembuatan benda uji mortar dengan campuran *glasswool* 1%. Adapun diketahui bahwa harga mortar dengan campuran *glasswool* 1% memiliki harga satuan senilai Rp. 653,66.

**Tabel 4.** Analisis Harga mortar B per 1m<sup>3</sup>

Material	Koefisien	Satuan	Harga Satuan (Rp.)	Harga Jumlah (Rp.)
Semen	0,07875	kg	1.400,00	110,25
Pasir	0,1386	kg	833,00	115,45
Air	0,50	ml	333-	166,5
glasswool	0,025	kg	0	0
Alat				65,36
Upah				196,1
Total				653,66

- c) Tabel 5 menunjukkan biaya pembuatan benda uji mortar dengan campuran *glasswool* 1,5%. Adapun diketahui bahwa harga plesteran di hebel dengan campuran *glasswool* 1,5% memiliki harga satuan senilai Rp. 652,55.

**Tabel 5.** Analisis Harga mortar C per 1m<sup>3</sup>

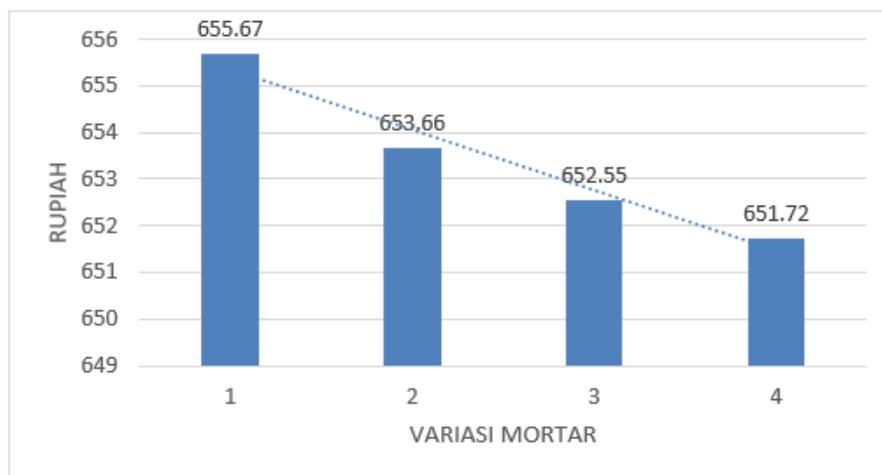
Material	Koefisien	Satuan	Harga Satuan (Rp.)	Harga Jumlah (Rp.)
Semen	0,07875	kg	1.400,00	110,25
Pasir	0,1379	kg	833,00	114,87
Air	0,50	ml	333-	166,5
glasswool	0,0375	kg	0	0
Alat				65,12
Upah				195,81
Total				652,55

- d) Tabel 6 menunjukkan biaya pembuatan benda uji mortar dengan campuran *glasswool* 2%. Adapun diketahui bahwa harga mortar dengan campuran *glasswool* 2% memiliki harga satuan senilai Rp. 651,72.

**Tabel 6.** Analisis harga mortar D per 1m<sup>3</sup>

Material	Koefisien	Satuan	Harga Satuan (Rp.)	Harga Jumlah (Rp.)
Semen	0,07875	kg	1.400,00	110,25
Pasir	0,14	kg	833,00	114,28
Air	0,50	ml	333-	166,5
glasswool	0,05	kg	0	0
Alat				65,17
Upah				195,52
Total				651,72

Setelah semua harga/biaya didapatkan maka dapat ditampilkan dengan menggunakan gambar grafik yang ditunjukkan pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Analisis harga mortar

Dapat disimpulkan bahwa harga mortar konvensional mengeluarkan biaya sebesar Rp. 655,67. Sementara hasil perhitungan biaya untuk mortar inovasi lebih murah sebesar Rp. 651,72 untuk membuat mortar D, disebabkan substitusi serbuk limbah *glasswool* pada campuran mortar yang menyebabkan penggunaan pasir mortar berkurang. Sehingga mortar inovasi mempunyai harga yang lebih rendah dari mortar konvensional.

#### 4. Kesimpulan

Plesteran dengansubstitusi *glasswool* pada pasir mampu mengurangi kebisingan. Semakin banyak campuran serbuk limbah *glasswool* maka semakin kedap. Di penelitian ini campuran variasi yang paling optimal dalam meredam kebisingan suara secara optimal yaitu campuran D dengan campuran serbuk limbah *glasswool* sebesar 2%. Hal ini disebabkan oleh kerapatan serbuk limbah *glasswool* lebih besar dari pada pasir biasa.

#### Ucapan terima kasih

Terima kasih kami ucapkan kepada Allah SWT, dosen pembimbing Ibu Shifa Fauziyah, S.T., M.T. dan Ibu Asri Nurdiana, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah membimbing, memberikan saran atau masukan selama proses penelitian. Selain itu, terima kasih kepada pihak-pihak terkait yang memiliki peranan dalam penelitian ini. Dalam penyusunan penelitian ini, kami menyadari masih jauh dari kata sempurna.

#### Referensi

- Widia, N.J., Anisah, A., Sales, R. (2020) 'Pemanfaatan Limbah Cangkang Kerang Hijau Dengan Variasi Suhu Pembakaran Sebagai Bahan Pengganti Sebagian Semen Pada Pembuatan Beton.' Skripsi. Universitas Negeri Jakarta.
- Handayasari, I., Puspa, A.G., Putri, D. (2018), 'Bahan Konstruksi Ramah Lingkungan Dengan Pemanfaatan Limbah Botol Plastik Kemasan Air Mineral Dan Limbah Kulit Kerang Hijau Sebagai Campuran Paving Block'. Skripsi. Universitas Muhammadiyah Jakarta.
- Mayasin, L.D. (2021) Kajian Perbandingan Biaya Dan Waktu Pelaksanaan Pada Pekerjaan Dinding Non Struktural Dengan Material Bata Merah, Bata Ringan, Dan Drywall. Institut Teknologi Nasional.
- Wilujeng, A., Ulfyah, I., Annafiyah, A., Taquidin, M. (2022) 'Pembuatan Material Komposit Berbahan Dasar Sabut Kelapa dan Jerami Padi Sebagai Peredam Kebisingan'. Skripsi. Politeknik Gorontalo
- Dirgayusa, P,I,G,N,G., Wayan, S, I., Komang, S, I. (2021) 'Uji Eksperimental Perbandingan Kuat Tekan Mortar Normal Dengan Mortar Menggunakan Bahan Substitusi Kaca'. Skripsi. Politeknik Negeri Bali.
- Sutanto, P. (2020) 'Analisis Pengaruh Penambahan Limbah Pecahan Kaca Terhadap Campuran Mortar'. Skripsi. Universitas Palembang.
- Ari, W, H., Yusman, S. (2022) 'Pengaruh Penambahan Limbah Botol Kaca Terhadap Daya Serap Air dan Uji Kuat Tekan Batu Bata Merah'. Skripsi. Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat.
- Sutrisno, W. (2017) 'Pengaruh Bahan Tambah Serbuk Kaca Pada Mortar', pp. 17-25.
- Stukhart, G. (1995). Construction Materials Management. New York: MarcelDekker, Inc.
- Badan Standarisasi Nasional. SNI 03-6825-2002. (2002). *Metode Pengujian Kekuatan Tekan Mortar Semen*.
- Badan Standarisasi Nasional. SNI 03-1968-1990. (1990). *Analisa Saringan Agregat Halus dan Kasar*.
- Badan Standarisasi Nasional. SNI S-04-1989-F. (1989). *Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A*.
- Badan Standarisasi Nasional. SNI 03-6882-2002. (2002). *Spesifikasi Mortar Untuk Pekerjaan Pasangan*.
- Badan Standarisasi Nasional. SNI 2049:2015. (2015). *Semen Portland*.
- Badan Standarisasi Nasional SNI 03-6820-2002 (2002). *Spesifikasi Agregat Halus Untuk Pekerjaan Adukan dan Plesteran Dengan Bahan Dasar Semen*.



## Perencanaan ulang rumah susun tenaga pendidik Universitas GadjahMada dengan konsep *building information modeling (bim)* 5D

Yogi Hardianto<sup>a\*</sup>, Ilham Muhammad Islam<sup>b</sup>, Bambang Setiabudi<sup>c</sup>, Asri Nurdiana<sup>d</sup>

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

### ARTICLE INFO

#### Corresponding author:

Email:

[ilhammuhammadislam3@gmail.com](mailto:ilhammuhammadislam3@gmail.com)

#### Article history:

Received : 28 August 2023

Revised : 20 December 2023

Accepted : 10 January 2024

Publish : 22 March 2024

#### Keywords:

BIM, Building, Construction

### ABSTRACT

*The innovative development in construction technology has introduced a system called Building Information Modeling (BIM), which can facilitate processes from pre-construction to post-construction. Therefore, this research focuses on the redesign of the University of Gadjah Mada's Faculty Housing Tower using the integrated BIM concept, based on structural analysis with ETABS and modeling with Tekla Structures. The redesign is carried out according to SNI 2847-2019 for concrete building structures, SNI 1727-2020 for loading requirements, and SNI 1726-2019 for seismic resilience standards. This redesign produces a structural analysis to assess the structural feasibility of the building. The 3D design modeling is performed using Tekla software, which can generate 2D designs for Detail Engineering Design, as well as provide the necessary volume of work for cost estimation (RAB calculation). Additionally, the software allows for scheduling and work simulation. The redesign of the University of Gadjah Mada's Faculty Housing Tower results in a budget plan of IDR 24,274,962,257.00, calculated using Quantity Take Off from the Tekla Structures software. The scheduling and work implementation simulation for the structural components are also done using Tekla Structures software. The duration of this redesign project is estimated to be 4 months and 2 weeks, starting from the preparation phase to the completion of the roof structure.*

Copyright © 2024 PILARS-UNDIP

## 1. Pendahuluan

Perencanaan pembangunan merupakan langkah awal yang penting sebelum pelaksanaan konstruksi. Pada proyek konstruksi kerap ditemukan permasalahan pada tahap perencanaan ataupun saat pelaksanaannya. Kesalahan desain, keterlambatan peralatan dan bahan, serta estimasi biaya yang tidak akurat menjadi faktor yang sering menimbulkan konflik dalam pelaksanaan proyek (Susila dkk, 2015). Perencanaan dan koordinasi dalam pelaksanaan pembangunan harus dilakukan dengan baik untuk mencegah atau meminimalisir permasalahan yang dapat mengganggu produktivitas dan kesuksesan proyek konstruksi.

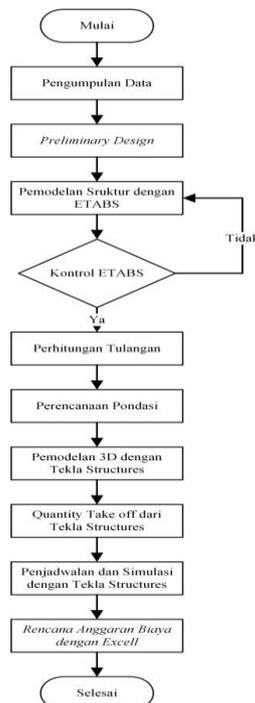
Perkembangan teknologi konstruksi berinovasi menghadirkan sistem bernama *Building Information Modeling (BIM)* yang dapat membantu mempermudah proses sebelum konstruksi sampai dengan setelah masa konstruksi. Penggunaan BIM jika dibandingkan dengan metode konvensional dapat mempercepat waktu perencanaan proyek sebesar  $\pm 50\%$ , mengurangi kebutuhan SDM sebesar 26,66% dan menghemat pengeluaran biaya untuk personil sebesar 52,25% (Adhi, 2016). BIM juga dapat mempermudah komunikasi, kolaborasi dan koordinasi para pemangku jabatan yang terlibat dalam tim proyek konstruksi (Rafli, 2018). *Building Information Modeling (BIM)* dapat digunakan

sebagai solusi terkini dalam mengatasi berbagai potensi permasalahan di bidang konstruksi dengan cara mengelola data-data penting dalam proses perencanaan konstruksi yang terintegrasi pada pemodelan 3D dengan tingkat akurasi yang tinggi.

Pada jurnal ini akan dijelaskan perencanaan bangunan gedung tahan gempa dengan penerapan Building Information Modeling (BIM) menggunakan *software Tekla Structures* untuk membuat model 3D, dengan analisis struktur atas menggunakan *software ETABS* yang mengacu pada SNI terkait. Perencanaan bangunan ini mengimplementasikan *Building Information Modeling* (BIM) dalam perencanaan Rumah Susun Tenaga Pendidik Universitas Gadjah Mada setinggi 6 lantai. Sebagaimana yang tertera dalam Permen PUPR No. 22 Tahun 2018, “Penerapan *Building Information Modeling* (BIM) di lingkungan Kementerian PUPR mulai dilakukan pada Bangunan Gedung Negara (BGN) dengan luas diatas 2000 m<sup>2</sup> dan diatas dua lantai”. Tujuan perencanaan bangunan gedung ini akan dihasilkan rencana struktur atas dan struktur bawah yakni desain struktur pondasi, *pile cap* kolom, balok dan plat, pemodelan 3D, Rencana Anggaran Biaya (RAB) dan simulasi penjadwalan.

## 2. Data dan metode

Bangunan ini direncanakan sebagai rumah susun untuk tenaga pendidik Universitas Gadjah Mada yang berlokasi di lingkungan kampus Universitas Gadjah Mada. Jenis struktur portal beton bertulang dengan tipe Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Jumlah lantai yang direncanakan yaitu 6 lantai dengan ketinggian bangunan 23,6 meter. Pedoman yang dipakai dalam perencanaan ini yaitu Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983, SNI 2847-2019 tentang persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung, SNI 2847-2013 tentang persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung, SNI 1726-2019 tentang tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung, SNI 1727-2020 tentang beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain. Tahapan perencanaan dimulai dari perancangan struktur atas, analisis struktur menggunakan *ETABS*, perencanaan struktur bawah, kemudian dilanjutkan dengan membuat model 3D menggunakan *Tekla Structures*, melakukan rekapitulasi volume pekerjaan, perancangan Rencana Anggaran Biaya (RAB) dan merancang penjadwalan proyek dengan *Tekla Structures*. Metode dalam perencanaan Rumah Susun Tenaga Pendidik Universitas Gadjah Mada ini ditunjukkan pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Alur perencanaan

Berdasarkan SNI 2847-2019 tabel 19.2.1.1, batasan mutu beton minimum ( $f_c'$ ) untuk struktur Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dengan jenis beton berat normal diizinkan

menggunakan nilai  $f'_c$  minimum sebesar 21 MPa, sehingga pada perencanaan ini menggunakan beton  $f'_c = 30$  MPa dengan besi beton ulir  $f_y = 420$  MPa.

### 3. Hasil dan pembahasan

#### 3.1. Pengujian material

a) Hasil perencanaan dimensi balok

Tabel 1 menunjukkan desain tinggi minimum balok ( $h$ ) didasarkan pada SNI 2847-2019 tabel 9.3.1.12019.

**Tabel 1.** Tinggi minimum balok

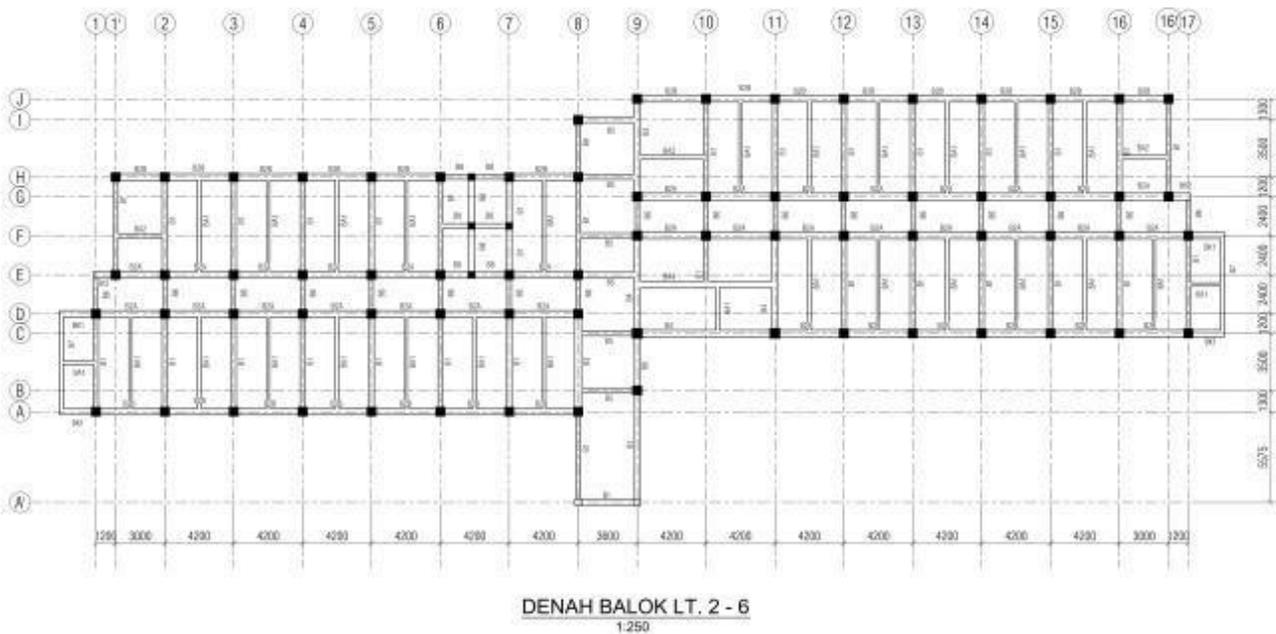
Kondisi Perletakan	$h$ minimum
Perletakan sederhana	$L/16$
Menerus satu sisi	$L/18,5$
Menerus dua sisi	$L/21$
Kantilever	$L/8$

Lebar penampang balok minimum ( $b$ ) untuk sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK) berdasarkan SNI 2847-2019 pasal 18.6.2 yaitu  $0,3h$  atau 250 mm dan, dalam perhitungan dimensi balok digunakan dengan perhitungan  $h_{min} = L/16$  sedangkan  $b_{min} = 1/2h$ . Tabel 2 menunjukkan rekapitulasi perhitungan dimensi balok pada Perencanaan Rumah Susun Tenaga Pendidik Universitas Gadjah Mada.

**Tabel 2.** Rekapitulasi rencana dimensi balok

Panjang As-As (mm)	Tipe Balok	$h_{min}$ (mm)	$b_{min}$ (mm)	Dimensi Pakai	
				$b$ (mm)	$h$ (mm)
6000	B1	375	187,5	300	500
4200	B2A	262,5	131,25	400	500
4200	B2B	262,5	131,25	400	500
6000	B3	375	187,5	400	600
8400	B4	525	262,5	400	700
3600	B5	225	112,5	300	450
2400	B6	150	75	250	300
6000	B7	285,714	142,857	200	400
3500	B8	218,75	109,375	300	400
6000	BA1	285,714	142,857	200	400
6000	BA2	285,714	142,857	250	450
8400	BA4	400	200	400	600
2100	BK1	262,5	131,25	400	700
1200	BK2	150	75	400	500
6000	TB1	400	600	400	600
6000	TB2	200	350	200	350

Tabel 2 menunjukkan hasil rencana dimensi balok yang kemudian ditunjukkan pada denah dan detail balok pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Denah rencana balok

b) Hasil perencanaan dimensi plat

Berdasarkan SNI 2847-2019 pasal 8.3.1.1, jika  $\frac{L_n}{S_n} > 2$  maka termasuk plat satu arah, sedangkan jika  $\frac{L_n}{S_n} < 2$  maka termasuk plat dua arah, dengan  $L_n$  merupakan panjang bersih bentang terpanjang dan  $S_n$  merupakan panjang bersih bentang terpendek. Tebal minimum plat dengan menggunakan rumus :  $\frac{L_n}{33}$  (SNI 2847-2019 tabel 8.3.1.1). Dihitung  $L_n/S_n = 6/4,2 = 1,435 < 2$  sehingga plat termasuk plat dua arah. Sedangkan berdasarkan perhitungan tebal plat dipakai plat setebal 15 cm untuk pelat atap dan 12 cm untuk lantai dasar sampai lantai 6.

c) Hasil perencanaan dimensi kolom

Untuk mencari dimensi kolom dalam perencanaan ini menggunakan kekakuan kolom dengan Persamaan 1.

$$\frac{L_{kolom}}{\frac{1}{12} \times b_{kolom} \times h_{kolom}^3} > \frac{L_{balok}}{\frac{1}{12} \times b_{balok} \times h_{balok}^4}$$

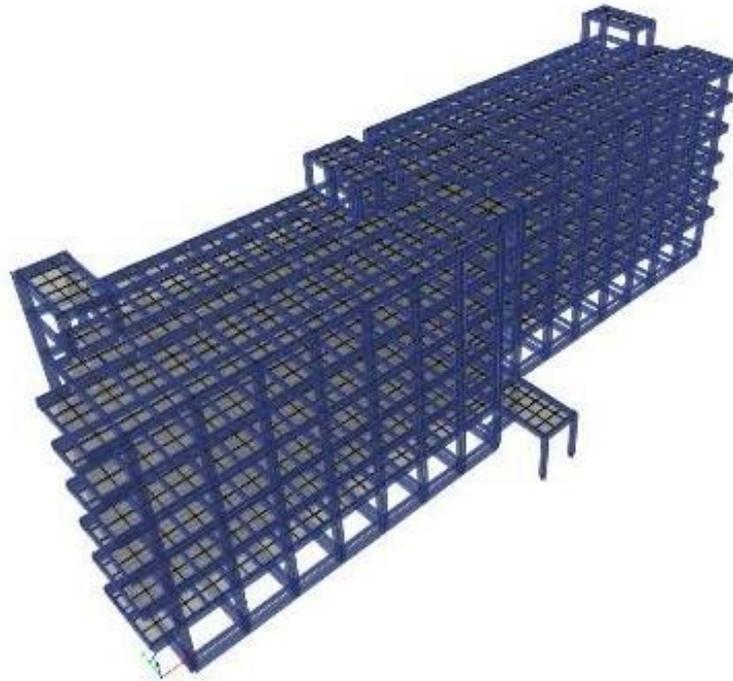
$$\frac{3400}{\frac{1}{12} \times b_k \times h_k^3} = \frac{6000}{\frac{1}{12} \times 400 \times 600^3}$$

**Pers. 1)**

Persamaan 1 digunakan untuk mencari dimensi K1, didapat nilai  $h = 470,3925$  mm, maka dipakai  $h$  kolom = 550 mm, karena direncanakan  $b=h$ , maka dimensi K1 adalah 550 x 550 mm. Dengan persamaan yang sama, untuk dimensi kolom K2 adalah 600 x 600 mm, dan K4 adalah 400 x 400 mm.

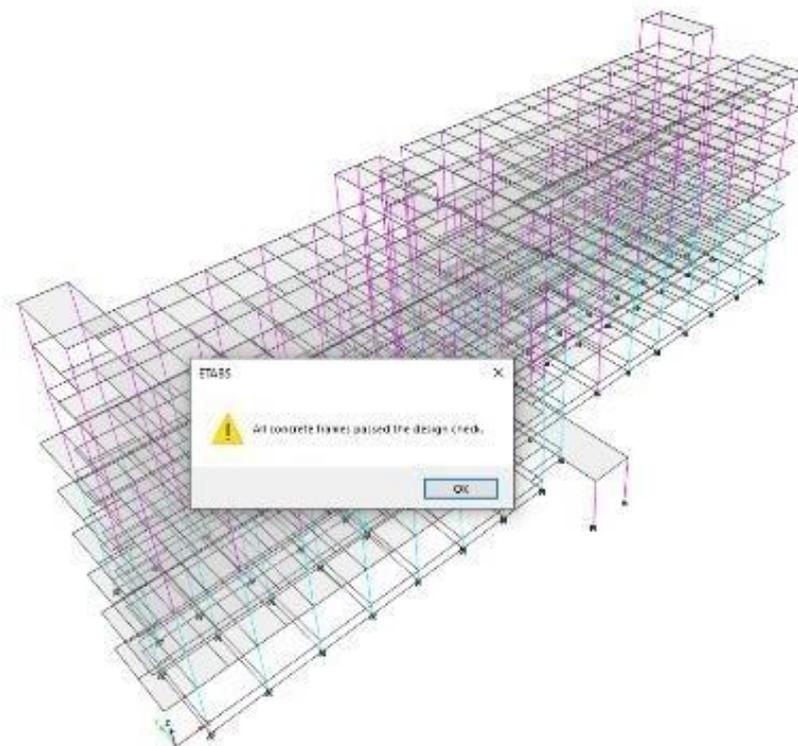
### 3.2. Hasil analisis struktur

Analisis struktur menggunakan *software ETABS* Rumah Susun Tenaga Pendidik Universitas Gadjah Mada ditunjukkan pada Gambar 3.



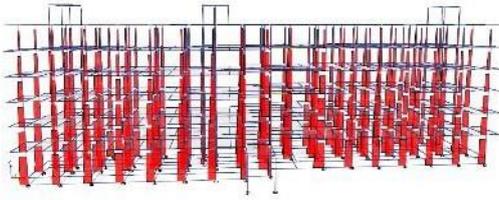
**Gambar 3.** Pemodelan struktur menggunakan *ETABS*

Untuk menghindari terjadinya *overstressed* pada rencana struktur maka dilakukan pengecekan kelayakan dimensi penampang pada model struktur. Pada pemodelan perencanaan Rumah Susun Tenaga Pendidik Universitas Gadjah Mada menggunakan *software ETABS* didapatkan hasil pengecekan struktur dinyatakan aman dan tidak mengalami *overstressed* sehingga dimensi penampang struktur yang telah dimodelkan layak untuk digunakan. Dapat dilihat pada Gambar 4 hasil pengecekan kapasitas rasio batang.

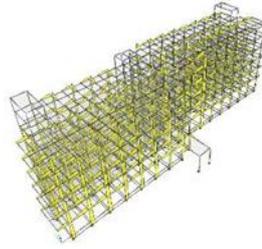


**Gambar 4.** Hasil kontrol rasio batang

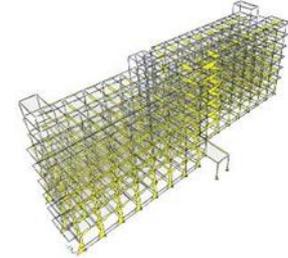
Gaya – gaya dalam yang dihasilkan dari analisis struktur Rumah Susun Tenaga Pendidik Universitas Gadjah Mada menggunakan *software ETABS* yaitu gaya aksial, gaya lintang, dan momen seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5, Gambar 6, dan Gambar 7.



**Gambar 5.** Hasil 3D gaya aksial



**Gambar 6.** Hasil 3D gaya geser



**Gambar 7.** Hasil 3D momen

### 3.3. Perhitungan tulangan struktur atas

#### a) Perhitungan tulangan balok

Perhitungan tulangan utama balok didasarkan pada hasil  $A_s$  tulangan *output ETABS* yang kemudian tulangan perlu bagian lentur balok akan dibandingkan dengan perhitungan  $A_s$  minimum berdasarkan aturan SNI 2847:2019 untuk menentukan jumlah dan dimensi tulangan yang dipakai seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Rekapitulasi tulangan utama balok

Tipe	Dimensi (b x h) mm	Daerah	Letak Tulangan	$A_s$ perlu (ETABS) (mm <sup>2</sup> )	$A_s$ min (mm <sup>2</sup> )	Dipasang	$A_s$ pasang (mm <sup>2</sup> )
B1A	300 x 500	Tumpuan	Atas	1434	447,500	6D19	1701,172
			Bawah	759	447,500	4D19	1134,115
		Lapangan	Atas	476	447,500	4D19	1134,115
			Bawah	746	447,500	6D19	1701,172
B2A	400 x 500	Tumpuan	Atas	1014	596,667	5D19	1417,644
			Bawah	634	596,667	3D19	850,586
		Lapangan	Atas	634	596,667	3D19	850,586
			Bawah	634	596,667	5D19	1417,644
B2B	400 x 500	Tumpuan	Atas	999	596,667	5D19	1417,644
			Bawah	884	596,667	3D19	850,586
		Lapangan	Atas	994	596,667	3D19	850,586
			Bawah	884	596,667	5D19	1417,644
B3	400 x 600	Tumpuan	Atas	1288	863,333	6D19	1701,172
			Bawah	910	863,333	4D19	1134,115
		Lapangan	Atas	910	863,333	4D19	1134,115
			Bawah	998	863,333	6D19	1701,172
B4	400 x 700	Tumpuan	Atas	711	397,500	5D19	1417,644
			Bawah	424	397,500	3D19	850,586
		Lapangan	Atas	424	397,500	3D19	850,586
			Bawah	424	397,500	5D19	1417,644
B5	300 x 450	Tumpuan	Atas	517	206,250	4D19	1134,115
			Bawah	430	206,250	2D19	567,057
		Lapangan	Atas	224	206,250	2D19	567,057
			Bawah	224	206,250	4D19	1134,115
B6	250 x 300	Tumpuan	Atas	412	232,667	4D16	804,248
			Bawah	248	232,667	2D16	402,124
		Lapangan	Atas	248	232,667	2D16	402,124
			Bawah	342	232,667	4D16	804,248
B7	200 x 400	Tumpuan	Atas	581	347,500	3D19	850,586

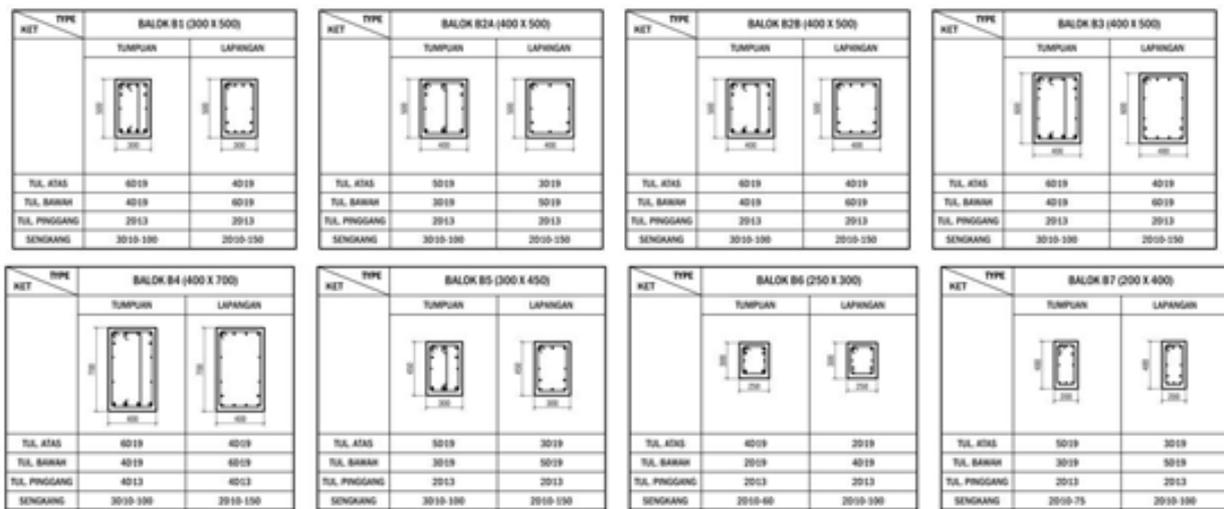
			Bawah	464	347,500	2D19	567,057
		Lapangan	Atas	372	347,500	2D19	567,057
			Bawah	482	347,500	3D19	850,586
B8	300 x 400	Tumpuan	Atas	1121	730,000	5D19	1417,644
			Bawah	772	730,000	3D19	850,586
		Lapangan	Atas	772	730,000	3D19	850,586
			Bawah	772	730,000	5D19	1417,644
BA1	200 x 400	Tumpuan	Atas	910	863,333	6D19	1701,172
			Bawah	910	863,333	4D19	1134,115
		Lapangan	Atas	910	863,333	4D19	1134,115
			Bawah	910	863,333	6D19	1701,172
BA2	250 x 00	Tumpuan	Atas	634	598,667	6D16	1206,372
			Bawah	634	598,667	4D16	804,248
		Lapangan	Atas	634	598,667	4D16	804,248
			Bawah	634	598,667	6D16	1206,372
BA4	400 x 600	Tumpuan	Atas	351	232,667	4D16	804,248
			Bawah	248	232,667	2D16	402,124
		Lapangan	Atas	248	232,667	2D16	402,124
			Bawah	251	232,667	4D16	804,248
BK1	400 x 700	Tumpuan	Atas	310	290,833	4D16	804,248
			Bawah	310	290,833	2D16	402,124
		Lapangan	Atas	310	290,833	2D16	402,124
			Bawah	310	290,833	4D16	804,248
BK2	400 x 500	Tumpuan	Atas	772	730,000	5D19	1417,644
			Bawah	772	730,000	3D19	850,586
		Lapangan	Atas	772	730,000	3D19	850,586
			Bawah	772	730,000	5D19	1417,644
TB1	400 x 600	Tumpuan	Atas	772	703,333	5D19	1417,644
			Bawah	772	703,333	5D19	1417,644
		Lapangan	Atas	772	703,333	5D19	1417,644
			Bawah	772	703,333	5D19	1417,644
TB2	200 x 350	Tumpuan	Atas	667	198,333	3D19	850,586
			Bawah	327	198,333	3D19	850,586
		Lapangan	Atas	214	198,333	3D19	850,586
			Bawah	251	198,333	3D19	850,586

Untuk perhitungan tulangan geser balok didasarkan pada *ouput ETABS* ( $Av/s$ )  $\text{mm}^2/\text{mm}$ . Jarak sengkang atau spasi ( $S$ ) maksimum menurut SNI 2847-2019 pasal 18.6.4.4 yaitu  $d/4$ , 6 kali diameter tulangan lentur dan tidak melebihi 150 mm. Rekapitulasi rencana tulangan geser balok seperti pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Rekapitulasi tulangan Sengkang balok

Tipe	Dimensi (b x h) mm	Daerah	$Av/s$ ( $\text{mm}^2/\text{mm}$ )	$\emptyset$ (mm)	$S_{\text{max 1}}$ (mm)	$S_{\text{max 2}}$ (mm)	$S_{\text{max 3}}$ (mm)	Spas ng (mm)	Dipasang
B1A	300 x 500	Tumpuan	1,13	13	112	114	150	100	3D13-100
		Lapangan	1,51	13				150	2D13-150
B2A	400 x 500	Tumpuan	1,39	10	112	114	150	100	2D10-100
		Lapangan	1,46	10				150	2D10-150
B2B	400 x 500	Tumpuan	1,34	10	112	114	150	100	2D10-100
		Lapangan	1,37	10				150	2D10-150
B3	400 x 600	Tumpuan	0,88	10	112	114	150	100	2D10-100
		Lapangan	0,75	10				150	2D10-150
B4	400 x 700	Tumpuan	0,99	13	112	114	150	100	3D13-100
		Lapangan	1,04	13				150	3D13-150
B5	300 x 450	Tumpuan	0,91	10	112	114	150	100	2D10-100
		Lapangan	0,89	10				150	2D10-150
B6	250 x 300	Tumpuan	0,95	10	112	114	150	60	2D10-60

B7	200 x 400	Lapangan	0,94	10			100	2D10-100
		Tumpuan	0,66	10	112	114	150	100
B8	300 x 400	Lapangan	0,43	10			150	2D10-150
		Tumpuan	1,22	10	112	114	150	100
BK1	400 x 700	Lapangan	1,19	10			150	2D10-150
		Tumpuan	1,93	13	112	114	150	100
BK2	400 x 500	Lapangan	1,71	13			150	2D13-150
		Tumpuan	2,39	13	112	114	150	100
BA1	200 x 400	Lapangan	2,23	13			150	3D13-150
		Tumpuan	0,55	10	112	114	150	100
BA2	250 x 400	Lapangan	0,59	10			150	3D10-150
		Tumpuan	0,84	10	112	114	150	100
BA4	400 x 600	Lapangan	0,84	10			150	2D10-150
		Tumpuan	0,5	10	112	114	150	100
TB1	400 x 600	Lapangan	0,47	10			150	2D10-150
		Tumpuan	2,19	13	112	114	150	100
TB2	200 x 350	Lapangan	1,19	13			150	2D13-150
		Tumpuan	1,29	13	112	114	150	100
		Lapangan	1,27	13			150	2D13-150



Gambar 8. Rencana tulangan balok

b) Perhitungan tulangan balok

Pada hasil analisis *software ETABS* didapatkan momen ultimit ( $M_u$ ) pada arah X dan Y untuk menentukan dimensi dan jarak antar tulangan pelat pada perencanaan Rumah Susun Tenaga Pendidik Universitas Gadjah Mada, yang kemudian dilakukan pengecekan perhitungan sesuai dengan SNI 2847- 2019 tabel 7.6.1.1 dan 8.6.1.1 dan sudah memenuhi syarat. Rekapitulasi hasil perhitungan tulangan pelat perencanaan Rumah Susun Tenaga pendidik Universitas Gadjah Mada ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Perhitungan tulangan pelat

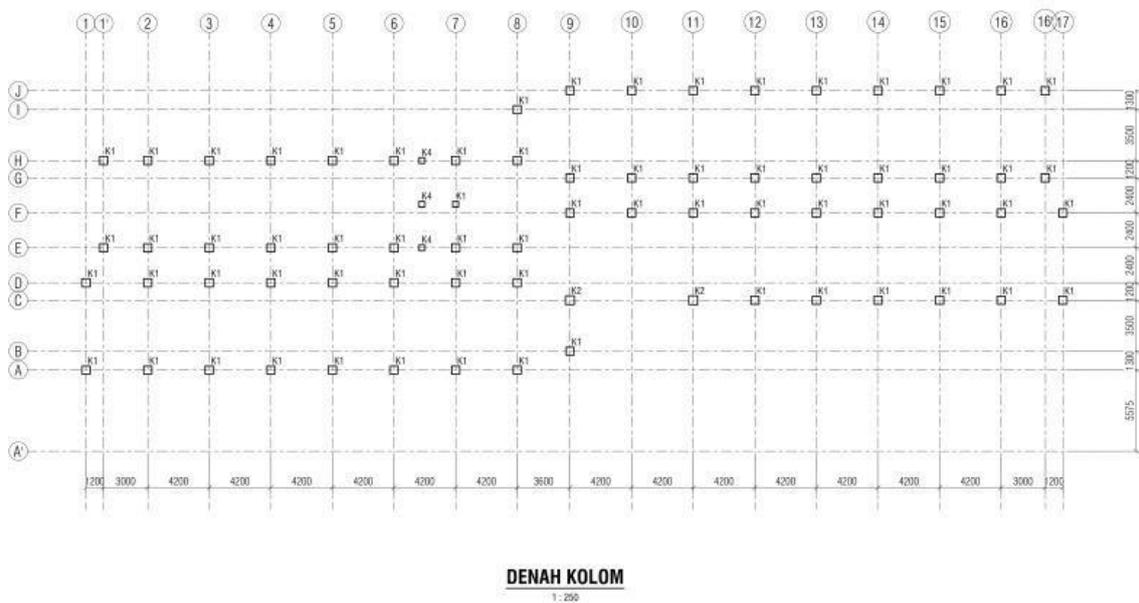
Tipe	Dimensi (cm)	Daerah	Letak Tulangan	$M_u$ (KNm)	$A_s\ perlunya$ ( $mm^2$ )	$A_s\ min$	Dipasang	$A_s\ pasang$ ( $mm^2$ )
S120	420 x 600	Lapangan X	Bawah	9,261	120,453	240	D10-100	785,398
			Tumpuan X	Atas	-20,804	694,182	240	D10-100
		Lapangan Y	Bawah	5,828	184,693	240	D10-100	785,398
			Tumpuan Y	Atas	-8,202	261,922	240	D10-100
S150	360 x 360	Lapangan X	Bawah	8,589	200,462	240	D10-100	785,398

Tumpuan X	Atas	-26,929	649,713	300	D10-100	785,398
Lapangan Y	Bawah	9,54	223,023	300	D10-100	785,398
Tumpuan Y	Atas	-26,929	649,713	300	D10-100	785,398

Berdasarkan Tabel 5 tersebut untuk plat tipe A, B, C, D dan E, semua menggunakan tulangan D10-100 untuk arah X maupun Y.

c) Perhitungan tulangan kolom

Perhitungan tulangan utama kolom didasarkan pada hasil  $A_s$  tulangan dari *output ETABS* (Gambar 4) yang kemudian tulangan perlu bagian lentur balok akan dibandingkan dengan perhitungan  $A_s$  minimum berdasarkan aturan SNI 2847-2019 pasal 18.7.4.1 untuk menentukan jumlah dan dimensi tulangan yang dipakai. Kemudian dilakukan pengecekan terhadap beberapa syarat yaitu syarat pertama mengenai syarat gaya aksial untuk struktur rangka momen khusus pada SNI 2847-2013 (Pasal 21.6.1) yaitu  $P_u > \frac{A_g \cdot f_c}{10}$ , Syarat kedua mengenai syarat sisi terpendek dan rasio dimensi penampang pada SNI 2847-2019 pasal 18.7.2.1 yaitu  $b \geq 300$  mm dan  $\frac{b}{h} \geq 0,4$ , syarat ketiga mengenai syarat rasio tulangan pada SNI 2847-2019 (pasal 18.7.4.1) yaitu  $0,01A_g \leq A_s$  terpasang  $\leq 0,06A_g$ . Gambar rencana denah kolom lantai 1 sampai dengan lantai atap ditunjukkan pada Gambar 9.



**Gambar 9.** Denah kolom

Rekapitulasi hasil perhitungan dan pengecekan tulangan utama kolom ditunjukkan pada Tabel 6.

**Tabel 6.** Rekapitulasi tulangan utama kolom

Nama	Dimensi (mm)	$A_s$ Perlu ( $\text{mm}^2$ )	Dipasang	$A_s$ Pasang ( $\text{mm}^2$ )	$A_s$ Pasang $\geq A_s$ Perlu
K1	550 x 550	3025	20 D 19	5671	OK
K2	600 x 600	3600	20 D 19	5671	OK
K4	400 x 400	3089	12 D 19	3402	OK

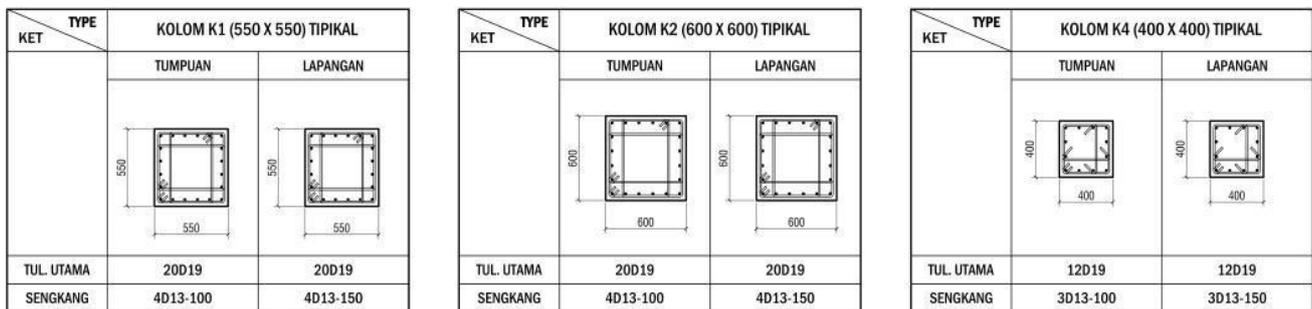
Pada Tabel 6 menunjukkan bahwa hasil pengecekan rencana tulangan utama kolom sudah memenuhi syarat Selanjutnya untuk perhitungan tulangan sengkang kolom didasarkan pada *ouput ETABS* luas

tulangan geser per satuan mm ( $A_v/s$ ) untuk menentukan dimensi dan jarak tulangan sengkang kolom seperti disajikan pada Tabel 7.

**Tabel 7.** Penentuan tulangan Sengkang kolom

Tipe	Dimensi b x h (mm)	Tul.	$A_v/s$ Perlu (mm <sup>2</sup> /mm)	$\emptyset$ (mm)	Luas (mm <sup>2</sup> )	S Perlu (mm)	Syarat Spasi Tulangan Geser Max (SNI 2847:2019)			Dipakai
							8 x Duta ma	24 x Dsengk ang	½ b kolom	
K1	550 x 550	Tump.	4,98	10	157,08	106,6	152	240	200	<b>4D13 - 100</b>
		Lap.	0,97	10	157,08	547,3	152	240	200	<b>4D13 - 150</b>
K2	600 x 600	Tump.	2,38	10	157,08	223,1	152	240	200	<b>4D13 - 100</b>
		Lap.	0,94	10	157,08	410,5	152	240	200	<b>4D13 - 150</b>
K4	400 x 400	Tump.	1,8	10	157,08	221,2	152	240	200	<b>3D13 - 100</b>
		Lap.	0,54	10	157,08	737,4	152	240	200	<b>3D13 - 150</b>

Hasil perhitungan tulangan longitudinal dan transversal kolom Rumah Susun Tenaga Pendidik Universitas Gadjah Mada pada Tabel 6 dan Tabel 7 kemudian ditampilkan dalam gambar detail kolom pada Gambar 10.



**Gambar 10.** Detail rencana tulangan kolom

### 3.4. Perhitungan struktur bawah

#### a) Perencanaan pondasi *bored pile*

Pada perencanaan Rumah Susun Tenaga Pendidik Universitas Gadjah Mada digunakan pondasi *bored pile* / tiang bor dengan diameter 600 mm dan kedalaman rencana 12 m luas. Berdasarkan hasil tes SPT dicoba pada kedalaman 12 m dengan nilai  $N_{SPT}$  yaitu 38 dan tahanan ujung ( $q_p$ ) sebesar 24 kg/cm<sup>2</sup>. Daya dukung ujung tiang tunggal dihitung menggunakan metode *Reese&Wright (1977)* dengan menggunakan Persamaan 2.

$$Q_p = q_p \times A \tag{Pers. 2)}$$

Sehingga didapatkan daya dukung ujung tiang tunggal yaitu sebesar 67,8584 ton. Selain daya dukung ujung juga dihitung daya dukung akibat gesekan dinding tiang. Dengan keliling tiang 1,884 m dan total tebal lapisan yang menimbulkan gesek antara selimut tiang dengan tanah setebal 10 m, maka didapatkan daya dukung selimut dapat diketahui dengan Persamaan 3.

$$Q_s = \sum f_i \times l_i \times p \tag{Pers. 3)}$$

Sehingga didapatkan daya dukung selimut tiang ( $Q_s$ ) sebesar 224, 196 ton. Dengan penjumlahan nataranya daya dukung ujung tiang ( $Q_p$ ) dan daya dukung selimut tiang ( $Q_s$ ) maka daya dukung ultimit ( $Q_u$ ) didapatkan sebesar 292,054 ton. Sementara untuk daya dukung ijin ( $Q_{ijin}$ ) dengan mengambil *safety factor (SF)* 2,5 didapatkan daya dukung ijin sebesar 116,822 ton.

b) Perencanaan *Pile Cap/Poer*

Pada perencanaan ini terdapat beberapa jenis *pile cap* yang dipengaruhi oleh banyaknya tiang dalam satu kelompok. Banyak tiang dalam satu kelompok dipengaruhi oleh gaya aksial yang terdapat pada struktur kolom. Jenis – jenis *pile cap* disajikan pada Tabel 8.

**Tabel 8.** Rekapitulasi jumlah tiang pada *pile cap*

Tipe	Pu (Ton)	Qijin (Ton)	n (Pu/Qijin)	Jumlah Tiang
PC-1	99,1	116,822	0,848	1
PC-2	177,4066	116,822	1,52	2
PC-3	215,3925	116,822	1,84	3
PC-4	316,771	116,822	2,71	4
PC-6	454,7779	116,822	3,541	6

c) Perencanaan dimensi *pile cap* dan efisiensi kelompok tiang

Perhitungan jarak antar tiang pancang (S) direncanakan dengan perhitungan 2,5D dan jarak as tiang ke tepi *poer* (S') 1D. Sedangkan ketebalan *pile cap* menurut SNI 2847-2019 pasal 13.4.2.1 yaitu tebal *pile cap* > 300 mm. berikut rekapitulasi hasil perhitungan dimensi *pile cap* disajikan pada Tabel 9.

**Tabel 9.** Rekapitulasi perhitungan dimensi *pile cap*

Tipe <i>Pile cap</i>	n Tiang	S (mm)	S' (mm)	Dimensi <i>Pile cap</i>		Tebal <i>Pile cap</i> (mm)
				Lebar (mm)	Panjang (mm)	
PC-1	1	1500	600	1200	1200	800
PC-2	2	1500	600	2700	1200	800
PC-3	3	1500	600	2500	3000	800
PC-4	4	1500	600	2700	2700	800
PC-6	6	1650	600	4800	2700	800

Kapasitas kelompok tiang ( $Q_g$ ) dengan menghitung efisiensi kelompok tiang ( $E_g$ ) yang dipengaruhi oleh konfigurasi jumlah tiang dan jarak antar tiang. Efisiensi kelompok tiang ( $E_g$ ) dirumuskan dengan Persamaan 4.

$$E_g = 1 - \theta \frac{(n-1) \cdot m + (m-1)n}{90 m \cdot n} \tag{Pers. 4}$$

dengan  $\theta$  didapatkan dari perhitungan Arc tan . D/S, dimana m merupakan jumlah tiang dalam deretan baris, n merupakan jumlah tiang dalam deretan kolom, D merupakan diameter penampang tiang dan S merupakan jarak antar tiang pancang. Maka diperoleh rekapitulasi efisiensi kelompok tiang ( $E_g$ ) disajikan pada Tabel 10.

**Tabel 10.** Rekapitulasi perhitungan efisiensi kelompok tiang

Tipe <i>Pile cap</i>	D (mm)	S (mm)	Arc tan. d/s	m	n	Nilai Efisiensi, $E_g$
PC-1	600					1
PC-2	600	1500	21,801	1	2	0,878
PC-3	600	1500	21,801	2	3	0,717
PC-4	600	1500	21,801	2	3	0,757
PC-6	600	1650	19,983	2	3	0,741

Setelah efisiensi kelompok tiang ( $E_g$ ) diketahui, maka kapasitas tiang kelompok ( $Q_g$ ) dapat dihitung dengan Persamaan 5 dan hasil rekapitulasi kapasitas tiang kelompok disajikan pada Tabel 11.

$$Q_g = n \times Q_{ijin} \times E_g \quad \text{Pers. 5)}$$

**Tabel 11.** Rekapitulasi kapasitas tiang kelompok

Tipe <i>Pile cap</i>	$E_g$	Q Tiang Ton	n	Qg Ton	P (Ton)	Cek
PC-1	1	116,822	1	116,822	96,4	OK
PC-2	0,878	116,822	2	205,345	171,19	OK
PC-3	0,717	116,822	3	251,42	205,37	OK
PC-4	0,757	116,822	4	302,771	302,77	
PC-6	0,741	116,822	6	519,36	454,78	

d) Perhitungan tulangan *pile cap*

Gaya yang digunakan dalam perencanaan perhitungan tulangan *poer* yaitu gaya aksial dari kolom, momen, dan berat *poer* itu sendiri. Penentuan Tulangan pile cap harus memenuhi rasio tulangan

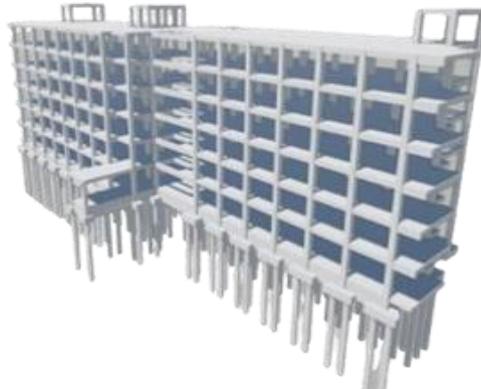
$R_n = \frac{Mn/b \cdot d^2}{f_y} \leq \rho_{perlu} = \frac{0,85 \times f_c' \cdot r_A \cdot f_A \cdot (2 \times R_n)}{0,85 \times f_c'}$ . Setelah mendapatkan rasio tulangan, menghitung kebutuhan  $A_{s,min}$  dengan menggunakan persamaan  $A_{s,min} = 0,0018 \times b \times d$ , sementara  $A_{s,perlu} = \rho_{perlu} \times b \times d$ . Luas tulangan terpasang harus lebih besar dari  $A_{s,min} < A_{s,pasang} > A_{s,pasang}$ .

**Tabel 12.** Rekapitulasi perhitungan tulangan *pile cap*

Tipe	Letak	Mu (KNm)	$\rho_{min}$	$\rho_{perlu}$	As Pakai (mm <sup>2</sup> )	Dipaka i	Tul Atas
PC-1	Arah X (bawah)	155,774	0,00 18	0,00983	1701,174	D19- 200	<b>D16- 200</b>
	Arah Y (Bawah)	155,744	0,00 18	0,00693	1701,174	D19- 200	<b>D16- 200</b>
PC-2	Arah X (Bawah)	457,506	0,00 18	0,00206	1984,71	D19- 150	<b>D19- 150</b>
	Arah Y (Bawah)	459,215	0,00 18	0,00192	3685,877	D19- 200	<b>D16- 200</b>
PC-3	Arah X (bawah)	394,532	0,00 18	0,00851	4536,464	D19- 200	<b>D16- 200</b>
	Arah Y (Bawah)	541,881	0,00 18	0,00097	4252,935	D19- 200	<b>D16- 200</b>
PC-4	Arah X (bawah)	932,459	0,00 18	0,00186	4818,993	D19- 150	<b>D16- 150</b>
	Arah Y (Bawah)	932,459	0,00 18	0,00186	4818,993	D19- 150	<b>D16- 150</b>
PC-6	Arah X (bawah)	3317,58 2	0,00 18	0,00385	15217,13	D25- 150	<b>D16- 150</b>
	<b>Arah Y (Bawah)</b>	<b>1085,0 48</b>	<b>0,11 8</b>	<b>0,0022 1</b>	<b>7088,325</b>	<b>D19- 100</b>	<b>D16- 150</b>

### 3.5. Hasil pemodelan menggunakan *software tekla structures*

Hasil pemodelan 3D pada perencanaan Rumah Susun Tenaga Pendidik Universitas Gadjah Mada menggunakan *Software Tekla Structures*, hasil pemodelan struktur tersebut berdasarkan hasil analisis struktur dari *software ETBAS* dapat dilihat pada Gambar 11.



**Gambar 11.** Hasil pemodelan struktur atas menggunakan *tekla structures*

### 3.6. Perhitungan rencana anggaran biaya (RAB)

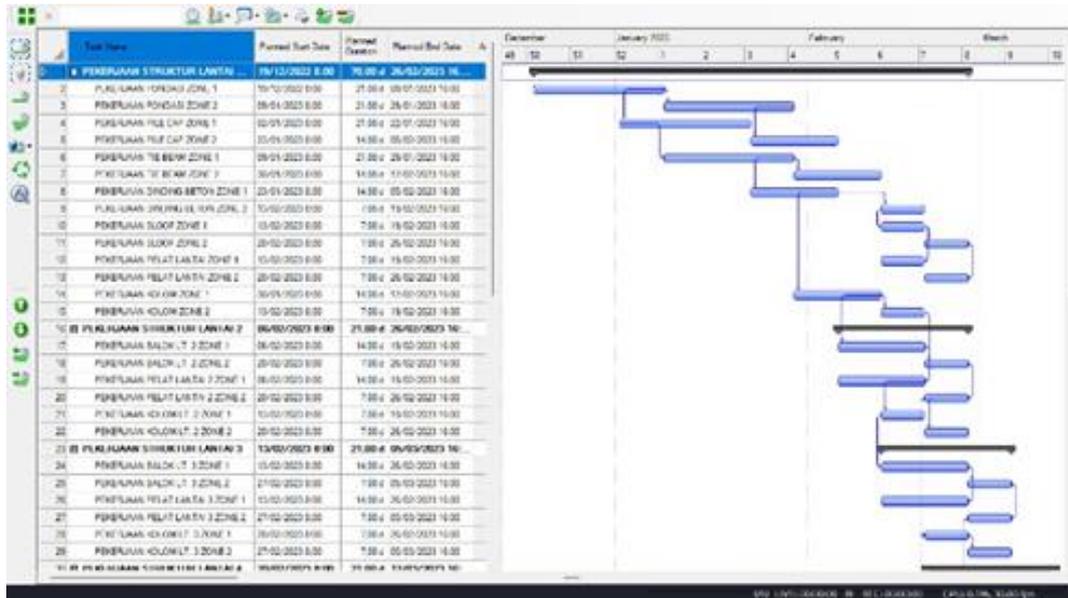
Jenis pekerjaan yang dilampirkan dalam perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB) perencanaan Rumah Susun Tenaga Pendidik Universitas Gadjah Mada ini adalah pekerjaan persiapan yang meliputi pekerjaan pematangan lahan, pengukuran dan pemasangan bouwplank, pengadaan direksi keet, papan nama proyek, pagar proyek. Kemudian pekerjaan struktur bawah meliputi pekerjaan pondasi *bored pile*, pekerjaan *pile cap*, pekerjaan *tie beam* dan dinding beton. Sementara pekerjaan struktur atas meliputi pekerjaan balok, pekerjaan kolom, dan pekerjaan pelat. Hasil Perhitungan estimasi biaya atau RAB didasarkan pada volume yang didapatkan dari *output* pemodelan pada Tekla Structures dan Harga Satuan Pekerjaan didapatkan dengan merujuk pada Analisa Harga Satuan pekerjaan (AHSP) harga setiap sumber daya daerah Kabupaten Sleman. Rekapitulasi perhitungan RAB dapat dilihat pada Tabel 13.

**Tabel 13.** Rekapitulasi perhitungan RAB

No	Uraian Pekerjaan	Rekap Biaya (Rp)
I	Pekerjaan Persiapan	215.769.961,30
II	Pekerjaan Tanah dan Galian	76.150.499,84
III	Pekerjaan Struktur Lantai Dasar	6.052.652.268,39
IV	Pekerjaan Struktur Lantai 2	2.703.558.701,99
V	Pekerjaan Struktur Lantai 3	2.654.764.426,81
VI	Pekerjaan Struktur Lantai 4	2.654.764.426,81
VII	Pekerjaan Struktur Lantai 5	2.654.764.426,81
VIII	Pekerjaan Struktur Lantai 6	2.603.332.871,38
IX	Pekerjaan Struktur Atap	1.945.871.879,61
X	Pekerjaan Struktur Rooftop	307.678.877,47
	Jumlah	21.869.308.340,39
	PPN 11%	2.405.623.917,44
	Jumlah Total	24.274.932.257,83
	Dibulatkan	24.274.932.257,00

### 3.7. Penjadwalan menggunakan *Tekla Structures*

Simulasi penjadwalan pelaksanaan pekerjaan struktur pada Rumah Susun Tenaga Pendidik Universitas Gadjah Mada berdasarkan dari kurva S pada Rencana Anggaran Biaya (RAB) yang telah disusun. Kemudian setelah mendapatkan durasi pada setiap item pekerjaan dapat dimasukkan pada pemodelan yang telah dibuat di *Tekla Structures* sesuai dengan urutan pekerjaan untuk mendapatkan simulasi penjadwalan pelaksanaan pekerjaan struktur Rumah Susun Tenaga Pendidik Universitas Gadjah Mada. Simulasi penjadwalan pelaksanaan pekerjaan didapatkan selama 16 minggu (4 bulan) seperti Gambar 12.



Gambar 12. Hasil penjadwalan menggunakan *Tekla Structures*

## 4. Kesimpulan

Berdasarkan perencanaan struktur pada Rumah Susun Tenaga Pendidik Universitas Gadjah Mada ini dapat disimpulkan bahwa:

- 1) Hasil perhitungan dimensi dan tulangan yang dipakai untuk struktur bawah (pondasi *bored pile*, *pile cap*, *tie beam*) dan struktur atas (balok, kolom, pelat) pada perencanaan ini telah dilakukan pengecekan dan dinyatakan layak dan aman berdasarkan hasil analisis *ETABS*.
- 2) Hasil perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB) untuk perencanaan pekerjaan struktur sebesar Rp. 24.274.932.257,00. Kemudian untuk penjadwalan pelaksanaan pekerjaan struktur yang disimulasikan dengan menggunakan *software Tekla Structures* direncanakan untuk dilaksanakan dalam kurun waktu 16 Minggu atau 4 bulan.

## Ucapan terima kasih

Terima kasih kepada pihak proyek pembangunan Rumah Susun Tenaga Pendidik Universitas Gadjah Mada yang telah memberikan sumber data yang dibutuhkan dan kepada seluruh pihak yang turut mendukung, memberi masukan dan membantu selama penyusunan perencanaan ini.

## Referensi

- 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 gedung20 lantai). *Jurnal Karya Teknik Sipil*, 5(2), 220-229.
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat No. 22 Tahun 2019. Pedoman Pembangunan Bangunan Gedung Negara
- Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983.

- Rafli, R. (2018). Manfaat penggunaan Building Information Modelling (BIM) pada proyek konstruksi sebagai media komunikasi stakeholders. *Indonesian Journal of Construction Engineering and Sustainable Development (Cesd)*, 1(2), 62-66.
- SNI 03-2847-2013. Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. SNI 03-2847-2019. Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung.
- SNI 03-1726-2019. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung.
- SNI 03-1727-2020, Beban Desain Minimum dan Kriteria terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur lain.
- Susila, H., & Handoyo, S. (2015). Analisis Pengaruh Konflik dalam Pelaksanaan Konstruksi terhadap Kesuksesan Proyek. *Jurnal Teknik Sipil dan Arsitektur*, 16(20).



## **Pengaruh penambahan limbah serbuk kaca dan kapur padam pada pembuatan genteng beton ramah lingkungan**

Dzikriya Ahmad Arkhanditya<sup>a\*</sup>, Rivaldi Sigalingging<sup>b</sup>, Hartono<sup>c</sup>, Bambang Setiabudi<sup>d</sup>

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

### ARTICLE INFO

#### Corresponding author:

Email:

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

#### Article history:

Received : 12 September 2023

Revised : 20 December 2023

Accepted : 10 January 2024

Publish : 22 March 2024

#### Keywords:

Concrete tile, glass powder waste, quenched lime

### ABSTRACT

*In Indonesia, concrete roof tiles are still relatively expensive. This can be seen from the composition of the mixture and the concrete tile production process. Based on cost considerations, the alternative is to use glass powder waste and quenched lime. Lime as an alternative choice because the chemical elements contained are almost the same as cement. Glass powder waste contains silica which is expected to increase the density of concrete roof tiles. Therefore, this research was conducted with the aim to see the effect of adding glass powder waste and slaked lime to the values of flexural load, absorption, and water seepage. The method used is the experimental method, with a mixture of cement and sand composition, namely 1: 3 and using 4 variations of the test object, namely for quenched lime with variation A 0%; B 10%; C 0%; D is 10% by weight of cement while for variations of glass powder A is 0%; B 0%; C 10%; D 10% by weight of sand. This test includes appearance, size, value of bending load, absorption, and water seepage. The result of average bending load in variations A = 1548,51 N, B = 1562,25 N, C = 1675,57 N, D = 1751,43 N. For the result of average water absorption in variations A = 9,248%, B = 6,675%, C = 9,512%, D = 7,093%. The use of glass powder waste and extinguished lime can increase the value of bending load, absorption and water seepage compared to ordinary concrete roof tiles. So as to produce concrete roof tiles that are economical and also reduce waste but still meet the quality according to SNI.*

Copyright © 2024 PILARS-UNDIP

## **1. Pendahuluan**

Seiring perkembangan zaman, industri konstruksi terus menciptakan inovasi untuk menghasilkan bahan bangunan yang ekonomis dari segi produksi. Genteng menjadi salah satu contoh bahan bangunan yang penting sebagai penutup atap suatu bangunan. Genteng adalah unsur bangunan yang berfungsi sebagai penutup atap dan dibuat dari tanah liat dengan atau tanpa campuran bahan lainnya, dibakar sampai suhu yang cukup tinggi, sehingga tidak hancur apabila direndam dalam air (PUBI 1982). Pada penelitian ini menggunakan genteng beton. Namun, proses produksi genteng beton masih relatif mahal dibandingkan dengan genteng lainnya sehingga diperlukan material pengganti untuk mengurangi biaya produksi tanpa mengesampingkan kualitas dari genteng beton.

Dalam dunia konstruksi, beton mempunyai kelemahan yaitu memiliki sifat getas dan kurang mampu menahan gaya tarik sehingga usaha dalam meningkatkan kualitas beton terus dilakukan sampai saat ini baik peningkatan kuat tekan, tarik maupun lentur (Faqrudin dkk,2023). Pada penelitian ini peneliti membuat genteng beton yang lebih ekonomis dan juga memanfaatkan limbah namun mempunyai kualitas yang memenuhi SNI 0096-2007.

Indonesia merupakan negara yang kaya akan barang tambang, mineral dan logam. Batu kapur merupakan salah satu barang tambang yang banyak terdapat di Indonesia. Pegunungan kapur di

Indonesia menyebar dari barat ke timur mulai dari pegunungan di Jawa Tengah hingga ke Jawa Timur, Madura, Sumatra dan Irian Jaya (Margareta,2017). Banyak sekali manfaat dari batu kapur salah satunya sebagai bahan tambahan campuran bahan bangunan.

Disamping itu, pemakaian produk-produk pemenuhan kebutuhan hidup manusia juga masih banyak yang menggunakan unsur kaca atau gelas dan limbah kaca merupakan bahan yang tidak bisa diurai oleh tanah, sehingga keberadaan limbah kaca menjadi masalah tersendiri yang perlu mendapatkan perhatian khusus (Suharson,2017). Oleh karena itu untuk mengurangi limbah yang ada, pemanfaatan limbah serbuk kaca digunakan untuk bahan campuran pembuatan genteng beton karena kaca sendiri memiliki sifat yang tidak menyerap air dan untuk mengisi pori-pori sehingga dapat mengurangi rembesan air, isolator panas, dan dapat meningkatkan kepadatan beton.

Genteng beton sering dimodifikasi dari segi bahan penyusun maupun bentuknya. Hal ini dilakukan untuk mengurangi limbah seperti penelitian yang dilakukan oleh (Cintia,2014) menguji tentang kualitas genteng tanah liat menggunakan bahan tambah limbah serbuk kaca dengan hasil, semakin banyak serbuk kaca semakin menurun nilai prosentase rembesan air sehingga penelitian seperti ini perlu dikembangkan ke genteng beton. Selain itu menurut penelitian (Mahardhika,2022) tentang pengaruh substitusi serbuk kapur tohor sebagai pengganti semen terhadap karakteristik beton dengan hasil semakin kecil nilai penyerapan air beton hingga mencapai nilai terkecil namun penyerapan air beton meningkat sehingga perlu dikembangkan menggunakan material kapur yang memiliki kandungan yang berbeda.

Dari permasalahan tersebut munculah gagasan untuk memanfaatkan limbah serbuk kaca dan kapur padam. Gagasan ini diharapkan dapat menghasilkan genteng beton yang kualitasnya lebih daripada biasanya, ramah lingkungan, lebih ekonomis dan dapat menghasilkan genteng beton dengan nilai pengujian sifat tampak, ukuran, nilai beban lentur, penyerapan (porositas), dan rembesan air (impermeabilitas) pada setiap variasi yang sesuai dengan SNI 0096-2007.

Kaca adalah salah satu produk industri kimia yang paling akrab dengan kehidupan sehari-hari. Dari segi kimia, kaca adalah gabungan dari berbagai oksida anorganik yang tidak mudah menguap, yang dihasilkan dari dekomposisi dan peleburan senyawa alkali dan alkali tanah, pasir serta berbagai penyusun lainnya (Prasetyo dkk,2020). Limbah serbuk kaca dipilih karena kaca memiliki kandungan yang hampir sama dengan semen dan memiliki sifat-sifat yang khas dibandingkan dengan golongan keramik lainnya.

Sedangkan kapur memiliki sifat fisik dan unsur kimia yang hampir sama seperti semen. Volume produksi pertambangan bahan galian batu kapur di Indonesia pada tahun 2020 mencapai angka 9.718.944 m<sup>3</sup> (BPS,2020). Oleh karena itu, kapur bisa menjadi inovasi campuran dalam pembuatan genteng beton.

## **2. Data dan metode**

### **2.1. Metode Penelitian**

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

### **2.2. Pengujian Material**

Material yang diuji pada penelitian ini yaitu pasir, semen, dan air yang merupakan bahan dasar pada pembuatan genteng beton. Untuk material tambahan seperti limbah serbuk kaca dan kapur padam tidak dilakukan pengujian.

### **2.3. Persiapan Material Tambahan**

Material tambahan yang digunakan pada pembuatan genteng beton yaitu limbah serbuk kaca dan kapur padam. Limbah serbuk kaca yang dipakai telah lolos saringan 2,36 mm sedangkan kapur padam telah lolos saringan 0,075 mm.

Adapun bahan tambah yang digunakan ditunjukkan pada Gambar 1 dan Gambar 2.



**Gambar 1.** Serbuk kaca



**Gambar 2.** Kapur padam

#### 2.4. Job Mix Design

Pada penelitian ini digunakan campuran dengan perbandingan PC : PS = 1 : 3 dan kemudian untuk menentukan volume dilakukan konversi sesuai dengan perbandingan tersebut. Faktor air semen yang digunakan sebesar 0,35 sesuai dengan kebutuhan semen (Winarto,2017). Kebutuhan limbah serbuk kaca dan kapur padam yang digunakan dalam membuat genteng beton ramah lingkungan disajikan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Job Mix Design

Bahan Tambahan	Tipe A	Tipe B	Tipe C	Tipe D	Keterangan
Serbuk Kaca	0%	10%	0%	10%	Terhadap berat agregat
Kapur Padam	0%	0%	10%	10%	Terhadap berat semen

### 3. Hasil dan pembahasan

#### 3.1. Pengujian material

Adapun pada penelitian ini akan dilakukan pengujian material sebagai berikut:

##### 1) Pengujian agregat halus

Dengan menggunakan pasir muntalan hasil kadar lumpur didapatkan nilai rata-rata sebesar 96% sesuai SNI-S-04-1989-F dengan ketentuan nilai kadar lumpur >70%. Sedangkan gradasi pasir didapatkan nilai modulus halus butir sebesar 3,674% sesuai SNI 03-1972-1990 yaitu 1,5 – 3,8%.

2) Pengujian air

Pengujian air dilakukan secara visual sesuai dengan ketentuan PBI-1971 yang mana kriteria air yang baik tidak berbau, jernih dan tidak terkontaminasi zat – zat lain yang berpengaruh pada kualitas genteng beton.

3) Pengujian semen

Semen yang digunakan pada pembuatan genteng beton ini bermerk Semen Grobogan. Pengujian semen secara visual dengan melihat kondisi kemasan semen yang masih bagus dan tertutup rapat. Kemudian dilihat dari keadaan butiran semen yang sama sekali tidak terdapat gumpalan yang menyebabkan menurunnya kualitas semen.

**3.2. Pengujian genteng plafon**

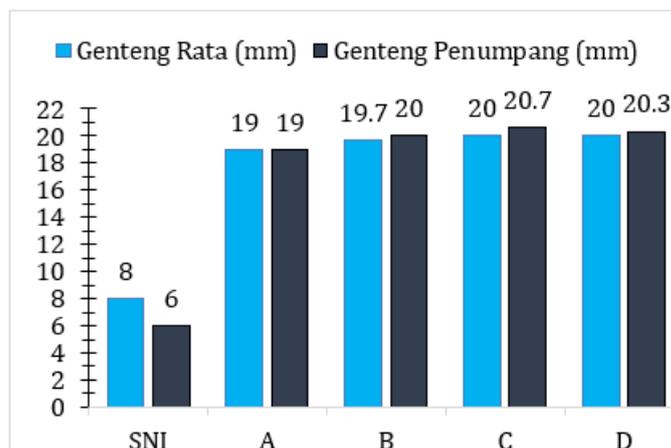
Adapun pada penelitian ini pengujian genteng plafon adalah sebagai berikut:

1) Sifat tampak

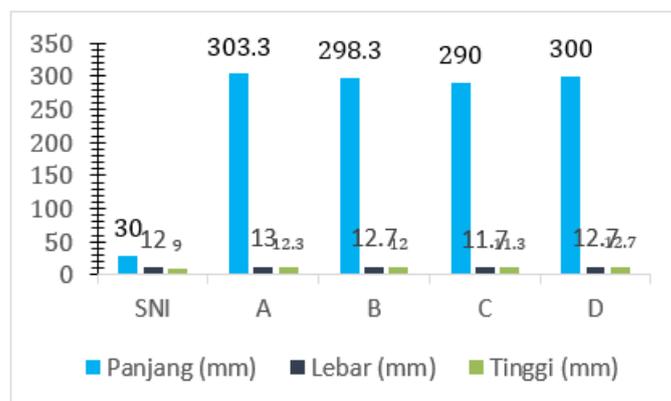
Pengujian sifat tampak menggunakan 3 sampel pada setiap variasi penambahan limbah serbuk kaca dan kapur padam pada genteng beton. Dilihat secara visual, semua sampel memiliki permukaan yang halus dan tidak ada keretakan ataupun cacat lain yang menyebabkan berkurangnya fungsi dari genteng beton sendiri.

2) Ukuran

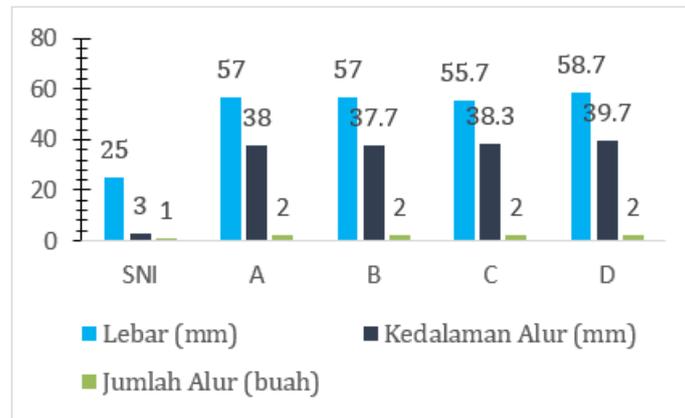
Pengujian ukuran genteng beton dilakukan dengan menggunakan 3 sampel dari tiap variasi penambahan limbah serbuk kaca dan kapur padam pada genteng beton. Pengujian dilihat dari ketebalan, panjang, lebar, dan tinggi pada kaitan, serta pada bagian penumpangan. Berikut hasil pengujian yang diperoleh. Hasil pengujian ukuran disajikan pada Gambar 3, Gambar 4, dan Gambar 5.



**Gambar 3.** Grafik perbandingan ukuran ketebalan



**Gambar 4.** Grafik perbandingan pada kaitan



**Gambar 5.** Grafik perbandingan pada penumpangan

Berdasarkan gambar 3,4, dan 5, penambahan limbah serbuk kaca dan kapur padam pada pembuatan genteng beton pada tipe variasi A, B, C, dan D memenuhi kriteria SNI 0096-2007.

### 3) Beban lentur

Pengujian beban lentur dilakukan ketika genteng beton telah berusia 28 hari dengan jumlah sampel 3 pada setiap tipe variasi penambahan limbah serbuk kaca dan kapur padam pada pembuatan genteng beton. Berikut data yang diperoleh pada pengujian beban lentur. Adapun hasil pengujian beban lentur ditunjukkan pada Gambar 6.

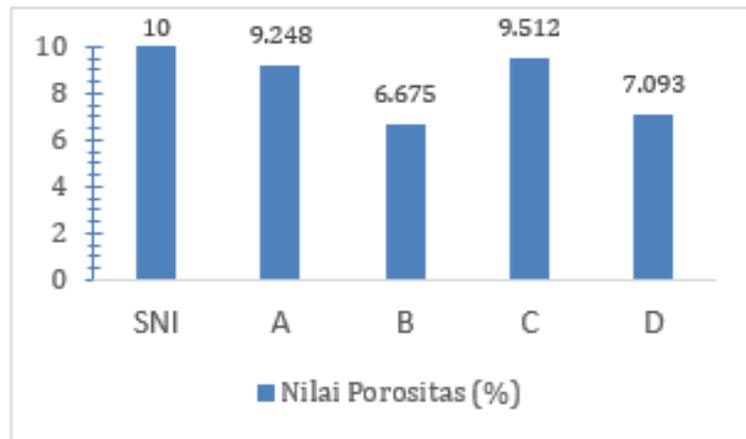


**Gambar 6.** Grafik hasil uji beban lentur

Dilihat dari Gambar 6, semua sampel pada tiap variasi penambahan limbah serbuk kaca dan kapur padam pada pembuatan genteng beton sudah memenuhi syarat SNI 0096-2007 untuk genteng beton dengan profil  $20 \geq t \geq 5$  dan lebar penutup  $\geq 300$  nilai beban lentur minimal 1400 N. Nilai beban lentur pada tipe variasi A atau konvensional memiliki nilai 1548,51 N. Genteng beton tipe variasi B dengan penambahan limbah serbuk kaca memiliki nilai 1562,25 N. Genteng Beton tipe variasi C dengan penambahan kapur padam memiliki nilai 1675,57 N. Sedangkan nilai beban lentur tipe variasi D memiliki nilai paling tinggi sebesar 1751,43 N dengan penambahan limbah serbuk kaca 10% terhadap berat pasir dan kapur padam 10% terhadap berat semen. Pembuatan genteng beton dengan penambahan limbah serbuk kaca dan kapur padam berpengaruh pada nilai beban lentur karena kapur sendiri memiliki kandungan yang sama dengan semen dan dapat menambah daya ikat lebih dari semen begitupun dengan serbuk kaca yang juga mampu menambah daya ikat. Berdasarkan hasil pengujian beban lentur, semua tipe variasi pada pembuatan genteng beton dengan penambahan limbah serbuk kaca dan kapur padam memenuhi ketentuan SNI 0096-2007 dengan nilai minimal 1400 N. Genteng beton variasi D dengan penambahan limbah serbuk kaca 10% dan kapur padam 10% memperoleh nilai optimal dibandingkan variasi lain.

## 4) Penyerapan air

Pengujian penyerapan air (porositas) dilakukan ketika genteng beton berusia 28 hari dengan jumlah 3 sampel tiap variasi pada penambahan limbah serbuk kaca dan kapur padam pada pembuatan genteng beton. Adapun hasil penyerapan air ditunjukkan pada Gambar 7.



**Gambar 7.** Grafik hasil pengujian nilai porositas

## 5) Rembesan air

Pengujian rembesan air (impermeabilitas) dilakukan ketika genteng beton berusia 28 hari dengan menggunakan 3 sampel pada setiap tipe variasi penambahan limbah serbuk kaca dan kapur padam pada pembuatan genteng beton. Adapun hasil pengujian rembesan air disajikan pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Hasil uji rembesan air

Tipe Variasi	Benda Uji	Hasil Pengujian	Keterangan
A	A1	Tidak Terjadi Tetesan Air	Memenuhi
	A2	Tidak Terjadi Tetesan Air	Memenuhi
	A3	Tidak Terjadi Tetesan Air	Memenuhi
B	B1	Tidak Terjadi Tetesan Air	Memenuhi
	B2	Tidak Terjadi Tetesan Air	Memenuhi
	B3	Tidak Terjadi Tetesan Air	Memenuhi
C	C1	Tidak Terjadi Tetesan Air	Memenuhi
	C2	Tidak Terjadi Tetesan Air	Memenuhi
	C3	Tidak Terjadi Tetesan Air	Memenuhi
D	D1	Tidak Terjadi Tetesan Air	Memenuhi
	D2	Tidak Terjadi Tetesan Air	Memenuhi
	D3	Tidak Terjadi Tetesan Air	Memenuhi

### 3.3. Analisis perbandingan harga produksi

Berikut perbandingan harga yang ada antara pembuatan genteng beton konvensional dengan genteng beton yang dilakukan penambahan limbah serbuk kaca dan kapur padam sesuai dengan Harga Satuan Pekerjaan Konstruksi Kota Semarang Tahun 2023. Adapun rekapitulasi harga produksi ditunjukkan pada Gambar 8.



**Gambar 8.** Grafik rekapitulasi harga produksi

Harga produksi genteng beton tipe variasi A atau genteng beton konvensional sebesar Rp. 2.100,00. Tipe variasi B dengan penambahan limbah serbuk kaca 10% sebesar Rp. 2.034,00. Tipe variasi C dengan penambahan kapur padam 10% sebesar Rp. 2.587,00. Tipe variasi D dengan penambahan limbah serbuk kaca 10% dan kapur padam 10% sebesar Rp. 2.521,00. Harga produksi terendah ada pada tipe variasi B dengan selisih Rp. 66,00 dari harga genteng beton konvensional. Walaupun pembuatan genteng beton dengan penambahan limbah serbuk kaca dan kapur padam memiliki harga produksi yang lebih mahal dari genteng beton konvensional namun memiliki kualitas lebih baik dilihat dari pengujian beban lentur, penyerapan air (porositas), dan rembesan air (impermeabilitas). Adapun rekapitulasi hasil pengujian disajikan pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Rekapitulasi hasil pengujian

Pengujian	Tipe A	Tipe B	Tipe C	Tipe D
Sifat Tampak	Halus, tidak retak, warna abu-abu gelap	Halus, tidak retak, warna abu-abu gelap	Halus, tidak retak, warna abu-abu terang	Halus, tidak retak, warna abu-abu terang
Ukuran	Ukuran memenuhi syarat SNI 0096-2007			
Beban Lentur	1548,51 N $\geq$ 1400 N (memenuhi SNI 0096-2007)	1562,25 N $\geq$ 1400 N (memenuhi SNI 0096-2007)	1675,57 N $\geq$ 1400 N (memenuhi SNI 0096-2007)	1751,43 N $\geq$ 1400 N (memenuhi SNI 0096-2007)
Penyerapan Air	9,248% < 10% (memenuhi SNI 0096-2007)	6,675% < 10% (memenuhi SNI 0096-2007)	9,512% < 10% (memenuhi SNI 0096-2007)	7,093% < 10% (memenuhi SNI 0096-2007)
Rembesan Air	Rembesan air (memenuhi SNI 0096-2007)			
Harga Produksi	Rp. 2.100,00 (per buah)	Rp. 2.034,00 (per buah)	Rp. 2.587,00 (per buah)	Rp. 2.521,00 (per buah)

## 4. Kesimpulan

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

- 1) Hasil pengujian sifat tampak genteng beton pada setiap tipe variasi tidak begitu berpengaruh dan semua benda uji telah memenuhi persyaratan SNI 0096-2007.

- 2) Hasil pengujian ukuran dari tebal, kaitan, dan penumpangan genteng beton pada setiap variasi memenuhi persyaratan SNI 0096-2007 karena ukuran bergantung pada cetakan yang digunakan saat pembuatan genteng beton tersebut.
- 3) Hasil pengujian beban lentur genteng beton, nilai paling tinggi berada pada tipe variasi D dengan penambahan limbah serbuk kaca dan kapur padam. Pembuatan genteng beton dengan penambahan limbah serbuk kaca dan kapur padam berpengaruh pada nilai beban lentur karena serbuk kaca dan kapur padam mampu meningkatkan daya ikat sehingga menghasilkan nilai paling optimal yaitu 1751,43 N. Berdasarkan hasil pengujian beban lentur, semua tipe variasi genteng beton memenuhi kriteria SNI 0096-2007 dengan nilai minimal 1400 N.
- 4) Hasil pengujian penyerapan air (porositas) genteng beton, persentase rata – rata nilai porositas paling optimal ada pada tipe variasi B dengan bahan tambahan limbah serbuk kaca yang memiliki persentase rata – rata nilai porositas 6,675 %. Sedangkan yang memiliki persentase rata – rata nilai porositas paling tinggi sebesar 9,512 % berada pada variasi C dengan bahan tambahan kapur padam dikarenakan sifat dari kapur yang menyerap air sehingga menyebabkan nilai porositas tinggi. Dari semua hasil perhitungan nilai porositas, semua tipe variasi berada dibawah nilai maksimal dan memenuhi ketentuan SNI 0096-2007.
- 5) Hasil pengujian rembesan air (impermeabilitas) genteng beton, semua tipe variasi tidak mengalami tetesan air dan rembesan sehingga semua tipe variasi telah memenuhi persyaratan SNI 0096-2007.
- 6) Tipe variasi B pembuatan genteng beton dengan penambahan limbah serbuk kaca sebesar 10% terhadap berat pasir memiliki harga produksi paling rendah sebesar Rp. 2.034,00. Walaupun pembuatan genteng beton variasi D dengan penambahan limbah serbuk kaca dan kapur padam memiliki harga produksi yang lebih mahal dari genteng beton konvensional namun memiliki kualitas lebih baik dilihat dari pengujian beban lentur, penyerapan air (porositas), dan rembesan air (impermeabilitas)

## Ucapan terima kasih

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

## Referensi

- Anonim. 1982. Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia (PUBI 1982). Pusat Penelitian dan Pengembangan Pemukiman, Badan Penelitian dan Pengembangan PU. Bandung.
- Badan Standarisasi Nasional, Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBI 1971), Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik, 1971.
- Faqrudin, A. F., & Setiawan, S. K. (2023). Pemanfaatan limbah serbuk kayu dan fly-ash sebagai bahan tambah pembuatan genteng beton eco-friendly (Doctoral dissertation, Universitas Diponegoro).
- Lubis, K., & Hermanto, E. (2020). Pembuatan genteng beton serat dengan bahan tambah serat serabut kelapa dan styrofoam. *Buletin Utama Teknik*, 15(2), 174-179.
- Mahardhika, R. S. F., & Setiawan, I. B. (2022). Pengaruh Substitusi Serbuk Kapur Tohor Sebagai Pengganti Semen Terhadap Karakteristik Beton (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Surakarta).
- Margareta, S. N. (2017). IDENTIFIKASI BATU KAPUR BERDASARKAN TEKSTUR MENGGUNAKAN METODE LEARNING VECTOR QUANTIZATION (Doctoral dissertation, Universitas Mercu Buana Yogyakarta).
- Prasetyo, C. D., Sunarsih, E. S., & Sucipto, T. L. A. KAJIAN PEMANFAATAN LIMBAH KACA SEBAGAI PENGGANTI AGREGAT HALUS DAN FLY ASH 30% DARI BERAT SEMEN DITINJAU DARI KUAT TARIK BELAH, DAYA SERAP DAN POROSITAS BETON. *Indonesian Journal Of Civil Engineering Education*, 6(2), 65-77.
- Pratiwi, C., Sambowo, K. A., & Supardi, S. (2014). Tinjauan beban lentur dan rembesan air pada genteng dengan bahan tambah limbah serbuk kaca. *Matriks Teknik Sipil*, 2(1), 85.
- Putra, S. (2022). Pengaruh Penambahan Limbah Serbuk Kaca Terhadap Kuat Tekan dan Rembesan Air Pada Genteng Beton (Doctoral dissertation, Universitas Medan Area).
- Suharson, A. (2017). Eksplorasi Limbah Kaca Pada Proses Finishing Gelasir Bodi Keramik. *Corak*, 6(1). SNI 0096-2007, Genteng Beton. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional (BSN).

- Taurano, G. A., Abda, J., Fernando, R., & Utama, A. B. (2021). Analisis Uji Kuat Tekan Beton dengan Substitusi Kapur dan Abu Sekam Padi sebagai Campuran Semen. *Orbith: Majalah Ilmiah Pengembangan Rekayasa dan Sosial*, 17(1), 1-11.
- Winarto, S. (2017). Pemanfaatan Serat Ijuk Sebagai Material Campuran Dalam Beton Untuk Meningkatkan Kemampuan Beton Menahan Beban Tekan Studi Kasus: Pembangunan Homestay Singonegaran Kediri. *UKaRsT*, 1(1), 1-10.



## Inovasi campuran beton dengan substitusi campuran plastik PET dan kertas

Yosua<sup>a\*</sup>, M. Afdlalul Gilbram<sup>b</sup>, Riza Susanti<sup>c</sup>, Asri Nurdiana<sup>d</sup>

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

### ARTICLE INFO

#### Corresponding author:

Email:

[morisyosua@gmail.com](mailto:morisyosua@gmail.com)  
[mgilbram45@gmail.com](mailto:mgilbram45@gmail.com)

#### Article history:

Received : 20 September 2023

Revised : 20 December 2023

Accepted : 10 January 2024

Publish : 22 March 2024

#### Keywords:

Construction, K125 Concrete, PET Plastic, Paper, Trash

### ABSTRACT

Concrete is important in building construction which functions as a raw material for infrastructure development, such as road, bridge, and building construction. The increase in concrete use is directly proportional to the increase in concrete production requirements. Various concrete innovations have been carried out to obtain a better innovation of the concrete constituent materials that has high compressive strength, for example using inorganic waste such as PET plastic and paper. PET plastic has the characteristics of light weight, resistance to corrosion and chemical reactions, and can improve the mechanical properties of concrete. Paper is a material made from organic fibers which can improve the characteristics of concrete in terms of cost, lightness, strength, and resistance to temperature changes. Based on this, researchers made concrete innovations using PET plastic waste and paper as a substitute for concrete aggregate. This research aims to determine the optimum mixture of PET plastic and paper as an addition in making K125 concrete. In this research, an experimental method was used with variations in PET plastic waste of 0.3%; 0.5%; 0.75%, and 1% and paper waste of 4% which will be compared with conventional concrete as a comparison. The tests carried out were compressive strength and absorption tests using cylindrical concrete measuring 15 cm x 30 cm at a concrete age of 28 days. The results of this research show that the optimum variation of concrete is concrete B with a compressive strength of 10.68 MPa and an absorption value of 2.3%; for Rp. 643,825.20/m<sup>3</sup>. It was concluded that concrete B complies with the SNI 03-2847-2002 standard regarding K125 concrete so that concrete B can be applied to lean concrete and concrete floor tiles and environmentally friendly concrete.

Copyright © 2024 PILARS-UNDIP

## 1. Pendahuluan

Beton merupakan salah satu elemen penting dalam bidang konstruksi yang berfungsi sebagai bahan baku konstruksi suatu pembangunan infrastruktur. Penggunaan beton sangat populer untuk konstruksi, seperti konstruksi jalan, jembatan, gedung, dan lain lain, dikarenakan beton dapat menahan gaya tekan dengan baik. Peningkatan penggunaan beton berbanding lurus dengan meningkatnya produksi kebutuhan produksi beton itu sendiri (Mildawati, 2023). Berbagai inovasi terhadap pembuatan beton saat ini terus dilakukan untuk mendapat rancangan komposisi bahan penyusun beton yang baik sehingga menghasilkan beton yang mempunyai kuat tekan tinggi, misalnya dengan memanfaatkan sampah anorganik seperti sampah plastik PET dan sampah kertas.

Plastik PET (*Polyethylene Terephthalate*) memiliki karakteristik kaku, ringan, kuat, tahan lama, tebal, dapat dibentuk dengan mudah saat dipanaskan, dan mempunyai dayatahan yang baik terhadap sobekan dan kikisan sehingga sangat cocok untuk pengujianMkuatdtekan (Apriliya et al., 2021). PlastikMPET yang digunakan adalah botol minuman kemasan. Penelitian yang dilakukan oleh Yudhis menunjukkan penambahan serat plastik PET untuk beton dapat meningkatkan kuat tekan

sebesar 23,67%. Kertas merupakan bahan yang terbuat dari serat organik yang dapat diubah menjadi bahan yang dapat meningkatkan karakteristik beton dalam hal hemat biaya, ringan, dan kuat serta memiliki ketahanan terhadap suhu yang berubah (Israini & Rahman, 2018). Kertas yang dipakai merupakan kertas HVS yang sudah tidak digunakan lagi dan diolah menjadi bubur kertas untuk memudahkan dalam mencampur bahan-bahan.

Sampah plastik adalah penyebab utama dari kerusakan lingkungan, termasuk polusi di tanah dan laut. Tingkat penggunaan plastik yang sangat tinggi dan sifat plastik yang tidak dapat terurai (*non-biodegradable*) menjadi permasalahan dimana dibutuhkan solusi untuk mendaur ulangnya (Pradana, 2019). Berdasarkan data yang diperoleh dari Asosiasi Industri Plastik Indonesia (INAPLAS) dan Badan Pusat Statistik (BPS) menyatakan bahwasanya sampah plastik di Indonesia jumlahnya mencapai 63 juta ton per tahun dimana sebanyak 3,1 juta ton dari sampah tersebut adalah sampah yang terbuang ke laut. PET (*polyethylene terephthalate*) ialah salah satu jenis sampah plastik yang tidak memiliki warna, contohnya botol minuman kemasan. Pemanfaatan limbah plastik PET sebagai bahan campuran beton adalah salah satu solusi untuk mengurangi dampak penggunaan limbah plastik yang semakin besar. Kertas sangat digunakan dalam kehidupan sehari-hari oleh hampir seluruh manusia. Produksi kertas yang terus meningkat akan memberikan dampak pada kelestarian lingkungan hidup (Astuti, 2018). *Paper on The Rocks* menyebutkan bahwa persentase deforestasi sama dengan perusakan 4,1 juta hektar hutan setiap tahun. World Wild Life menyatakan lebih dari 40 persen semua kayu global digunakan pada industri kertas. Jumlah sampah kertas pun relatif banyak yaitu berjumlah 7.458.000 pada tahun 2019 (KLHK, 2021). Kertas yang sudah digunakan tidak semuanya didaur ulang oleh pabrik atau masyarakat. Kertas yang tidak bermanfaat akan menumpuk di Tempat Pembuangan Akhir (TPA).

Kertas sangat digunakan dalam kehidupan sehari-hari oleh hampir seluruh manusia. Produksi kertas yang terus meningkat akan memberikan dampak pada kelestarian lingkungan hidup (Astuti, 2018). *Paper on The Rocks* menyebutkan bahwa presentase deforestasi sama dengan perusakan 4,1 juta hektar hutan setiap tahun. World Wild Life menyatakan lebih dari 40 persen semua kayu global digunakan pada industri kertas. Jumlah sampah kertas pun relatif banyak yaitu berjumlah 7.458.000 pada tahun 2019 (KLHK, 2021). Kertas yang sudah digunakan tidak semuanya didaur ulang oleh pabrik atau masyarakat. Kertas yang tidak bermanfaat akan menumpuk di Tempat Pembuangan Akhir (TPA).

Maka dari itu, peneliti melakukan penelitian campuran beton kertas dan plastik PET pada pembuatan beton k-125. Beton k-125 termasuk beton mutu rendah (*low strength concrete*) yang memiliki kuat tekan dibawah 20 MPa. Penelitian ini dibuat dengan tujuan mengembangkan penelitian yang dilakukan sebelumnya oleh Vladimir (2023). Pada penelitiannya dilakukan penggabungan limbah plastik PET dan kertas kedalam campuran beton ringan dengan penambahan 0,2% plastik PET pada agregat kasar serta 4% kertas pada agregat halus. Penelitian tersebut menghasilkan beton ringan yang memenuhi standar SNI 7394-2008. Namun terdapat ketidakefektifan dalam penelitian tersebut karena penggunaan persentase kertas dan plastik yang digunakan masing-masing hanya 1 variasi sehingga kuat tekan yang dihasilkan belum optimum. Berdasarkan hal tersebut dilaksanakan pengujian kuat tekan beton dengan memanfaatkan sampah kertas sebagai substitusi agregat halus dan plastik PET sebagai substitusi agregat kasar pada beton mutu k-125. Dilakukan penambahan variasi terhadap bahan substitusi (plastik PET dan kertas) sehingga akan mendapatkan kuat tekan beton yang optimum dan dapat digunakan dalam konstruksi *Lean Concrete* dan dak lantai beton dengan mutu sesuai standar SNI 03-2847-2002.

Tujuan Penelitian ini adalah menganalisis campuran optimum plastik PET dan kertas sebagai penambahan dalam pembuatan beton, menganalisis pengaruh penambahan plastik PET dan kertas sebagai substitusi agregat pada campuran beton berdasarkan hasil pengujian kuat tekan dan absorpsi, dan membandingkan dari segi biaya antara beton konvensional dengan beton inovasi yang menggunakan plastik PET dan kertas.

## 2. Data dan metode

### 2.1. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode pengumpulan data studi pustaka melalui jurnal sebagai bahan literatur yang memiliki keterikatan dengan rumusan masalah yang diambil. Selain itu, metode penelitian yang digunakan adalah metode kuantitatif eksperimental yang memiliki tujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan plastik PET dan kertas terhadap pengujian kuat tekan dan absorpsi beton. Penggunaan plastik PET dan kertas pada penelitian ini bertujuan sebagai bahan substitusi pada agregat beton. Metode kuantitatif eksperimental dilakukan secara langsung dan objektif di laboratorium.

### 2.2. Pengujian Material

Penelitian ini melakukan pengujian material pada agregat halus dan agregat kasar terlebih dahulu sebelum membuat sampel beton. Pengujian agregat halus yang dilakukan berdasarkan ASTM C136:2012 dan SNI S-04-1998-F adalah uji saringan, uji kadar organik menggunakan larutan NaOH, uji kadar lumpur, dan uji cucian. Sedangkan pengujian agregat kasar berdasarkan SNI 2417-2008 dan ASTM C136:2012 berupa uji keausan dengan mesin abrasi *Los Angeles* dan uji saringan.

### 2.3. Pengolahan Sampah

Material yang digunakan sebagai substitusi agregat pada beton adalah plastik PET dan kertas. Botol kemasan bekas dipotong menjadi bentuk cacahan plastik yang berukuran 0,5cm-2cm, sedangkan kertas terbuat dari kertas HVS yang diolah menjadi bubuk kertas. Adapun cacahan plastik PET dan serbuk kaca ditunjukkan pada Gambar 1 dan Gambar 2.



**Gambar 1.** Cacahan plastik PET



**Gambar 2.** Serbuk kaca

### 2.4. Job Mix Design

Pada tahap ini penulis melakukan perhitungan takaran dan kebutuhan material yang akan digunakan dalam membuat sampel beton. Penulis melakukan perhitungan melalui 2 cara yaitu perhitungan

dengan acuan (BSN SNI 03-2834-2000) tentang cara pembuatan rencana campuran beton normal dan perhitungan dengan acuan (SNI 7394-2008) tentang perhitungan harga satuan pekerjaan beton untuk konstruksi bangunan. Dari hasil perhitungan keduanya memiliki hasil yang tidak jauh berbeda, dengan perbandingan 1 PC : 3 PS : 3,67 Kr : 0,78 FAS untuk perhitungan 1 silinder 15 cm x 30 cm. Adapun rancangan *Job Mix Design* disajikan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** *Job Mix Design*

Beton K - 125						
Campuran Beton	Semen (kg)	Pasir (kg)	Kerikil (kg)	Air (Liter)	Plastik PET (kg)	Kertas (kg)
Beton substitusi Plastik PET 0,3% (kerikil) dan kertas 4% (pasir) (A)	1,462	4,212	5,346	1,139	0,016	0,175
Beton substitusi Plastik PET 0,5% (kerikil) dan kertas 4% (pasir) (B)	1,462	4,212	5,336	1,139	0,027	0,175
Beton substitusi Plastik PET 0,75% (kerikil) dan kertas 4% (pasir) (C)	1,462	4,212	5,322	1,139	0,040	0,175
Beton substitusi Plastik PET 1% (kerikil) dan kertas 4% (pasir) (D)	1,462	4,212	5,309	1,139	0,054	0,175

## 2.5. Metode Pembuatan Benda Uji

Siapkan material yang akan di gunakan seperti pasir, semen, air, split, bubuk kertas, dan cacahan plastik PET. Ukur takaran material yang dibutuhkan menggunakan timbangan berdasarkan perhitungan job mix desain. Sambil menimbang material yang di butuhkan ayak material seperti pasir dan kerikil menggunakan saringan berukuran 9,5mm, pada pasir material yang digunakan adalah pasir yang lolos saringan, sedangkan pada split material yang digunakan adalah material yang tertahan pada saringan. Siapkan alat alat yang akan digunakan untuk membuat sampel, seperti mesin pengaduk/molen, cetakan silinder ukuran 15x30, sekop, kerucut Abraham, tongkat tusukan, papan datar, palu karet. Bekisting silinder diberi pelumas gunanya bila nanti beton sudah mengeras di dalam cetakan mudah dilepas. Nyalakan molen, kemudian masukan pasir dan bubuk kertas terlebih dahulu. Setelah itu, masukan semen biarkan semen dan pasir tercampur hingga homogen. Masukan split dan bahan substitusi cacahan plastik PET ke dalam molen dan tunggu hingga semua bahan tersebut homogen. Masukan air yang sudah di timbang secara perlahan. Biarkan mesin mengaduk selama 5 menit hingga material tercampur. Adapun pengadukan beton menggunakan molen ditunjukkan pada Gambar 3.



**Gambar 1.** Pengadukan Beton Menggunakan Molen

Siapkan tempat seperti loyang besar untuk menampung beton segar. Setelah itu, beton dilakukan uji slump menggunakan kerucut Abraham. Kemudian, beton segar mulai dimasukan ke dalam cetakan silinder, dengan cara setiap 1/3 isi beton pada silinder tersebut ditusuk sebanyak

25x dan pukul silinder menggunakan palu karet untuk membuat beton semakin padat supaya di dalam cetakan tersebut beton tidak berongga atau terisi penuh. Kemudian, beton diletakkan di tempat yang aman bebas dari getaran. Tunggu hingga beton mengeras atau beton dapat di lepas dari cetakan setelah 20-24 jam. Adapun bentuk beton segar ditunjukkan pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Beton segar

### 3. Hasil dan pembahasan

#### 3.1. Pengujian material

Adapun pada penelitian ini akan dilakukan pengujian material sebagai berikut:

##### 1) Pengujian agregat halus

Agregat halus dilakukan 4 pengujian, yaitu uji saringan, kadar lumpur, organis, dan cucian agregat. Berdasarkan pengujian agregat halus yang telah dilakukan, pasir yang digunakan pada penelitian memenuhi syarat SNI acuan. Adapun rekapitulasi hasil pengujian dari pengujian agregat halus diuraikan pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Rekapitulasi hasil pengujian agregat halus

Jenis Pengujian	Hasil	SNI Acuan	Keterangan
Uji modulus Kehalusan	2,88	1,5-3,5	SNI ASTM C136:2012 Memenuhi
Uji Kadar Lumpur	94,7 %	>70%	SNI S-04-1998-F Memenuhi
Uji Organik	Bening/tidak berwarna - kuning muda	Bening/tidak berwarnakuning muda - merah kekuningan	SNI S-04-1998-F Memenuhi
Uji Cucian Agregat	3,5 %	<5%	SNI S-04-1998-F Memenuhi

##### 2) Pengujian agregat kasar

Agregat kasar dilakukan dua pengujian, yaitu uji keausan dan agregat kasar. Berdasarkan pengujian agregat kasar yang telah dilakukan, maka kerikil yang digunakan pada penelitian memenuhi syarat SNI acuan. Adapun rekapitulasi hasil dari pengujian agregat kasar diuraikan pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Rekapitulasi hasil pengujian agregat kasar

Jenis Pengujian	Hasil	SNI Acuan	Keterangan
Uji modulus Kehalusan	14,82%	< 20%	BSN SNI 03-2834-2000 Memenuhi
Uji Keausan	2,88%	5,5-7,5	SNI 2417-2008 Memenuhi

### 3.2. Hasil Pengujian *Slump* Beton

Pengujian *Slump* bertujuan untuk mengetahui homogenitas dan workability dari beton. Pengujian dilakukan berdasarkan SNI 1972:2008. Berdasarkan tabel dan grafik diatas dapat disimpulkan bahwa nilai uji *slump* yang dihasilkan memenuhi nilai *slump* beton K-125 yaitu  $12 \pm 2$  sesuai dengan SNI 7394 : 2008. Berikut adalah hasil pengujian *slump* pada beton segar dijelaskan pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Hasil uji *slump* beton

No	Campuran Beton	Nilai <i>Slump</i>	SNI 17394-2008	Keterangan
1	A	12	12 ± 2	Memenuhi
2	B	13		Memenuhi
3	C	11		Memenuhi
4	D	10		Memenuhi

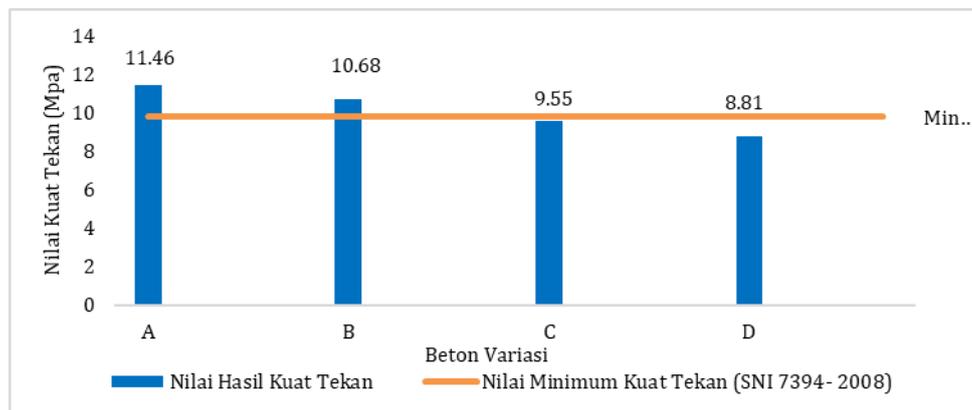
### 3.3. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Cetakan silinder yang berisi campuran beton dilepas setelah 1x24 jam campuran dibuat. Kemudian direndam selama selama 12 hari untuk dilakukan uji kuat tekan pada umur beton 28 hari menggunakan mesin CTM berdasarkan SNI 03-1974-1990. Berikut hasil uji kuat tekan pada umur 28 hari dijelaskan pada Tabel 5.

**Tabel 5.** Hasil uji kuat tekan beton umur 28 hari

No	Campuran Beton	Kuat Tekan Beton rata-rata (28 hari)		SNI 7394- 2008 (28 Hari)	Keterangan
		MPa	kg/cm <sup>2</sup>	MPa	
1	A	11,47	138,25	9,8	Memenuhi
2	B	10,68	128,70	9,8	Memenuhi
3	C	9,55	115,05	9,8	Tidak Memenuhi
4	D	8,81	106,19	9,8	Tidak Memenuhi

Berdasarkan data hasil kuat tekan Tabel 5 maka didapatkan rekapitulasi nilai berbentuk grafik yang ditunjukkan pada Gambar 5.



**Gambar 5.** Nilai kuat tekan beton rata-rata beton umur 28 hari

Berdasarkan Tabel 5 dan Gambar 5, pada variasi beton B (subsitusi 0,5% plastik dan 4% kertas) saat di uji kuat tekan pada usia 28 hari mengalami penurunan nilai dari beton A (subsitusi 0,3% plastik dan 4% kertas), merupakan variasi beton yang memiliki nilai tekan paling tinggi. Di karenakan penambahan plastik PET berlebih pada campuran beton memberikan efek yang dapat menurunkan nilai kuat tekan, walaupun begitu nilai kuat tekan pada beton B masih pada standar.

Pada pengujian beton C (subsitusi 0,75% plastik pet dan kertas 4 %) dan beton D (subsitusi 1% plastik pet dan kertas 4 %) memiliki nilai kuat tekan dibandingkan dengan beton A dan B, walaupun plastik PET bagus untuk campuran beton yang berfungsi untuk mengisi rongga kosong yang tidak dapat di isi dapat oleh batu pecah maupun kerikil dan punya sifat kedap air yang dimana jika beton memiliki daya serap air yang tinggi beton akan mengalami degradasi kualitas, oleh karena itu adanya

plastik bisa mencegah degradasi pada beton, meskipun begitu plastik tidak dapat mengganti sifat sejati agregat kasar seperti batu pecah yang keras kuat dengan tekanan. Seperti hasil kuat tekan yang kita dapat saat tiap variasi beton kita tambahkan persentasenya yang menunjukkan turunnya nilai kuat tekan. Sama halnya kertas saat dicampurkan ke beton, yang memiliki sifat lunak menghasilkan beton berpori mengakibatkan ketahanan aus yang rendah pada beton (Parsika, 2019).

Berdasarkan keterangan di atas kuat tekan beton A punya nilai kuat yang paling tinggi diantara 3 beton variasi lainnya yang memiliki kuat tekan sebesar 11,47 Mpa, pada urutan kedua beton B memiliki nilai kuat tekan 10,68 Mpa, selanjutnya beton C memiliki nilai kuat tekan 9,55 Mpa dan terakhir beton D memiliki nilai kuat tekan 8,81 Mpa, berdasarkan hal tersebut dapat disimpulkan kita dapat menggantikan campuran beton sesuai standar maksimal menggunakan 0,5% plastik PET dan kertas 4%.

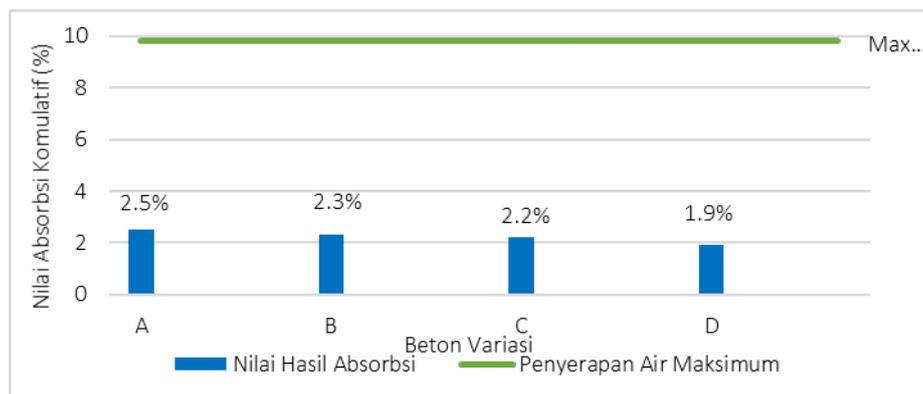
### 3.4. Hasil Pengujian Absorpsi Beton

Pengujian absorpsi beton dilakukan pada saat umur beton mencapai 28 hari, kemudian diangkat dari proses curing dan dibersihkan dari air yang menempel pada benda uji. Setelah itu dimasukan ke dalam oven selama 4 jam kemudian ditimbang beratnya. Adapun hasil uji absorpsi beton disajikan pada Tabel 6.

**Tabel 6.** Hasil uji absorpsi beton umur 28 hari

NO	Campuran Beton	Berat Basah (kg)	Berat Kering (kg)	Hasil absorpsi	SNI 03-0349-1989	Keterangan
1	A	11,64	11,31	2,5 %	10%	Memenuhi
2	B	11,72	11,41	2,3 %		Memenuhi
3	C	11,47	11,21	2,2 %		Memenuhi
4	D	11,36	11,16	1,9%		Memenuhi

Berdasarkan data hasil uji absorpsi Tabel 6, maka didapatkan rekapitulasi nilai berbentuk grafik yang ditunjukkan pada Gambar 6.



**Gambar 6.** Hasil absorpsi beton umur 28 hari

Dari Tabel 6 dijelaskan bahwa beton campuran A memiliki nilai absorpsi 2,5%, beton campuran B memiliki nilai absorpsi 2,3%, beton campuran C memiliki nilai absorpsi 2,2% dan beton campuran D memiliki nilai absorpsi 1,9 %. dapat disimpulkan ke empat variasi ini memiliki nilai absorpsi yang aman di bawah 10%. Faktor yang mempengaruhi tidak lain adalah adanya penambahan plastik PET pada campuran beton, semakin banyak plastik PET yang digunakan semakin sedikit juga beton akan menyerap air (Yudhis Tira Pradana 2019), berbeda dengan kertas semakin banyak kertas yang digunakan maka semakin banyak pula rongga pada beton tersebut yang mengakibatkan besarnya nilai serap (anggraeni, 2020).

Hal ini di buktikan dari hasil nilai daya serap yang telah kita uji dimana beton A memiliki nilai daya serap paling tinggi di angka 2,5% sedangkan beton D memiliki nilai daya serap 1,9% dikarenakan banyaknya plastik PET dalam campuran beton tersebut. Meskipun begitu ke empat variasi beton ini

memiliki nilai daya serap yang berbeda. Beton-beton ini memiliki nilai absorpsi masih berada di batas aman yaitu di bawah 10% (SNI 03-0349-1989).

### 3.5. Biaya Material

Biaya material berdasarkan website dinas PU Bina Marga dan Cipta Kerja di Kota Semarang Harga Satuan Pekerjaan Konstruksi Edisi ke-1 Tahun 2023 untuk ukuran 1 m<sup>3</sup> mutu beton K 125 pada beton konvensional per m<sup>3</sup> disajikan pada Tabel 7.

**Tabel 7.** Biaya Material Beton Vladimir Substitusi 0,2% PET dan 4% Kertas per m<sup>3</sup>

Material	Koefisien	Satuan	Harga Satuan	Harga Jumlah
Semen	276	kg	Rp 1.100,00	Rp 303.600,00
Pasir	828	kg	Rp 200,00	Rp 158.976,00
Kerikil	1012	kg	Rp 180,00	Rp 181.795,68
Air	215	liter	-	-
Plastik PET	3,036	kg	-	-
Kertas	33,12	kg	-	-
<b>Total</b>				Rp 644.371,68

Tabel 7 menunjukkan bahwa jumlah biaya material yang diperlukan untuk membuat 1 benda uji beton Vladimir Substitusi 0,2% PET dan 4% Kertas per m<sup>3</sup> adalah sebesar Rp. 644.371,68. Sedangkan biaya material beton substitusi plastik PET 0,3% dan kertas 4% (A) per m<sup>3</sup> dijabarkan pada Tabel 8.

**Tabel 8.** Biaya Material Beton Substitusi Plastik PET 0,3% dan kertas 4% (A) per m<sup>3</sup>

Material	Koefisien	Satuan	Harga Satuan	Harga Jumlah
Semen	276	kg	Rp 1.100,00	Rp 303.600,00
Pasir	794,88	kg	Rp 200,00	Rp 158.976,00
Kerikil	1008,964	kg	Rp 180,00	Rp 181.613,52
Air	215	liter	-	-
Plastik PET	3,036	kg	-	-
Kertas	33,12	kg	-	-
<b>Total</b>				Rp 644.189,52

Tabel 8 menunjukkan bahwa jumlah biaya material yang diperlukan untuk membuat 1 benda uji beton substitusi plastik PET 0,3% dan kertas 4% (A) per m<sup>3</sup> adalah sebesar Rp. 644.189,52. Sedangkan biaya material beton substitusi plastik PET 0,5% dan kertas 4% (B) per m<sup>3</sup> dijabarkan pada Tabel 9.

**Tabel 9.** Biaya Material Beton Substitusi Plastik PET 0,5% dan kertas 4% (B) per m<sup>3</sup>

Material	Koefisien	Satuan	Harga Satuan	Harga Jumlah
Semen	276	kg	Rp 1.100,00	Rp 303.600,00
Pasir	794,88	kg	Rp 200,00	Rp 158.976,00
Kerikil	1006,94	kg	Rp 180,00	Rp 181.249,20
Air	215	liter	-	-
Plastik PET	5,06	kg	-	-
Kertas	33,12	kg	-	-
<b>Total</b>				Rp 643.825,20

Tabel 9 menunjukkan bahwa jumlah biaya material yang diperlukan untuk membuat 1 benda uji beton substitusi plastik PET 0,5% dan kertas 4% (B) per m<sup>3</sup> adalah sebesar Rp. 643.825,20. Kemudian biaya material beton substitusi plastik PET 0,75% dan kertas 4% (C) per m<sup>3</sup> dijelaskan pada Tabel 10.

**Tabel 10.** Biaya Material Beton Substitusi Plastik PET 0,75% dan kertas 4% (C) per m<sup>3</sup>

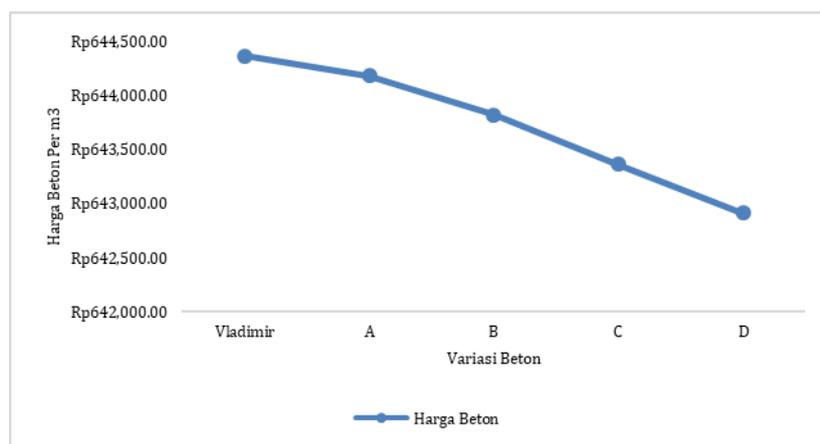
Material	Koefisien	Satuan	Harga Satuan	Harga Jumlah
Semen	276	kg	Rp 1.100,00	Rp 303.600,00
Pasir	794,88	kg	Rp 200,00	Rp 158.976,00
Kerikil	1004,41	kg	Rp 180,00	Rp 180.793,80
Air	215	liter	-	-
Plastik PET	7,59	kg	-	-
Kertas	33,12	kg	-	-
<b>Total</b>				Rp 643.369,80

Tabel 10 menunjukkan bahwa jumlah biaya material yang diperlukan untuk membuat 1 benda uji beton substitusi plastik PET 0,75% dan kertas 4% (C) per m<sup>3</sup> adalah sebesar Rp. 643.369,80. Kemudian biaya material beton substitusi plastik PET 1% dan kertas 4% (D) per m<sup>3</sup> dijelaskan pada Tabel 11.

**Tabel 11.** Biaya Material Beton Substitusi Plastik PET 0,75% dan kertas 4% (B) per m<sup>3</sup>

Material	Koefisien	Satuan	Harga Satuan	Harga Jumlah
Semen	276	kg	Rp 1.100,00	Rp 303.600,00
Pasir	794,88	kg	Rp 200,00	Rp 158.976,00
Kerikil	1001,88	kg	Rp 180,00	Rp 180.338,40
Air	215	liter	-	-
Plastik PET	10,12	kg	-	-
Kertas	33,12	kg	-	-
<b>Total</b>				Rp 642.914,40

Tabel 11 menunjukkan bahwa jumlah biaya material yang diperlukan untuk membuat 1 benda uji beton substitusi plastik PET 0,2% dan kertas 4% (D) per m<sup>3</sup> adalah sebesar Rp. 642.914,40. Rekapitulasi biaya material variasi beton ditunjukkan pada Gambar 7.



**Gambar 7.** Grafik harga beton per m<sup>3</sup>

Gambar 3.3 menunjukkan bahwa anggaran biaya pembuatan beton substitusi plastik PET 1% dan kertas 4% (D) lebih hemat Rp. 1.457,28/m<sup>3</sup> dibandingkan dengan biaya pembuatan beton Vladimir substitusi 0,2% PET dan 4% Kertas.

### 3.6. Pemilihan Campuran Optimum

Adapun pemilihan campuran optimum variasi beton disajikan pada Tabel 12.

**Tabel 12.** Rekapitulasi pengujian sampel

Indikator	Variasi Beton				
	Penelitian Terdahulu Vladimir dan Dewi (2023) (0,2% plastik & 4% kertas)	A (0,3% plastik & 4% kertas)	B (0,5% plastik & 4% kertas)	C (0,75% plastik & 4% kertas)	D (1% plastik & 4% kertas)
<b>Kuat Tekan</b>	20,63	11,47	10,68	9,55	8,81
<b>Absorpsi</b>	2,4%	2,5%	2,3%	2,2%	1,9%
<b>Harga</b>	Rp 644.371,68	Rp 644.189,52	Rp 643.825,20	Rp 643.369,80	Rp 642.914,40

Berdasarkan Tabel 12 dapat disimpulkan bahwa variasi beton yang memiliki nilai kuat tekan paling tinggi didapati pada variasi beton penelitian terdahulu yang memiliki nilai 20,63 MPa, sedangkan variasi beton yang memiliki nilai absorpsi paling rendah dan harga paling murah didapati pada variasi beton D yang memiliki nilai absorpsi 1,9% dan harga 642.914,90, meskipun begitu pada penelitian ini variasi beton yang memiliki hasil optimum ada variasi beton B, jika dibandingkan dengan variasi beton D yang memiliki nilai absorpsi dan harga yang baik pada hasil ini tetapi nilai kuat tekannya jauh dari standar SNI yang hanya mendapatkan 8,81 MPa. Begitu juga dibandingkan dengan

beton penelitian terdahulu yaitu Vladimir (Substitusi 0,2% PET dan 4% Kertas) yang memiliki nilai kuat tekan yang paling tinggi diantara variasi beton lainnya, dikarenakan material plastik memiliki kerapatan yang lebih baik sehingga volume campuran beton dapat terisi dengan baik (Aprilia, 2021), tetapi variasi beton B (Substitusi 0,5% PET dan 4% Kertas) menunjukkan batas penambahan substitusi PET yang memiliki kuat tekan di atas spesifikasi yaitu 10,68 MPa.

Kemudian pada hasil absorpsi, variasi beton B memiliki nilai absorpsi yang lebih baik (Substitusi 0,5% PET dan 4% Kertas) yaitu 2,3% dibandingkan beton Vladimir (Substitusi 0,2% PET dan 4% Kertas) sebesar 2,4%, artinya semakin banyak PET yang digunakan maka semakin kecil pula absorpsi air karena PET tersebut tidak menyerap air terlalu banyak (Pradana, 2019).

Dari hal tersebut, dapat disimpulkan variasi beton B (Substitusi 0,5% PET dan 4% Kertas) adalah variasi beton yang paling optimal diantara variasi beton lainnya karena memiliki nilai absorpsi yang lebih baik dan harga yang lebih ekonomis, serta memiliki kuat tekan yang memenuhi standar SNI.

#### 4. Kesimpulan

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

- 1) Hasil penelitian ini dapat diketahui bahwa variasi optimum beton adalah beton B dengan hasil kuat tekan sebesar 10,68 MPa dan nilai absorpsi sebesar 2,3%; dengan biaya Rp. 643.825,20/m<sup>3</sup>. Disimpulkan bahwa beton B memenuhi standar SNI 03-2847-2002 mengenai beton K125 sehingga beton B dapat diaplikasikan menjadi *lean concrete* dan dak lantai beton serta beton ramah lingkungan.
- 2) Hasil pengujian kuat tekan dan absorpsi terhadap penambahan plastik PET dan kertas sebagai substitusi agregat pada campuran beton K125 didapatkan hasil sebagai berikut:
  - a. Nilai terbaik dari uji kuat tekan berada di variasi A dengan nilai kuat tekan 138,25 kg/cm<sup>2</sup>, sedangkan nilai terendah berada pada variasi D dengan nilai kuat tekan 106,19 kg/cm<sup>2</sup>.
  - b. Nilai terbaik pada absorpsi berada pada variasi D dengan nilai daya serap air 1,9%, sedangkan nilai terendah berada pada variasi A dengan nilai daya serap air 2,5%.
- 3) Berdasarkan penelitian dan hasil pengujian, didapatkan biaya pembuatan untuk 1 benda uji beton normal per m<sup>3</sup> adalah Rp. 651.360,00 Sedangkan harga beton terbaik berada pada variasi D dengan persentasi 1% plastik PET dan 4% kertas dengan harga produksi Rp. 642.914,40 sehingga terjadi penekanan biaya sebesar Rp. 8.445,60/m<sup>3</sup>.

#### 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

- Pradana, Y. T. (2019). *Analisa Pengaruh Campuran Serat Plastik Sebagai Material Beton Ringan*. repositori.uma.ac.id. <https://repositori.uma.ac.id/handle/123456789/10589>
- Vladimir, M. B. (2023). Pemanfaatan sampah plastik pet dan kertas sebagai substitusi agregat pada beton ringan pada kolom praktis bangunan. *Jurnal Sipil Dan Arsitektur*. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/pilars/article/view/39229>
- Apriliya, R., Bahar, S. B., & ... (2021). Pengaruh Kuat Tekan Beton dengan Menggunakan Bahan Tambah Botol Plastik Kemasan Air Mineral Jenis Polyethylene Terephthalate (Pet). *SCEJ (Shell Civil ....* <http://jurnal-umbuton.ac.id/index.php/SCEJ/article/view/1546>
- HADI, H. S. (2018). Analisis Penambahan Limbah Kertas Terhadap Kuat Tekan Beton Ringan. *Ganec Swara*. <https://www.journal.unmasmataram.ac.id/index.php/GARA/article/view/20>
- Putra, D. M. (2018). *Analisa Pengaruh Penambahan Limbah Kertas terhadap Kuat Tekan Beton Ringan untuk Partisi Gedung*. repositori.uma.ac.id. <https://repositori.uma.ac.id/handle/123456789/9266>
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2020). Sistem Informasi Pengelolaan sampah Nasional. <https://sipsn.menlhk.go.id/sipsn/>
- Badan Pusat Statistik. (2021). Lingkungan Hidup. Badan Pusat Statistik (bps.go.id)
- Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. (2021). Loka Konservasi Biota Laut Tual. [kbtual.lipi.go.id](http://kbtual.lipi.go.id)

- Badan Standarisasi Nasional. SNI 03-1968-1990. (1990). *Metode pengujian tentang analisis saringan agregat halus dan kasar.*
- Badan Standarisasi Nasional. SNI 03-1970-1990. (1990). *Metode pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus.*
- Badan Standarisasi Nasional. SNI 1971-2011. (2011). *Cara uji kadar air total agregat dengan pengeringan.*
- Badan Standarisasi Nasional. SNI 03-4428-1997. (1997). *Metode pengujian agregat halus atau pasir yang mengandung bahan plastic dengan cara setara pasir.*
- Badan Standarisasi Nasional. SNI 03-2417-1991. (1991). *Metode pengujian keausan agregat dengan mesin abrasi los angeles.*

© PILARS, 2024. All rights reserved

