



PILARS

JURNAL SIPIL
DAN ARSITEKTUR

OPEN ACCESS



E-ISSN 2988-5973

JURNAL SIPIL DAN ARSITEKTUR



PILARS	Volume 3	Nomor 1	Maret 2025	Hal 1-76	Semarang-Jawa Tengah
---------------	-----------------	----------------	-------------------	-----------------	-----------------------------



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

JURNAL SIPII DAN ARSITEKTUR



Volume 3 Nomor 1 Maret 2025

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 3 Nomor 1 Maret 2025

DAFTAR ISI

1. Pemanfaatan Limbah Abu Sekam dan Bonggol Jagung Sebagai Bahan Tambah dalam Proses Pembuatan Genteng Beton
(Yusnika Devi Hartaji, Ahmad Rayhan, Riza Susanti, Hartono) 1-11
2. Analisis Kualitas Genteng Beton *Eco-Friendly* dengan *Cocofiber* dan Cangkang Telur Ayam Sebagai Substitusi Pasir dan Semen
(Ayu Rindiani, Restu Pradipta Eskananda, Hartono Hartono, Riza Susanti) 12-23
3. Studi Eksperimen Penambahan Limbah Kaca Bening (*Float Glass*) dan Cangkang Kerang Hijau (*Perna viridis*) pada Efektivitas Cat *Waterproofing*
(Nais Sofina Zulfa, Luthfiah Ajeng Herdiartanti, Riza Susanti, Hartono) 24-31
4. Pemanfaatan Limbah Plastik dan Kaca Sebagai Substitusi dalam Pembuatan Roster
(Naufal Azhary Handoko, Ghanny Wijaya Kusuma, Hartono Hartono, Riza Susanti) 32-43
5. Analisis Implementasi Prinsip Universal Desain dalam Meningkatkan Aksesibilitas bagi Penyandang Disabilitas (Studi Kasus: SMK TI BAZMA Bogor)
(Yanuar Eka Putri, Sukawi Sukawi) 44-54
6. Penerapan Arsitektur Tropis pada Redesain Gedung Fakultas Ilmu-Ilmu Kesehatan Universitas Jenderal Soedirman dengan Pendekatan Desain Universal Sebagai Optimalisasi Bangunan Ramah Difabel
(Dhila Putri Leksono, Mohammad Sahid Indraswara) 55-66
7. Perencanaan Ulang *Overpass* Cabe Raya, Ciputat, Tangerang Selatan Berbasis BIM
(Galang Huda Nugraha, Onyvia Whika Elfrida, Asri Nurdiana, Riza Susanti) 67-76



Pemanfaatan limbah abu sekam dan bonggol jagung sebagai bahan tambah dalam proses pembuatan genteng beton

Yusnika Devi Hartajji^{a*}, Ahmad Rayhan^a, Riza Susanti^a, Hartono^a

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

ARTICLE INFO

Corresponding author:

Email:

yusnikadevihartajji@gmail.com

Article history:

Received : 12 June 2024

Accepted : 14 March 2025

Publish : 29 March 2025

Keywords:

additive materials, ash husk, concrete tile, corn cob ash, flexural strength,

ABSTRACT

Concrete tile has brittle properties, so it is less able to withstand loads because it has low bending strength. In addition, concrete tiles also often experience leaks caused by cracks. Therefore, innovation is needed to overcome these weaknesses. This study used materials from waste husk ash and corn weevil ash as a mixture composition. Husk ash is possible because it contains much silica, which, when combined with cement, can increase the bending strength of concrete tiles. Another material that can be used is corn weevil ash because it contains plastic properties that can fill the pores to reduce the potential for concrete tile leakage. This study used an experimental research method with a ratio of cement and sand composition of 1: 3. Substitution percentage for husk ash and corn weevil ash variation A (0% : 0%); B (7.5%: 7.5%); C (10%: 5%); D (12.5%: 2.5%). Tests were conducted based on SNI 0096-2007 for visible properties, size, flatness, flexural strength, water absorption (porosity), and water seepage (impermeability). The test results show that the optimum concrete tile was obtained in variation C with an increase in bending strength of 24.94%, 1869.06 N, and an average water absorption of 7.91%. The production cost of concrete tiles with additional husk ash and corn weevil ash amounted to Rp 3128.82, down 0.041% due to added materials that can reduce the use of cement and sand so that production costs decrease. Based on the test results, adding husk ash and corn weevil ash gives concrete tiles higher flexural strength, more leak resistance, and more economic.

Copyright © 2025 PILARS-UNDIP

1. Pendahuluan

Proyek pembangunan yang meningkat mendorong kegiatan pengembangan dalam memaksimalkan kualitas konstruksi. Kualitas konstruksi ditingkatkan dengan mengoptimalkan kualitas mutu bahan bangunan. Bahan bangunan banyak dilakukan inovasi untuk memenuhi sifat kurang yang masih terdapat di dalamnya (Dalimunthe, et al., 2023). Inovasi konstruksi yang dapat dilihat wujudnya dalam kehidupan sehari-hari yaitu inovasi pada atap bangunan. Hal ini sejalan dengan banyaknya pembangunan yang menuntut untuk menciptakan sesuatu demi memenuhi kebutuhan sesuai keinginan termasuk genteng (Zahari, 2019).

Genteng atau penutup atap memiliki syarat ringan, kedap air, dan kuat melindungi bagian atas bangunan. Seperti genteng beton yang bagus sebagai penutup atap dengan ketahanan tinggi dan tidak mudah berubah bentuk tetapi cukup berat dan kurang tahan kebocoran (Nugroho, et al., 2017). Oleh karena itu, banyak dicoba penelitian untuk mengatasi kelemahan genteng dengan bahan ramah lingkungan agar tetap aman (RACHMAN, 2015). Bahan ramah lingkungan yang dapat digunakan sebagai bahan tambah dalam campuran genteng beton yaitu limbah abu sekam padi dan abu bonggol jagung.

Pada penelitian terdahulu penambahan abu sekam padi 2,5%-7,5% optimum meningkatkan kuat lentur dan porositas genteng beton (Dewi, 2020). Penelitian lain menyebutkan bahwa kuat tekan beton paling tinggi pada penambahan persentase abu sekam padi sebanyak 10% (Raharja, et al., 2013). Kuat tekan beton yang tinggi memiliki korelasi kuat dengan kuat lentur beton dengan korelasi koefisien antara 0,8-1,0 (Suryani et al., 2018).

Abu sekam padi merupakan sisa dari penggilingan padi dengan pemanfaatan masih minim hanya untuk membakar batu bata, genteng, abu gosok, atau hanya dibuang dan dibakar begitu saja untuk membuangnya. Pembakaran abu sekam padi di sawah secara langsung dapat mengurangi kesuburan tanah sehingga akan mempengaruhi tanah (Utomo, 2017). Abu sekam juga bersifat pozzolan cukup tinggi yang mana ketika digabungkan dengan semen dapat meningkatkan kekuatan dengan kandungan senyawa silika 94%-96% (Heldita, 2018). Senyawa silika (SiO_2) juga bahan primer semen portland atau semen biasa (Rachman, 2015).

Selain inovasi bahan tambah dengan menggunakan abu sekam, penambahan abu bonggol jagung juga dapat meningkatkan kekuatan beton sebesar 8,36% dari kekuatan beton biasa dengan tambahan abu bonggol jagung sebanyak 5% dari variasi penambahan 0%, 5%, 10%, 15% dari berat pasir (Wijaya, 2020). Selain itu menurut Badan Pusat Statistik per tahunnya limbah bonggol jagung yang ada di Indonesia 5,7 juta ton digunakan untuk pakan ternak dan banyak tidak dimanfaatkan (Sari et al., 2018). Limbah jagung menjadi limbah pertanian yang tidak mengganggu ketersediaan bahan pangan di dunia. Belum lama ini sebuah penelitian membahas struktur mikro bonggol jagung mirip polistirena yang memiliki sifat plastis dapat mengurangi keretakan genteng beton penyebab kebocoran (Pereira et al., 2012). Oleh karena itu, penambahan abu sekam padi dan abu bonggol jagung pada genteng beton diharapkan dapat meningkatkan kuat lentur, dan mencegah keretakan yang menyebabkan kebocoran.

2. Data dan metode

2.1. Metode penelitian

Pada penelitian ini penulis menggunakan metode pengumpulan data studi pustaka melalui jurnal sebagai bahan literatur yang memiliki keterkaitan dengan rumusan masalah yang diambil. Selain itu, metode penelitian yang digunakan adalah metode kuantitatif eksperimental yang dilakukan secara langsung dan objektif di laboratorium dengan tujuan untuk mengetahui dan menganalisis bahan substitusi atau variabel pengganti sesuai dengan syarat SNI yaitu berkaitan dengan pengujian rembesan, pengujian penyerapan, pengujian sifat tampak, pengujian ukuran, pengujian kerataan, dan pengujian kuat lentur. Sehingga didapatkan campuran terbaik dan efisien antara abu sekam dengan abu bonggol jagung yang menghasilkan genteng beton memiliki kuat lentur tinggi, murah, dan tidak mudah bocor.

2.2. Pengujian material

Pengujian material pada penelitian ini meliputi pengujian pada pasir, semen, dan air sebelum dilakukan pembuatan benda uji. Pengujian pasir dilakukan pengujian sesuai dengan SNI S-0401998-F, dan untuk pengujian semen sesuai SNI 15-7064-2004. Selain itu, untuk pengujian abu sekam dilakukan sesuai dengan pengujian semen begitupun sebaliknya untuk pengujian abu bonggol jagung dilakukan pengujian sesuai dengan pengujian agregat halus atau pasir.

2.3. Persiapan material tambah

Pada penelitian ini menggunakan bahan tambah pada pembuatan genteng beton yaitu limbah abu sekam dan limbah abu bonggol jagung. Untuk limbah abu sekam yang digunakan adalah abu sekam yang lolos saringan 0,3 mm, sedangkan limbah bonggol jagung yang digunakan adalah bonggol jagung yang lolos saringan 4,75 mm. Adapun bahan tambah ditunjukkan pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1. Abu sekam



Gambar 2. Abu bonggol jagung

2.4. Job mix design

Sampel dalam penelitian ini dari variasi penambahan abu sekam dan abu bonggol jagung pada campuran genteng beton. Benda uji dibuat dengan campuran semen : agregat halus sebanyak 1 : 3 dan dibedakan persentase bahan tambahannya seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Job mix design

Variasi	Semen (%)	Agregat Halus (%)	Air (%)	Abu Sekam (%)	Abu Bonggol Jagung (%)
A	100,0	100,0	0,35	0,0	0,0
B	92,5	92,5	0,35	7,5	7,5
C	90,0	95,0	0,35	10,0	5,0
D	87,5	97,5	0,35	12,5	2,5

2.5. Pembuatan benda uji

Langkah – langkah dalam penelitian ini berupa pembuatan inovasi genteng beton adalah sebagai berikut :

- i) Mempersiapkan alat dan bahan untuk percobaan sesuai dengan kebutuhan yang telah direncanakan
- ii) Memasukkan bahan-bahan penyusun genteng beton ke dalam bak pengaduk disertai dengan bahan tambah berupa limbah abu sekam dan bonggol jagung ke dalam ember menggunakan cetokan
- iii) Mengaduk adonan tersebut sampai tercampur rata dan menjadi adukan yang homogen
- iv) Menuangkan adukan genteng beton tersebut ke dalam cetakan sampai penuh yang sebelumnya telah diberi alas plastik
- v) Setelah dimasukkan ke dalam cetakan genteng tersebut ditekan dan digosok-gosok sampai halus
- vi) Melakukan langkah tersebut berulang-ulang sampai jumlah genteng beton mencapai jumlah yang diinginkan untuk diuji
- vii) Mengeringkan genteng yang sudah dicetak, kemudian diangin-anginkan pada tempat yang terlindung dari terik matahari dan hujan selama 24 jam

- viii) Menyimpan genteng beton dalam ruangan lembab selama 24 jam, kemudian benda uji direndam dalam air bersih selama minimal tiga hari, setelah itu genteng beton diangkat dari tempat perendaman dan diangin-anginkan sampai hari pengujian. Genteng beton yang siap diuji dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Genteng beton

3. Hasil dan pembahasan

3.1. Pengujian material

3.1.1. Pengujian agregat halus

Pada pengujian agregat halus dilakukan empat pengujian yaitu uji kadar lumpur, uji kandungan organis, uji gradasi pasir, dan uji berat jenis pasir. Diharapkan dari keempat pengujian didapatkan hasil sesuai dengan SNI. Adapun hasil dari pengujian agregat halus dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Rekapitulasi hasil pengujian agregat halus

Jenis Pengujian	Hasil	Standard Acuan	Keterangan
Kadar Lumpur	3,1%	SNI S-04-1989-F (Maksimal 5%)	Memenuhi
Kandungan Organik (NaOH)	3,8%	SNI S-04-1989-F (Maksimal 5%)	Memenuhi
Gradasi Pasir	3,219	SNI 03-1750-1990 (Berkisar 1,5%-3,8%)	Memenuhi
Berat Jenis Pasir	2,513	SNI 03-1970-90 dan ASTM C 29M-91a (Berkisar 2,2 - 2,7)	Memenuhi

3.1.2. Pengujian semen

Pada pengujian semen dilakukan dua pengujian yaitu uji konsistensi normal semen dan uji waktu ikat awal semen. Diharapkan dari pengujian tersebut didapatkan hasil sesuai dengan SNI. Adapun hasil dari pengujian semen dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Rekapitulasi hasil pengujian semen

Jenis Pengujian	Hasil	Standard Acuan	Keterangan
Konsistensi normal Semen	30,5% 10 mm	SNI 15-2049-2004 (penurunan jarum 10 mm dalam waktu 15 detik)	Memenuhi
Waktu ikat awal semen	Menit 75 25 mm	SNI 15-2049-2004 (penurunan jarum 25 mm dalam waktu 60-120 menit)	Memenuhi

3.1.3. Pengujian air

Pengujian air dilakukan sesuai dengan ketentuan PBI-1971 secara visual tidak berbau, jernih, dan tidak tercampur zat-zat lain yang mempengaruhi kualitas benda uji.

3.1.4. Pengujian abu bonggol jagung

Pada pengujian abu bonggol jagung dilakukan perlakuan yang sama dengan pengujian agregat halus yaitu uji kadar lumpur, uji kandungan organis, uji gradasi bonggol jagung, uji berat jenis bonggol jagung. Diharapkan dari pengujian didapatkan hasil sesuai dengan SNI. Adapun hasil dari pengujian abu bonggol jagung pada Tabel 4.

Tabel 4. Rekapitulasi hasil pengujian abu bonggol jagung

Jenis Pengujian	Hasil	Standard Acuan	Keterangan
Kadar Lumpur	0%	SNI S-04-1989-F (Maksimal 5%)	Memenuhi
Kandungan Organik (NaOH)	0%	SNI S-04-1989-F (Maksimal 5%)	Memenuhi
Gradasi Bonggol Jagung	1,967	SNI 03-1750-1990 (Berkisar 1,5%-3,8%)	Memenuhi
Berat Jenis Bonggol Jagung	>2,7	SNI 03-1970-90 dan ASTM C 29M-91a (Berkisar 2,2 – 2,7)	Tidak memenuhi

Tabel 4 menunjukkan bahwa dari pengujian berat jenis SSD 1,493 tidak dapat diklasifikasikan sebagai agregat normal karena nilainya di luar batas yang diijinkan yaitu 2,2 sampai 2,7 (SNI 03-1970-90) dan ASTM C 29M – 91a. Tetapi abu bonggol jagung dapat digunakan sebagai bahan tambah agregat halus karena memiliki kandungan polistirena yang memiliki sifat plastis dapat mengurangi keretakan genteng beton penyebab kebocoran (Pereira et al., 2012).

3.1.5. Pengujian abu sekam

Pada pengujian abu sekam diperoleh hasil pengujian berat jenis sebesar 1,22 sehingga tidak dapat diklasifikasikan sebagai semen karena nilainya di luar batas yang diijinkan yaitu 3,0-3,2 gram/cm³ (SNI 15-2049-2004). Abu sekam dapat digunakan sebagai bahan tambah agregat halus karena memiliki sifat pozzolan yang ketika digabungkan dengan semen dapat meningkatkan pengikatan semen dan meningkatkan kekuatan lentur genteng beton (Heldita, 2018).

3.2. Pengujian genteng beton

Adapun pada penelitian ini akan dilakukan enam pengujian yaitu pengujian sifat tampak, pengujian rembesan, pengujian penyerapan air, pengujian ukuran, pengujian kerataan, dan pengujian beban lentur dengan masing-masing pengujian menggunakan tiga benda uji pada setiap variasi. Untuk hasil pengujian adalah sebagai berikut:

3.2.1. Pengujian sifat tampak

Pada penelitian pemanfaatan limbah abu sekam dan abu bonggol jagung sebagai bahan tambah dalam proses pembuatan genteng beton dalam pengujian sifat tampak diperoleh hasil bahwa genteng yang dihasilkan tidak terlalu berpengaruh dan sesuai standard SNI 0096-2007 yaitu genteng beton harus memiliki permukaan atas mulus, tidak ada retak, atau cacat yang mempengaruhi pemakaiannya. Hasil pengujian sifat tampak dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Rekapitulasi hasil pengujian sifat tampak

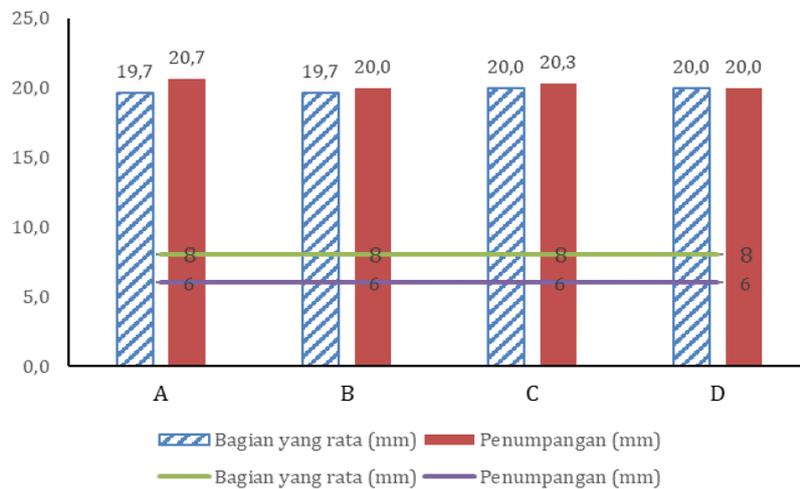
Sampel benda uji	Benda uji	Hasil sifat tampak	Dokumentasi
A	A1	Warna Abu-Abu, Permukaan Halus, Tidak Retak	
	A2	Warna Abu-Abu, Permukaan Halus, Tidak Retak	
	A3	Warna Abu-Abu, Permukaan Halus, Tidak Retak	
B	B1	Warna Abu-Abu, Permukaan Halus, Tidak Retak	
	B2	Warna Abu-Abu, Permukaan Halus, Tidak Retak	
	B3	Warna Abu-Abu, Permukaan Halus, Tidak Retak	
C	C1	Warna Abu-Abu, Permukaan Halus, Tidak Retak	

Sampel benda uji	Benda uji	Hasil sifat tampak	Dokumentasi
	C2	Warna Abu-Abu, Permukaan Halus, Tidak Retak	
	C3	Warna Abu-Abu, Permukaan Halus, Tidak Retak	
D	D1	Warna Abu-Abu, Permukaan Halus, Tidak Retak	
	D2	Warna Abu-Abu, Permukaan Halus, Tidak Retak	
	D3	Warna Abu-Abu, Permukaan Halus, Tidak Retak	

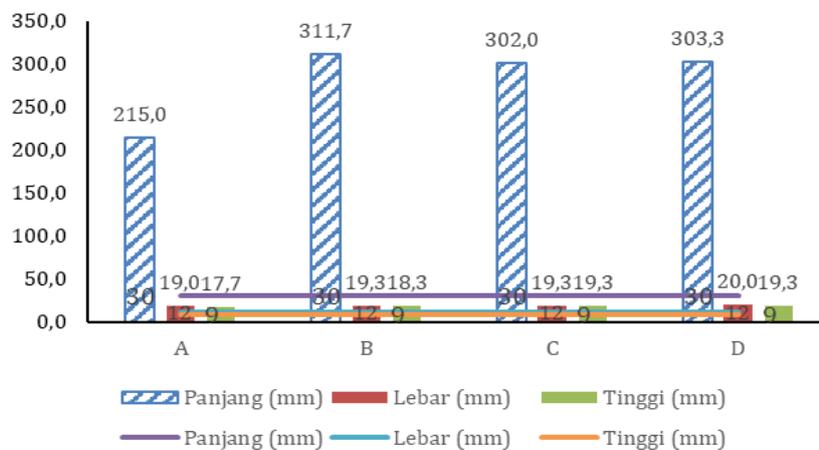
Pengujian sifat tampak dilakukan secara visual dalam mengamati benda uji. Hasil pengujian genteng tanpa bahan tambah dan genteng dengan tambahan abu sekam padi dan abu bonggol jagung tidak memiliki perbedaan. Semua variasi memiliki warna abu-abu, permukaan atas mulus, tidak ada retak, atau cacat yang akan mempengaruhi pemakaian sehingga sifat tampaknya sesuai dengan SNI 0096:2007.

3.2.2. Pengujian ukuran

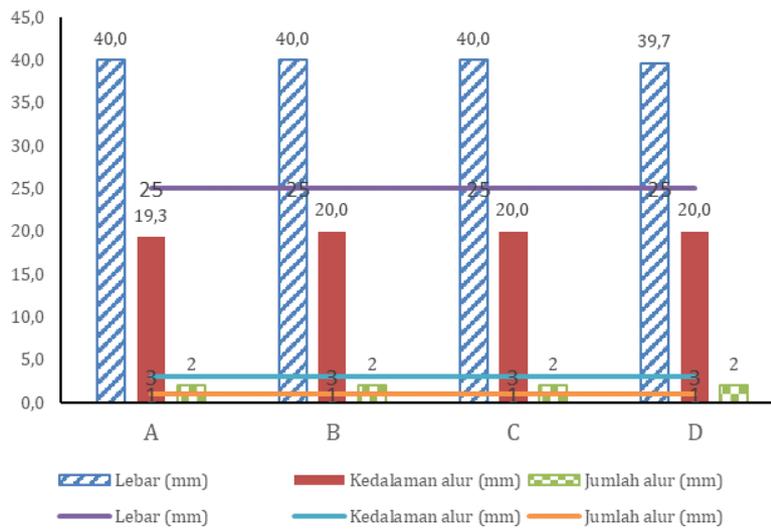
Pengujian ukuran genteng beton dilakukan dengan menggunakan 3 benda uji dari setiap variasi genteng konvensional ataupun penambahan abu sekam dan abu bonggol jagung. Adapun pengujian ukuran berupa ukuran tebal, kaitan, dan penumpangan. Untuk hasil dari pengujian ukuran dapat dilihat pada Gambar 4, Gambar 5, dan Gambar 6.



Gambar 4. Perbandingan tebal genteng beton umur 14 hari



Gambar 5. Perbandingan kaitan genteng beton umur 14 hari



Gambar 6. Perbandingan penumpangan genteng beton umur 14 hari

Pada Gambar 4, Gambar 5, dan Gambar 6 dapat dilihat lebar, kedalaman alur, dan jumlah alur pada bagian penumpangan untuk genteng beton tanpa bahan tambah dan dengan bahan tambah sesuai dengan SNI 0096-2007 dengan minimal lebar 25 mm, kedalaman alur 3 mm, dan jumlah alur 2 buah. Berdasarkan pengujian ukuran tebal, kaitan dan penumpangan genteng beton tanpa bahan tambah dan dengan bahan tambah tidak memiliki perbedaan dikarenakan penambahan bahan tidak mempengaruhi ukuran genteng beton. Ukuran genteng beton dipengaruhi oleh cetakan genteng beton yang digunakan. Pembuatan genteng beton variasi tanpa bahan tambah dan dengan bahan tambah menggunakan cetakan yang sama, sehingga bentuk genteng beton sama.

3.2.3. Pengujian kerataan

Pengujian kerataan genteng beton dilakukan dengan menggunakan 3 benda uji dari setiap variasi genteng konvensional ataupun penambahan abu sekam dan abu bonggol jagung. Adapun pengujian kerataan genteng beton maksimal 3 mm. Untuk hasil dari pengujian kerataan diperoleh hasil bahwa semua variasi memenuhi syarat SNI 0096-2007 dikarenakan menggunakan cetakan yang sama. Kerataan genteng beton dipengaruhi oleh cetakan genteng beton yang digunakan. Pembuatan genteng beton variasi tanpa bahan tambah dan dengan bahan tambah menggunakan cetakan yang sama, sehingga bentuk genteng beton sama dengan kerataannya.

3.2.4. Pengujian rembesan air

Pengujian rembesan air pada genteng beton dilakukan dengan menggunakan 3 benda uji dari setiap variasi genteng konvensional ataupun penambahan abu sekam dan abu bonggol jagung. Adapun pengujian rembesan air yaitu genteng beton tidak mengalami rembesan air selama 20 jam \pm 5 menit. Adapun hasil dari pengujian pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil pengujian rembesan air

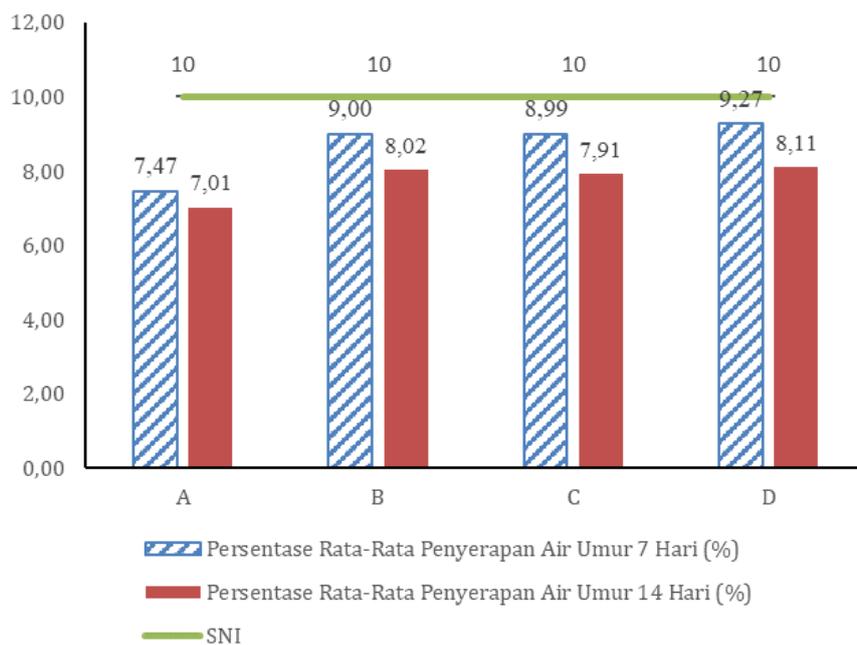
Sampel benda uji	Benda Uji	Rembesan	Referensi SNI 0096:2007
A	A1	Tidak terjadi rembesan air	
	A2	Tidak terjadi rembesan air	
	A3	Tidak terjadi rembesan air	
B	B1	Tidak terjadi rembesan air	
	B2	Tidak terjadi rembesan air	
	B3	Tidak terjadi rembesan air	
C	C1	Tidak terjadi rembesan air	
	C2	Tidak terjadi rembesan air	

Sampel benda uji	Benda Uji	Rembesan	Referensi SNI 0096:2007
	C3	Tidak terjadi rembesan air	
	D1	Tidak terjadi rembesan air	
D	D2	Tidak terjadi rembesan air	
	D3	Tidak terjadi rembesan air	

Dari Tabel 6 dapat dilihat bahwa hasil pengujian rembesan air (*impermeabilities*) untuk genteng beton tanpa bahan tambah dan dengan bahan tambah tidak memiliki perbedaan. Pengujian menunjukkan variasi genteng beton A,B,C, dan D telah memenuhi syarat SNI 0096:2007 dengan tidak ada tetesan air selama 20 jam \pm 5 menit. Abu sekam padi mengandung senyawa silikat (SiO₂) sebagai pengganti sebagian semen memiliki peran untuk pengisi celah atau pori-pori (mikrofiller) agregat halus (Raharja, 2013). Abu bonggol jagung sebagai pengganti agregat halus dapat meningkatkan pengikatan pada campuran beton menyebabkan lebih kedap air (Hepiyanto, 2019). Hal ini menyebabkan genteng beton dengan bahan tambah dapat mengikat agregat halus dengan lebih baik sehingga tidak terdapat tetesan air.

3.2.5. Pengujian penyerapan air

Pengujian penyerapan air pada genteng beton dilakukan dengan menggunakan 3 benda uji dari setiap variasi genteng konvensional ataupun penambahan abu sekam dan abu bonggol. Untuk hasil dari pengujian penyerapan air diperoleh hasil bahwa semua variasi memenuhi syarat SNI 0096-2007 dikarenakan batas maksimal penyerapan air pada genteng beton adalah 10%. Adapun hasil pengujian penyerapan air dapat dilihat dari Gambar 7.



Gambar 7. Perbandingan pengujian penyerapan air umur 7 hari dan 14 hari

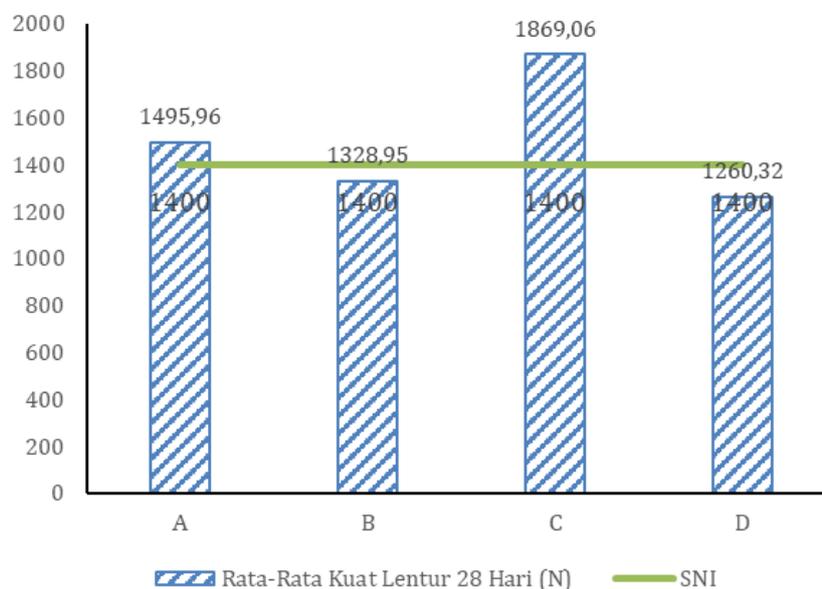
Gambar 7 menunjukkan perbandingan hasil pengujian penyerapan air genteng beton umur 7 hari dan 14 hari. Terjadi penurunan penyerapan air pada setiap variasi. Penyerapan air variasi A pada umur 7 hari 7,47% dan pada umur 14 hari 7,01%. Penyerapan air variasi B pada umur 7 hari 9% dan pada umur 14 hari 8,02%. Penyerapan air variasi C pada umur 7 hari 8,99% dan pada umur 14 hari 7,91%. Penyerapan air variasi D pada umur 7 hari 9,27% dan pada umur 14 hari 8,11%. Pada umur 7 hari, persentase penyerapan air genteng beton yang paling tinggi pada variasi D dan persentase paling rendah pada variasi A. Pada umur 14 hari, persentase penyerapan air genteng beton yang paling tinggi pada variasi D dan persentase paling rendah pada variasi A. Dari grafik dapat dilihat bahwa hasil

pengujian penyerapan air (porositas) semua variasi genteng beton telah memenuhi syarat SNI 0096:2007 dengan penyerapan air kurang dari 10%.

Peningkatan persentase penyerapan air genteng beton pada variasi B, C, dan D dibandingkan genteng beton A atau genteng beton konvensional disebabkan penambahan bahan abu sekam dan abu bonggol jagung. Penambahan abu sekam padi berbanding lurus dengan penyerapan air, karena sekam padi dapat menahan air dan ketika dikeringkan tidak mudah membuang kadar airnya menyebabkan meningkatnya nilai penyerapan air (Tambunan, 2023). Penambahan abu bonggol jagung pada campuran beton memerlukan air yang cukup banyak untuk melakukan reaksi kimia, hal ini ditunjukkan dengan menurunnya pengujian nilai slump seiring dengan bertambahnya jumlah persentase abu bonggol jagung yang dimasukkan (Wijaya, 2020). Hal ini sesuai dengan hasil penelitian penyerapan air genteng beton yang semakin meningkat dengan penambahan abu sekam dan abu bonggol jagung.

3.2.6. Pengujian beban lentur

Pengujian beban lentur pada genteng beton dilakukan dengan menggunakan 3 benda uji dari setiap variasi genteng konvensional ataupun penambahan abu sekam dan abu bonggol. Adapun data yang diperoleh dari hasil pengujian beban lentur dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Hasil pengujian beban lentur

Kuat lentur paling tinggi pada genteng beton variasi C dimana terdapat penambahan abu sekam 10% dan abu bonggol jagung 5%. Sedangkan kuat lentur genteng beton yang paling rendah pada variasi D dengan penambahan abu sekam 12,5% dan abu bonggol jagung 2,5%. Besaran peningkatan dan penurunan kuat lentur genteng beton dipengaruhi oleh variasi penambahan abu sekam dan abu bonggol jagung. Abu sekam padi memiliki sifat pozzolan cukup tinggi yang mana ketika digabungkan dengan semen dapat meningkatkan kekuatan dengan kandungan senyawa silika 94%-96% (Heldita, 2018). Senyawa silika (SiO_2) juga bahan primer semen portland atau semen biasa (RACHMAN, 2015). Kuat tekan beton optimum pada penambahan abu sekam sebanyak 10% terhadap berat semen dan mengalami penurunan pada persentase 12% (Farhan, 2023). Tetapi semakin banyak penambahan abu sekam akan menurunkan kuat tekan beton.

Penambahan abu bonggol jagung juga dapat meningkatkan kekuatan beton maksimum dengan tambahan abu bonggol jagung sebanyak 5% dari berat pasir dan akan menurun pada persentase yang lebih tinggi (Wijaya, 2020). Semakin banyak penambahan abu bonggol jagung akan menurunkan kekuatan lentur yang ada pada genteng beton hal ini disebabkan karena semakin banyak kandungan silika dari bonggol jagung yang ada pada genteng beton menyebabkan genteng beton bersifat tidak elastis.

Sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, pada variasi C kuat lentur paling tinggi dengan peningkatan 24,94% dari genteng beton biasa. Peningkatan kuat lentur terjadi karena variasi abu sekam 10% dan abu bonggol jagung 5% merupakan persentase penambahan optimum. Sedangkan pada variasi D terjadi penurunan kuat lentur karena variasi lebih dari persentase optimum. Persentase abu sekam yang terlalu banyak akan mengikat air dengan cepat sehingga rongga-rongga yang seharusnya diisi semen dan agregat halus tidak terisi dengan baik dan kuat lentur genteng beton menurun (Utami, 2021). Adanya penambahan persentase abu sekam yang berlebih juga menyebabkan air terserap lebih cepat dan semen tidak dapat mengikat material pada campuran menyebabkan berkurangnya kekuatan beton (Kusumaningrum, 2019). Selain bahan tambah abu sekam adanya penambahan abu bonggol jagung dapat menambah daya lekat sehingga mempengaruhi kuat tekan beton meningkat (Abdi dkk., 2018). Meskipun persentase abu bonggol jagung pada variasi D dapat meningkatkan kuat tekan, tetapi kuat lentur pada variasi D tetap menurun karena abu sekam yang lebih dari 10% dapat menurunkan pengikatan campuran. Hal ini sesuai dengan penelitian genteng beton dengan penambahan abu sekam dan abu bonggol jagung yang melebihi persentase maksimum akan menurunkan kuat lenturnya.

3.3. Analisis perbandingan biaya

Perbandingan harga antara pembuatan genteng beton secara konvensional dengan pembuatan genteng beton adanya bahan tambah abu sekam dan bonggol jagung ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 7. Total biaya produksi tiap variasi genteng beton

Variasi benda uji	Total biaya produksi (Rp)
A	3.261,14
B	3.128,82
C	3.133,36
D	3.137,90

Harga produksi genteng beton paling tinggi Rp. 3.261,14 pada variasi A atau tanpa bahan tambah. Genteng beton dengan variasi tambahan abu sekam dan abu bonggol jagung memiliki harga produksi lebih rendah dari harga produksi genteng beton tanpa bahan tambah. Hal ini dikarenakan dengan tambahan abu sekam padi dan abu bonggol jagung dapat mengurangi penggunaan semen dan pasir yang mana dapat memangkas biaya produksinya. Harga produksi genteng beton paling rendah Rp 3.128,82 pada variasi B dengan penambahan abu sekam padi 7,5% dan abu bonggol jagung 7,5%.

4. Kesimpulan

Berdasarkan uraian hasil penelitian dan pembahasan dari enam pengujian, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa genteng beton dengan tambahan limbah abu sekam 10% dan abu bonggol jagung 5% memiliki kuat lentur paling besar. Kuat lentur meningkat sebesar 24,94% dari genteng konvensional. Meskipun memiliki nilai penyerapan air (porositas) lebih besar dari genteng beton konvensional, genteng beton dengan tambahan abu sekam padi dan abu bonggol jagung memiliki harga produksi lebih rendah dan berat lebih ringan. Penambahan abu sekam dan abu bonggol jagung tidak mempengaruhi sifat tampak, ukuran, dan kerataan pada genteng beton karena hal itu dipengaruhi oleh bentuk cetakan. Tidak terjadi rembesan air pada genteng beton konvensional dan genteng beton dengan tambahan abu sekam dan abu bonggol jagung. Hal ini dikarenakan dengan adanya penambahan abu sekam dan abu bonggol jagung yang memiliki kandungan silika dan bersifat plastis dapat mempengaruhi setiap pengujian pada pembuatan genteng beton.

Referensi

- Abdi, F. N., Widayati, R., & Ramadhani, W. (2018). Pengaruh Penambahan Abu Tongkol Jagung Terhadap Kuat Tekan Beton Dengan Menggunakan Agregat Kasar Palu Dan Agregat Halus Pasir Tenggara. *Journal Techno Entrepreneur Acta*, 3(1), 13-13.
- Dalimunthe, N., & Lubis, N. K. (2023). Peran Lembaga Perbankan terhadap Pembangunan Ekonomi: Fungsi dan Tujuannya dalam Menyokong Ketenagakerjaan. *Jurnal Masharif Al-Syariah: Jurnal Ekonomi dan Perbankan Syariah*, 8(4).

- Dewi, C. K. (2020). Pemanfaatan Abu Sekam Padi Dan Abu Ampas Tebu Sebagai Bahan Tambah Dalam Campuran Genteng Beton Ditinjau Dari Segi Kuat Lentur Dan Daya Serap Air.
- Farhan, M., Nuklirullah, M., & Bahar, F. F. (2023). Pengaruh Penggunaan Abu-Sekam Padi sebagai Bahan Tambahan Terhadap Kuat Tekan Beton. *Jurnal Teknik*, 21(1), 58-67.
- Heldita, D. (2019). PENGARUH PENAMBAHAN ABU SEKAM PADI TERHADAP KUAT TEKAN BETON (Agregat Kasar Ex Desa Sungai Kacil, Agregat Halus Ex Desa Karang Bintang, Abu Sekam Padi Ex Desa Berangas). *TAPAK (Teknologi Aplikasi Konstruksi): Jurnal Program Studi Teknik Sipil*, 8(1), 46-52.
- Hepiyanto, R., & Firdaus, M. A. (2019). Pengaruh Penambahan Abu Bonggol Jagung Terhadap Kuat Tekan Beton K-200. *UKaRST*, 3(2), 86-93.
- Kusumaningrum, D. C. (2019). Pengaruh penambahan abu sekam padi terhadap kuat tekan beton dengan agregat kasar koral long iram dan agregat halus pasir mahakam. *Teknologi Sipil: Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi*, 1(2).
- Nugroho, A. D., Sianto, M. E., & Asrini, L. J. (2017). Optimalisasi faktor-faktor yang berpengaruh pada beban lentur genteng beton dengan metode response surface. *Widya Teknik*, 16(2), 97-104.
- Pereira, H., Hyacinth, C., Vilela, P., Pinto, J., Vieira, B., Pereira, S., Mcf, V., & Varum, H. (2012). Konstruksi dan Bahan Bangunan Beton ringan tongkol jagung untuk aplikasi non-struktural. 34, 346-351.
- RACHMAN, F. (2015). Penggunaan Abu Sekam Padi dan Abu Batu pada Pembuatan Genteng Beton.
- Raharja, S., As' ad, S., & Sunarmasto, S. (2013). Pengaruh Penggunaan Abu Sekam Padi Sebagai Bahan Pengganti Sebagian Semen Terhadap Kuat Tekan Dan Modulus Elastisitas Beton Kinerja Tinggi. *Matriks Teknik Sipil*, 1(4), 503.
- Sari, P. D., Puri, W. A., & Hanum, D. (2018). Delignifikasi bonggol jagung dengan metode microwave alkali. *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian 'AGRIKA*, 12(2), 164-172.
- Surbakti, M. A. (2021). Pengaruh Penambahan Abu Bonggol Jagung Dan Silica Fume Terhadap Penguatan Lentur Beton. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik [JIMT]*, 1(1).
- Suryani, A., Dewi, S. H., & Harmiyati, H. (2018). Korelasi Kuat Lentur Beton Dengan Kuat Tekan Beton: The Correlation Of Bending Strenght And Compressive Strength Of Concrete. *Jurnal Saintis*, 18(2), 43-54.
- Tambunan, R. R. (2023). Pengaruh Penambahan Sekam Padi Terhadap Kuat Tekan Beton (Doctoral dissertation, Universitas Medan Area).
- Tata, A., Sultan, M. A., & Sumartini, S. (2016). Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi Sebagai Campuran Bahan Baku Beton Terhadap Sifat Mekanis Beton. *Jurnal Sipil Sains*, 6(11).
- Utami, A. R. I. (2021). Impak Abu Sekam Padi Sebagai Pengganti Semen Dan Jenis Serat Sabut Kelapa Sebagai Bahan Tambahan Slump Flow Dan Kuat Tekan Beton Self Compacting Concrete Dengan Fas Yang Berbeda. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik [JIMT]*, 1(3).
- Utomo, T. (2017). Analisa kuat tekan beton geopolimer dengan bahan alternatif abu sekam padi dan kapur padam (Doctoral dissertation, Teknik Sipil-Fakultas Teknik).
- Wardhani, G. A. P. K. (2017). Karakterisasi Silika pada Tongkol Jagung Dengan Spektroskopi Infra Merah dan Difraksi Sinar-X. *Jurnal Kimia Riset*, 2(1), 37-42.
- Widhiarto, H., Andriawan, A. H., & Matulesy, A. (2015). Stabilisasi Tanah Lempung Ekspansif dengan Menggunakan Campuran Abu-Sekam dan Kapur. *JPM17: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 1(02).
- Wijaya, H., & Zulkarnain, F. (2020). Pemanfaatan Abu Bonggol Jagung sebagai Substitusi Pasir Pada Campuran Beton dengan Bahan Tambah Superplasticizer Di Tinjau Dari Kekuatan Tarik Belah Beton. Medan.(Skripsi) Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
- ZAHARI, A., ARIFIN, S., & PUTRA, P. P. (2019). Perbandingan Anggaran Biaya berdasarkan Volume Pekerjaan menggunakan Metode BIM dengan Kontrak Awal pada Pembangunan Gedung Auditorium IsDB Proyek Universitas Jember.



Analisis kualitas genteng beton *eco-friendly* dengan *cocofiber* dan cangkang telur ayam sebagai substitusi pasir dan semen

Ayu Rindiani^{a*}, Restu Pradipta Eskananda^a, Hartono^a, Riza Susanti^a

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

ARTICLE INFO

Corresponding author:

Email:

ayrin0302@gmail.com

Article history:

Received : 18 July 2024

Accepted : 21 March 2025

Publish : 29 March 2025

Keywords:

coco fiber, concrete tile, eggshell, environmental impact, sustainable materials

ABSTRACT

One of the building construction materials needed is concrete tile for the roof of the building. However, concrete tiles have disadvantages, namely a higher price and heavyweight compared to other types of tiles. Therefore, innovations are needed to overcome these problems. This research utilizes coconut coir fiber waste with the same content as sand, which contains 30% silica fiber and is pozzolanic. Then, eggshell waste will be used as a substitute for cement because it contains the same compounds as cement, namely magnesium, iron, and calcium carbonate. The variations in the composition of coconut fibers and eggshells in the manufacture of concrete roof tiles as a partial substitute for the use of sand and cement are GA (0%: 0%), GB (34%: 6%), GC (40%: 6%), GD (32%: 8%), and GE (38%: 8%). In this study, the flexural strength test, water absorption test, water seepage resistance, as well as analyzing the weight and cost of concrete roof tiles were tested. The results of the most optimum concrete tile test are in the GD sample variation: a flexural load value of 1858.2 N, a porosity value of 8.53%, and a seepage test with no water droplets. Then, for the weight analysis of the GD variation, the concrete tile weighs 4.39 kg, and the production cost is IDR 3,017.00. The price differs from conventional roof tiles, Rp 611.00 or 16.84%. The test results show that it fulfilled SNI 0096: 2007.

Copyright © 2025 PILARS-UNDIP

1. Pendahuluan

Perkembangan pembangunan infrastruktur di Indonesia sangat pesat, sehingga menyebabkan permintaan akan material bangunan juga meningkat. Terutama material pada penggunaan konstruksi atap dari pembangunan infrastruktur seperti gedung maupun perumahan penduduk. Atap merupakan komponen bangunan yang memiliki fungsi untuk melindungi rangka atap atau bangunan secara keseluruhan dari berbagai cuaca seperti panas, hujan, dan angin (Astuti et al., 2017). Salah satu material komponen bangunan yang masih sering dibutuhkan yaitu genteng beton. Genteng beton merupakan bagian konstruksi yang digunakan untuk menutup atap. Genteng ini terbuat dari campuran semen Portland atau bahan serupa, agregat, dan air, yang terkadang dengan pigmen atau tanpa pigmen (SNI, 2007).

Indonesia merupakan salah satu negara penghasil kelapa terbesar di dunia. Produksi kelapa di Indonesia pada tahun 2014 menghasilkan 3.609.812 ha dan produksi kelapa sebanyak 3.005.916 ton (Dirjen Perkebunan, 2015). Banyaknya kelapa yang dihasilkan biasanya yang dimanfaatkan dari buah kelapa adalah daging buah dan airnya. Sedangkan sabut kelapanya kurang dimanfaatkan atau bahkan dibuang begitu saja (Trikarlina et al., 2018).

Limbah sabut kelapa (*cocofiber*) dipilih sebagai salah satu bahan campuran genteng beton karena ketersediaannya yang mudah, ketahanannya yang tinggi, bobotnya yang ringan, serta memiliki nilai ekonomis yang baik (Zalukhu et al., 2017). Untuk serabut kelapa sendiri memiliki beberapa

kandungan yang terdiri dari 75% serat (*Fiber*) dan 25% gabus (*pitch*) yang memiliki fungsi sebagai penghubung antar serat lainnya (Siswanto & Gunarto, 2019). Dengan karakteristik ini, penggunaan serat sabut kelapa diharapkan dapat meningkatkan mutu genteng beton dan memberikan manfaat tambahan baik dari segi ekonomi maupun dalam mengatasi masalah pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh serat alam sabut kelapa (Ariyani, 2015).

Produksi telur di Indonesia pada tahun 2022 mencapai 6,3 juta ton yang terdiri dari telur ayam buras 389,3 ribu ton, ayam ras petelur 5,6 juta ton, itik 316,2 ribu ton, itik manila 33,2 ribu ton, dan puyuh 22,0 ribu ton. Telur ayam menyumbang produksi telur terbesar yaitu sebesar 88% (Direktorat Jenderal Peternakan dan Kesehatan Hewan Kementerian Pertanian, 2022). Jika limbah cangkang telur tersebut tidak optimal dalam pemanfaatannya, akan mengakibatkan polusi lingkungan seperti mengeluarkan bau yang tidak sedap dan menjadi sumber penyakit.

Selain limbah sabut kelapa (*cocofiber*), salah satu bahan yang dapat dimanfaatkan dalam penggunaan material pembuatan genteng beton adalah limbah cangkang telur ayam. Menurut berbagai sumber referensi, cangkang telur dapat dijadikan sebagai pengganti sebagian semen. Kandungan kulit telur yang telah mengering yaitu sekitar 95% kalsium karbonat dan memiliki berat sekitar 5,5 gram, sehingga jumlah kalsium yang signifikan dalam kulit telur ini dapat dipertimbangkan sebagai bahan tambahan untuk produksi semen (Venny Riza et al., 2020). Kandungan yang serupa antara cangkang telur dan semen menjadi opsi pengganti dalam menciptakan campuran beton ramah lingkungan yang inovatif dan dapat diperbaharui (Frieda et al., 2018). Cangkang telur ayam yang merupakan limbah memiliki kandungan kalsium karbonat, komponen utama dalam Semen Portland (SP), sehingga dapat digunakan sebagai substitusi sebagian semen untuk menciptakan beton yang ramah lingkungan, serta diharapkan dapat meningkatkan kualitas mekanik dan sifat fisik beton secara signifikan, dibandingkan dengan beton tanpa tambahan bahan (Pohan & Rambe, 2022).

Adanya inovasi tersebut tentunya membantu produsen dalam memenuhi permintaan pasar dimana produsen dapat membuat genteng beton dengan mudah karena bahan yang digunakan dapat dengan mudah didapat dan biaya yang dikeluarkan relatif lebih murah karena memanfaatkan limbah sabut kelapa dan limbah cangkang telur. Yang membedakan genteng beton ini dengan genteng beton pada umumnya selain dari bahan pembuatannya yaitu dapat menciptakan genteng beton yang ringan dan ekonomis sehingga tidak terlalu diperlukan rangka atap bangunan yang terlalu kokoh dan mahal. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kualitas dari genteng beton berbasis Cocofiber dan limbah cangkang telur melalui nilai uji tampak, uji ukuran, uji beban lentur, uji porositas, dan uji rembesan air, menganalisis perbandingan antara berat genteng beton konvensional dan genteng beton dengan substitusi serat sabut kelapa dan cangkang telur, dan mengetahui perbandingan biaya antara genteng beton konvensional dan genteng beton dengan substitusi serat sabut kelapa dan cangkang telur.

2. Data dan metode

2.1. Metode penelitian

Penelitian ini menggunakan metode penelitian kuantitatif eksperimental dengan cara mengumpulkan data dan informasi dengan melakukan proses produksi lalu dilakukan uji di laboratorium. Metode tersebut nantinya akan digunakan untuk mengetahui dan menganalisis variabel pengganti yaitu sabut kelapa dan cangkang telur terhadap kualitas produk genteng beton yang sesuai dengan SNI. Pelaksanaan penelitian ini berada di Laboratorium Teknik Infrastruktur Sipil dan Perancangan Arsitektur Sekolah Vokasi, dan di Laboratorium Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro.

2.2. Pengujian material

Dalam penelitian ini dilakukan pengujian material terhadap semen, pasir, serbuk cangkang telur dan air. Untuk bahan tambah sabut kelapa tidak dilakukan pengujian, akan tetapi menggunakan data referensi dari penelitian terdahulu. Untuk pengujian bisa dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1. Uji berat jenis agregat halus



Gambar 2. Uji ikat awal dan konsistensi normal semen

Pada penelitian ini material serat sabut kelapa dan serbuk cangkang telur sebelum digunakan sebagai bahan substitusi pembuatan genteng beton kedua material tersebut diberi beberapa perlakuan terlebih dahulu. Untuk sabut kelapa dipotong kecil-kecil dan sebelum dipotong sabut kelapa dijemur terlebih dahulu. Sedangkan cangkang telur ditumbuk sampai halus sampai berbentuk serbuk halus. Untuk bahan tambahan bisa dilihat pada Gambar 3 dan Gambar 4.



Gambar 3. Sabut kelapa



Gambar 4. Serbuk cangkang telur

2.3. Job mix design

Job mix design dengan bertujuan untuk mengetahui persentase material yang akan digunakan dalam pembuatan produk genteng beton dengan substitusi sabut kelapa dan cangkang telur. Perbandingan campuran yang digunakan pada pembuatan genteng beton yaitu 1 PC : 3 PS yang dikonversi ke dalam perbandingan volume. Dalam penelitian ini, sabut kelapa berfungsi sebagai bahan substitusi pasir. Sedangkan serbuk cangkang telur berfungsi sebagai bahan substitusi semen. Variasi yang dibuat dalam penelitian ini yaitu berjumlah 5 variasi dan benda uji yang dibuat sebanyak 45 buah genteng beton. Untuk job mix design bisa dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Job mix design

Benda uji	Variasi Sampel (%)	Material				Air (gr)	FAS
		Agregat		Pengikat			
		Pasir (gr)	SK (gr)	Semen (gr)	CT (gr)		
GA	0K ; 0CT	4209,975	0	1637,213	0	573,024	0,35
GB	30SK ; 6CT	2778,584	259,771	1538,980	77,963	538,643	0,35
GC	40SK ; 6CT	2525,985	305,613	1538,980	77,963	538,643	0,35
GD	32SK ; 8CT	2862,783	244,490	1506,236	103,950	527,182	0,35
GE	38SK ; 8 CT	2610,185	290,332	1506,236	103,950	527,182	0,35

3. Hasil dan pembahasan

3.1. Pengujian material

3.1.1. Pengujian agregat halus

Hasil dari pengujian kadar lumpur menunjukkan bahwa kandungan lumpur dalam pasir sebesar 2,24%, yaitu memenuhi standar SNI-S-04-1989-F yang menetapkan batas maksimum 5%. Kemudian untuk pengujian gradasi butiran halus pasir didapatkan sebesar 3,362% dimana hasil tersebut sudah sesuai dengan SNI 03-1972-1990. Terakhir pada pengujian berat jenis menghasilkan berat jenis sebesar 2,7 dimana hasil tersebut memenuhi standar dari PUBI, 1982 yaitu antara 2,4-2,9.

3.1.2. Pengujian semen

Dalam hasil pengujian konsistensi semen menunjukkan bahwa kandungan air yang cukup pada persentase 28% yaitu 11 mm dimana angka tersebut memenuhi standar SNI 2049:2015 yang menetapkan batas peluncuran 10 ± 1 mm. Kemudian untuk pengujian waktu ikat awal semen dalam penurunan kurang dari 25 mm yaitu selama 95 menit dengan mengacu pada standar SNI 2049:2015 bahwa waktu pengikatan awal minimal 45 menit dan maksimal 375 menit.

3.1.3. Pengujian air

Pengujian air dilakukan dengan metode pengamatan secara visual dengan sesuai standar PBI-1971, yaitu air harus jernih, tidak berbau, tidak mengandung lumpur, dan tidak mengandung bahan-bahan lainnya.

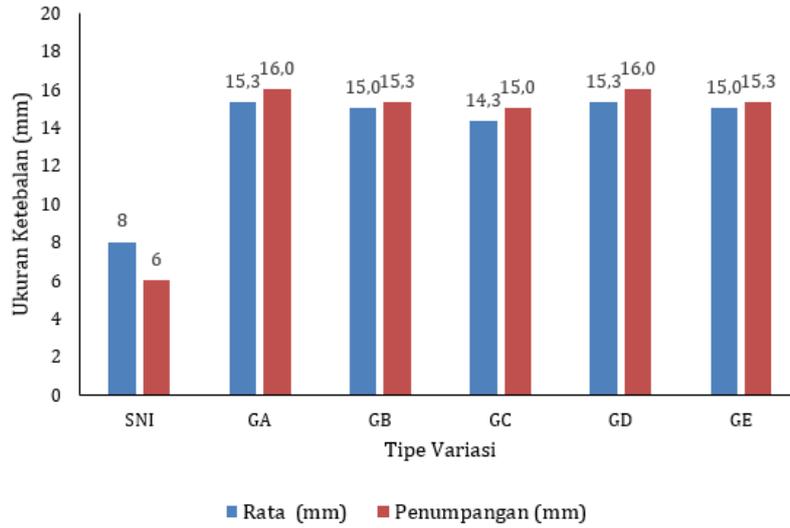
3.2. Pengujian genteng beton

3.2.1. Pengujian sifat tampak

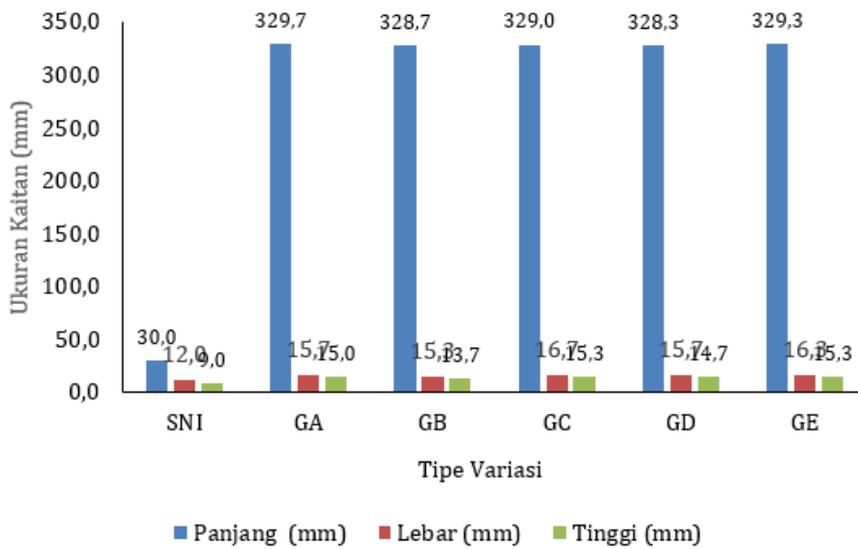
Dalam melakukan pengujian sifat tampak digunakan sejumlah tiga benda uji dari masing-masing variasi genteng beton, dari genteng beton konvensional hingga genteng beton inovasi dengan campuran serat sabut kelapa dan serbuk cangkang telur. Pengujian ini dilakukan dengan pengamatan secara visual seperti keretakan, kehalusan, dan warna dari genteng beton tersebut. Pada hasil pengujian sifat tampak genteng beton konvensional memiliki warna abu-abu, sedangkan genteng beton dengan penambahan serat sabut kelapa dan serbuk cangkang telur memiliki warna kecoklatan, serta perbedaan lainnya adalah pada permukaan genteng dengan penambahan serat sabut kelapa dan serbuk cangkang telur lebih berserat. Dalam penelitian ini sifat tampak di semua variasi tidak terdapat retakan atau cacat lain yang mengakibatkan kegunaan genteng beton kurang maksimal sehingga pengujian sifat tampak pada genteng beton ini sudah memenuhi SNI 0096-2007.

3.2.2. Pengujian ukuran

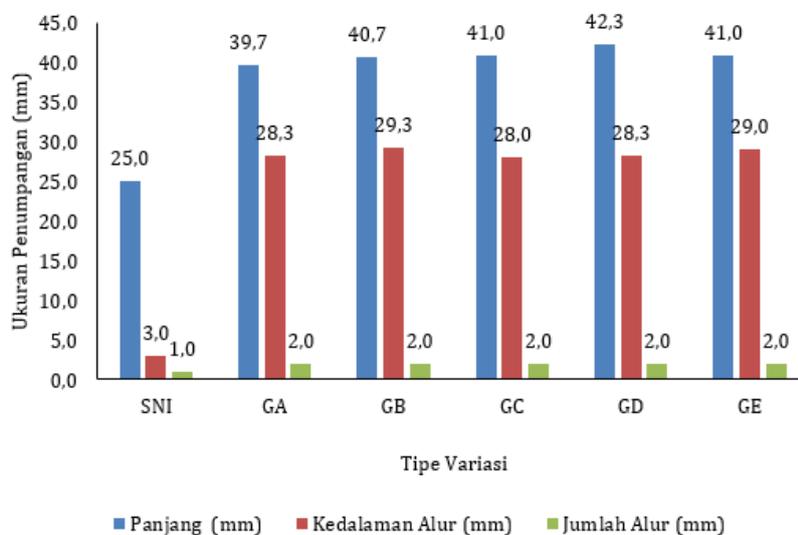
Pada pengujian ukuran menggunakan tiga sampel dari tiap variasi baik genteng beton konvensional maupun dengan substitusi serat sabut kelapa dan serbuk cangkang telur. Pengujian ini mengacu pada SNI 0096:2007 yang memiliki ketentuan batasan minimal dari ukuran sebuah genteng beton. Adapun grafik untuk mengetahui perbandingan ukuran dari setiap variasi sampel ditunjukkan Gambar 5, Gambar 6, dan Gambar 7.



Gambar 5. Grafik ketebalan genteng beton



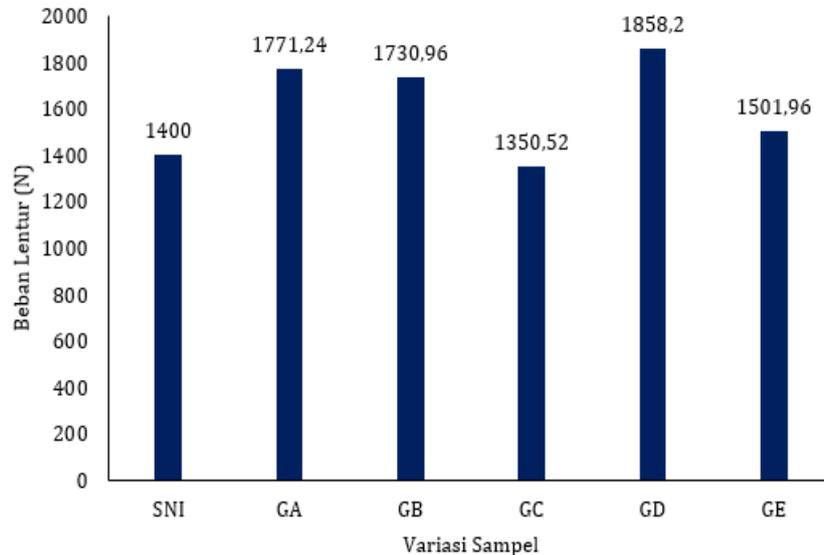
Gambar 6. Grafik dimensi kaitan



Gambar 7. Grafik dimensi penumpangan

3.2.3. Pengujian beban lentur

Pengujian beban lentur dilakukan dengan mengacu SNI 0096-2007 dan dilakukan dengan tiga sampel berbeda dari setiap variasi baik genteng beton konvensional maupun genteng beton dengan substitusi serat sabut kelapa dan serbuk cangkang telur. Umur genteng beton dalam pengujian ini berumur 14 hari. Untuk hasil pengujian beban lentur genteng dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Grafik hasil pengujian beban lentur

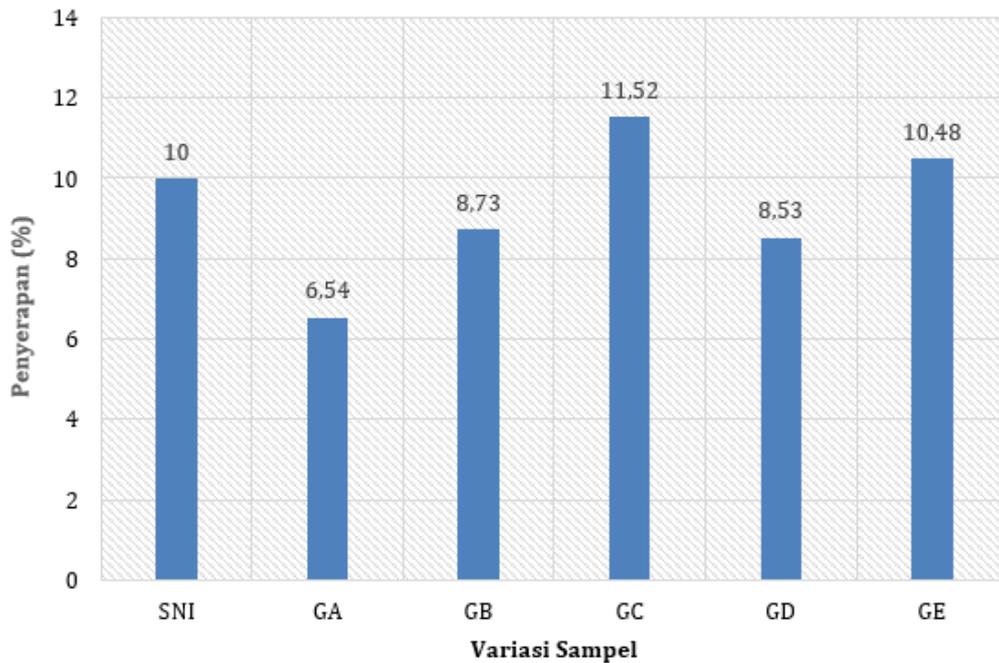
Pengujian beban lentur pada variasi sampel GA atau genteng beton tanpa substitusi serat sabut kelapa dan serbuk cangkang telur menghasilkan nilai beban sebesar 1771,24 N. Untuk variasi sampel GB dengan substitusi 34% serat sabut kelapa dan 6% serbuk cangkang telur mendapatkan hasil nilai sebesar 1739,96 N. Variasi sampel GC dengan substitusi 40% serat sabut kelapa dan 6% serbuk cangkang telur mendapatkan hasil nilai sebesar 1350,52 N. Kemudian variasi sampel GD dengan substitusi 32% serat sabut kelapa dan 8% serbuk cangkang telur menghasilkan nilai sebesar 1858,2 N. Dan untuk variasi sampel GE dengan substitusi 38% serat sabut kelapa dan 8% serbuk cangkang telur menghasilkan nilai sebesar 1501,96 N.

Variasi sampel GC yang tidak memenuhi ketentuan SNI 0096:2007 yaitu genteng beton interlok dengan profil $20 \geq t \geq 5$ dan lebar penutup ≥ 300 memiliki minimal beban lentur sebesar 1400 N, sedangkan pada variasi GC mendapatkan hasil nilai beban lentur sebesar 1350,52 N. Untuk variasi lainnya sudah memenuhi standar yang ditentukan. Untuk variasi sampel GD memiliki hasil nilai beban lentur lebih besar dari genteng konvensional karena pengaruh dari penambahan substitusi serat sabut kelapa yang merupakan serat yang cukup kuat dan memiliki sifat yang tahan terhadap gaya tarik (Eser & Barus, 2020).

Penambahan substitusi serat sabut kelapa dan serbuk cangkang mempengaruhi pada perkuatan beban lentur dengan kadar tertentu. Semakin banyak kadar serat sabut yang digunakan maka kuat lentur yang dihasilkan akan berkurang, tetapi untuk penambahan serbuk cangkang telur pengaruhnya tidak terlalu masif.

3.2.4. Pengujian daya serap air/porositas

Pada pengujian porositas, genteng beton direndam selama 24 jam kemudian ditimbang berat basah. Setelah menimbang berat basah, genteng beton dikeringkan dengan cara mengoven selama 24 jam dan ditimbang kembali berat kering. Genteng beton yang digunakan pengujian ini telah berumur 14 hari. Untuk hasil pengujian porositas dapat dilihat pada gambar grafik untuk mengetahui perbandingan persentase dari berbagai variasi dan perbandingan terhadap SNI 0096:2007 yang menentukan bahwa penyerapan maksimal sebesar 10%.



Gambar 9. Grafik hasil pengujian porositas

Hasil analisis pengujian diatas pada variasi sampel GA atau genteng beton konvensional tanpa ada substitusi serat sabut kelapa dan serbuk cangkang telur mendapatkan hasil nilai porositas sebesar 6,54%. Untuk variasi sampel GB atau genteng beton dengan substitusi 34% serat sabut kelapa dan 6% serbuk cangkang telur mendapatkan nilai porositas sebesar 8,73%. Kemudian variasi sampel GC atau genteng beton dengan substitusi 40% serat sabut kelapa dan 6% serbuk cangkang telur mendapatkan nilai porositas sebesar 11,52%. Variasi sampel GD atau genteng beton dengan substitusi 32% serat sabut kelapa dan 8% serbuk cangkang telur mendapatkan nilai porositas sebesar 8,53%. Terakhir pada variasi sampel GE atau genteng beton dengan substitusi 38 % serat sabut kelapa dan 8 % serbuk cangkang telur mendapatkan nilai porositas sebesar 10,48 %.

Terdapat dua variasi sampel yang tidak memenuhi standar yang ditentukan SNI 0096:2007, yaitu pada variasi sampel GC dengan nilai porositas 11,52 % dan GE dengan nilai 10,48%. Kedua sampel tersebut tentu sudah melebihi batas nilai porositas dari SNI yaitu 10%. Faktor besarnya nilai yang dihasilkan dikarenakan substitusi pada sabut kelapa membuat campuran kurang homogen sehingga genteng beton memiliki rongga, serta sifat sabut kelapa yang memiliki penyerapan yang besar (Winda & Mahyudin, 2018). Untuk variasi sampel lainnya masih di bawah batas standar yang ditentukan.

3.2.5. Pengujian rembesan/impermeabilitas

Pengujian rembesan air yang dilakukan pada genteng beton berumur 14 hari dengan variasi substitusi sabut kelapa dan cangkang telur memiliki hasil pengujian seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengujian rembesan

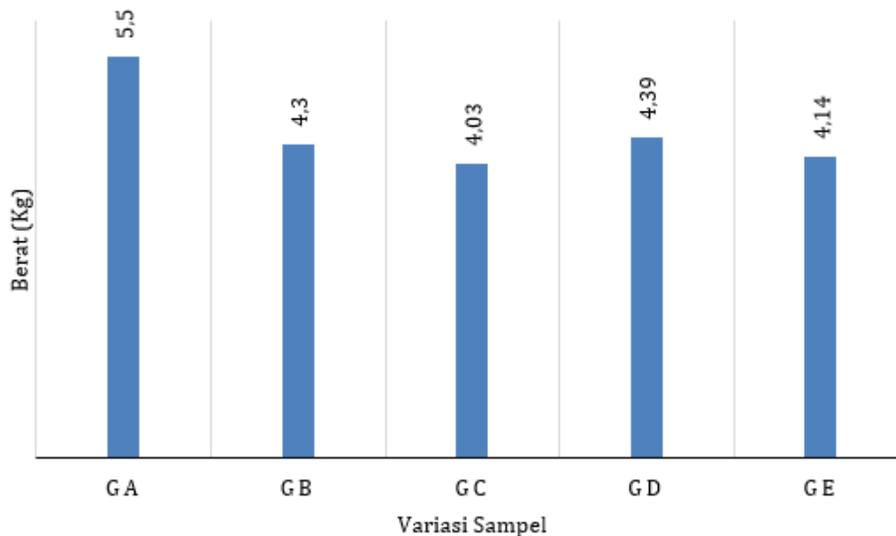
Variasi Sampel	Benda Uji	Rembesan	Keterangan
GA	GA1	Tidak ada rembesan	Memenuhi
	GA2	Tidak ada rembesan	Memenuhi
	GA3	Tidak ada rembesan	Memenuhi
GB	GB1	Tidak ada rembesan	Memenuhi
	GB2	Tidak ada rembesan	Memenuhi
	GB3	Tidak ada rembesan	Memenuhi
GC	GC1	Ada rembesan	Tidak memenuhi
	GC2	Ada rembesan	Tidak memenuhi
	GC3	Ada rembesan	Tidak memenuhi

Variasi Sampel	Benda Uji	Rembesan	Keterangan
GD	GD1	Tidak ada rembesan	Memenuhi
	GD2	Tidak ada rembesan	Memenuhi
	GD3	Tidak ada rembesan	Memenuhi
GE	GE1	Tidak ada rembesan	Memenuhi
	GE2	Tidak ada rembesan	Memenuhi
	GE3	Tidak ada rembesan	Memenuhi

Pengujian rembesan (*impermeabilities*) dilakukan dengan benda uji berjumlah 3 buah per variasinya. Benda uji yang diuji berumur 14 hari dan dilakukan pengujian sesuai SNI 0096:2007 selama 20 jam + 5 menit. Hasil dari uji impermeabilitas genteng beton dengan penambahan sabut kelapa dan cangkang telur yaitu ada variasi benda uji yang tidak terdapat tetesan air pada bawah permukaan genteng beton. Namun demikian ada juga variasi genteng beton GC1, GC2, dan GC3 yang terdapat rembesan/tetesan air pada bawah permukaan genteng beton dalam skala yang sedikit, sehingga tidak sesuai dengan syarat SNI 0096:2007 maka untuk pengujian rembesan air (*impermeabilitas*) pada genteng beton variasi GC yaitu tidak memenuhi spesifikasi yang disyaratkan. Akan tetapi variasi genteng beton GA, GB, GD, dan GE sudah memenuhi spesifikasi genteng beton sesuai SNI 0096:2007. Semakin banyak sabut kelapa yang dicampurkan pada proses pembuatan genteng beton maka semakin besar juga daya serapnya. Daya serap yang besar mengakibatkan tingkat rembesan airnya juga tinggi (Eli Eser, 2021).

3.3. Analisis perbandingan berat

Perbandingan berat beton dilakukan dengan menimbang genteng beton yang sudah sesuai umur yang ditetapkan pada penelitian ini dengan alat timbangan. Perbandingan dilakukan untuk mengetahui perbandingan berat genteng beton normal dengan genteng beton campuran sabut kelapa dan cangkang telur. Adapun hasil pengujian berat genteng beton dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Grafik perbandingan berat

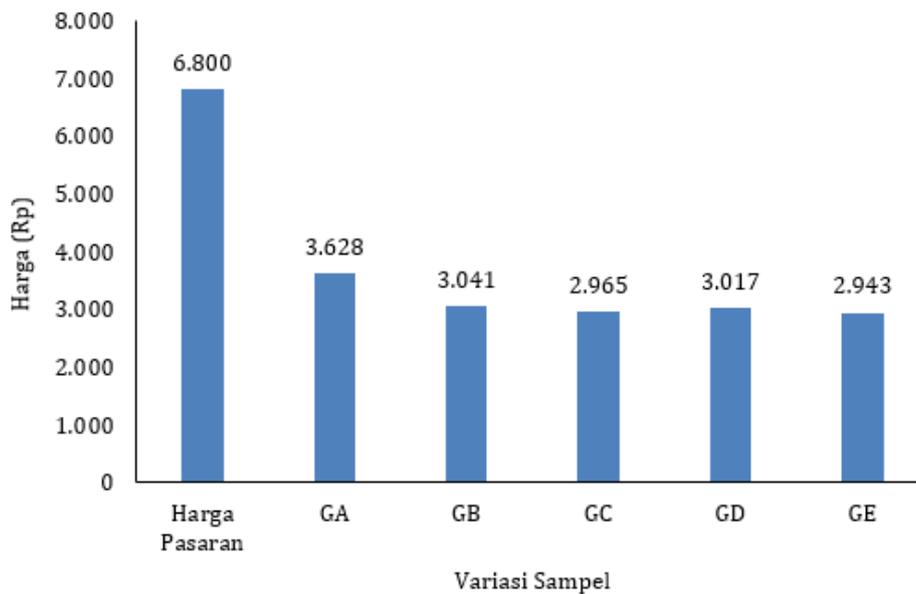
Genteng beton yang memiliki berat paling ringan yaitu genteng beton GC dengan variasi 40% sabut kelapa dan 6% cangkang telur dengan berat rata-rata yaitu 4,03 kg. Pada hasil pengujian diperoleh bahwa genteng beton GA atau genteng beton normal tanpa campuran sabut kelapa dan cangkang telur memiliki berat rata-rata yaitu 5,50 kg. Genteng beton GB dengan variasi 32% sabut kelapa dan 6% cangkang telur memiliki rata-rata berat sebesar 4,3 kg. Sedangkan genteng beton GD dengan variasi campuran 32% sabut kelapa dan 8% cangkang telur memiliki berat rata-rata 4,39 kg. Dan genteng beton GE dengan variasi 38% sabut kelapa dan 8% cangkang telur memiliki berat rata-rata 4,14 kg.

Genteng beton normal memiliki berat jenis sebesar 2,11. Sedangkan berat jenis genteng beton berserat yaitu 1,91. Dari hasil berat jenis tersebut dapat diketahui bahwa genteng beton berserat lebih ringan dibanding genteng beton normal. Pada genteng beton berserat menggunakan alternatif campuran sabut kelapa sebagai bahan pengganti pasir sehingga genteng berserat memiliki berat lebih ringan dibanding genteng beton normal (Mukhlis, 2008).

Berdasarkan SNI 0096:2007 tentang spesifikasi genteng beton tidak dijelaskan ketentuan berat genteng beton yang disyaratkan. Adapun berat genteng beton normal dipasaran berkisar 4,2 kg per buah. Jika dibandingkan dengan genteng beton konvensional maka genteng beton substitusi sabut kelapa dan cangkang telur memiliki berat lebih ringan.

3.4. Analisis perbandingan biaya

Pada rancangan biaya material pembuatan genteng beton ini mengacu pada ketentuan peraturan Walikota Semarang tentang standarisasi harga satuan bahan bangunan, upah, dan analisis pekerjaan untuk kegiatan pembangunan pemerintah Kota Semarang tahun anggaran 2024. Adapun perbandingan biaya dari setiap variasi sampel genteng beton ditunjukkan Gambar 11.



Gambar 11. Grafik perbandingan harga

Rancangan biaya pembuatan genteng beton per variasi nya dapat disimpulkan bahwa harga genteng beton konvensional lebih mahal dibanding harga genteng beton dengan tambahan substitusi cangkang telur dan sabut kelapa. Pembuatan genteng konvensional lebih mahal karena pada pembuatan genteng konvensional masih menggunakan material semen dan pasir dengan jumlah lebih banyak dibanding variasi genteng yang lain. Sedangkan untuk genteng beton dengan substitusi sabut kelapa dan cangkang telur lebih murah karena kedua bahan substitusi tersebut bisa didapat dengan tanpa biaya karena memanfaatkan limbah yang ada. Genteng beton dengan harga paling murah terdapat pada variasi sampel GE, dengan kadar 38% serat sabut kelapa dan 8% serbuk cangkang telur.

Untuk harga sesuai dengan ketentuan peraturan walikota Semarang tentang standarisasi harga satuan bahan bangunan, upah, dan analisa pekerjaan untuk kegiatan pembangunan pemerintah kota semarang tahun anggaran 2024, harga genteng beton per buahnya sebesar Rp 6.800,00. Maka harga genteng beton pada penelitian ini lebih ekonomis dari produk di pasaran. Tabel 3 merupakan rangkuman untuk memudahkan pemahaman terhadap hasil penelitian yang telah dilaksanakan.

Tabel 3. Rekapitulasi pengujian benda uji

Pengujian	Variasi GA	Variasi GB	Variasi GC	Variasi GD	Variasi GE
Sifat Tampak	Halus, tidak retak, warna abu-abu	Halus, tidak retak, warna kecoklatan	Halus, tidak retak, warna kecoklatan	Halus, tidak retak, warna abu-abu gelap	Halus, tidak retak, warna kecoklatan

Pengujian	Variasi GA	Variasi GB	Variasi GC	Variasi GD	Variasi GE
Ukuran	Memenuhi SNI 0096:2007	Memenuhi SNI 0096:2007	Memenuhi SNI 0096:2007	Memenuhi SNI 0096:2007	Memenuhi SNI 0096:2007
Beban Lentur	1771,24 N (Memenuhi SNI 0096:2007)	1730,96 N (Memenuhi SNI 0096:2007)	1350,52 N (Tidak memenuhi SNI 0096:2007)	1858,2 N (Memenuhi SNI 0096:2007)	1501,96 N (Memenuhi SNI 0096:2007)
Porositas	6,543 % (Memenuhi SNI 0096:2007)	8,731 % (Memenuhi SNI 0096:2007)	11,527 % (Tidak memenuhi SNI 0096:2007)	8,538 % (Memenuhi SNI 0096:2007)	10,484 % (Tidak memenuhi SNI 0096:2007)
Rembesan	Tidak ada tetesan air (Memenuhi SNI 0096:2007)	Tidak ada tetesan air (Memenuhi SNI 0096:2007)	Ada tetesan air (Tidak memenuhi SNI 0096:2007)	Tidak ada tetesan air (Memenuhi SNI 0096:2007)	Tidak ada tetesan air (Memenuhi SNI 0096:2007)
Berat	5,50 kg (Per buah)	4,3 kg (Per buah)	4,03 kg (Per buah)	4,39 kg (Per buah)	4,14 kg (Per buah)
Perbandingan Biaya	Rp 3.628,00 (Per buah)	Rp 3.041,00 (Per buah)	Rp 2.965,00 (Per buah)	Rp 3.017,00 (Per buah)	Rp 2.943,00 (Per buah)

Pada pengujian sifat tampak dan ukuran, semua variasi sudah sesuai dengan standar SNI. Untuk pengujian beban lentur terdapat satu variasi yang tidak sesuai dengan SNI yaitu pada variasi GC dengan nilai sebesar 1350,52 N < 1400 N. Pada pengujian porositas juga terdapat variasi yang belum sesuai dengan standar, yaitu pada variasi GC dan GE. Terakhir pada pengujian rembesan semua sudah sesuai dengan SNI, kecuali variasi GC yang masih terdapat tetesan air pada pengujian ini.

Maka dari hasil penelitian yang sudah dilakukan dapat ditarik kesimpulan bahwa substitusi pada serat sabut kelapa dan cangkang telur dapat menambah kuat lentur dibanding genteng konvensional dengan kadar tertentu yaitu 32 % serat sabut kelapa dan 8% serbuk cangkang telur. Untuk pengujian porositas dan rembesan air pada genteng beton dengan substitusi sabut kelapa dengan kadar semakin tinggi maka dapat menghasilkan nilai porositas dan rembesan yang lebih besar karena sifat sabut kelapa yang memiliki penyerapan air yang besar. Sedangkan untuk penambahan serbuk cangkang telur pada uji porositas dan rembesan air pada genteng beton tidak memberikan hasil yang signifikan. Pada pengujian berat, pada genteng beton dengan substitusi sabut kelapa dengan kadar semakin tinggi maka dapat menghasilkan bobot yang semakin ringan. Sedangkan untuk penambahan serbuk cangkang telur pada pengujian berat genteng beton tidak memberikan hasil yang signifikan. Pada perbandingan harga genteng beton, variasi campuran dengan kadar 38 % serat sabut kelapa dan 8% serbuk cangkang telur memiliki biaya produksi yang lebih murah atau ekonomis dibanding variasi genteng beton lainnya. Pada variasi tersebut memiliki harga yang lebih murah dikarenakan penambahan cangkang telur yang lebih banyak sehingga dapat menggantikan sebagian semen yang memiliki harga yang lebih mahal.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Inovasi pembuatan produk genteng beton dengan substitusi sabut kelapa dan cangkang telur tidak hanya menghasilkan genteng beton yang lebih unggul dibandingkan genteng beton konvensional saja. Selain meningkatkan kualitas genteng beton, pemanfaatan kedua material tersebut dapat mengurangi limbah di lingkungan sekitar dan menghasilkan genteng beton ramah lingkungan.
- 2) Dari pengujian sifat tampak didapatkan hasil bahwa genteng beton dengan substitusi sabut kelapa dan cangkang telur tidak memiliki keretakan atau cacat yang lain dan sudah memenuhi spesifikasi SNI 0096:2007. Namun dari segi warna antara benda uji memiliki warna yang berbeda dikarenakan pengaruh dari campuran sabut kelapa sehingga warna genteng beton menjadi kecoklatan dibanding genteng beton konvensional.
- 3) Berdasarkan hasil uji ukuran genteng beton dengan substitusi sabut kelapa dan cangkang telur didapatkan hasil bahwa ukuran genteng beton dengan substitusi sabut kelapa dan cangkang telur memiliki ukuran yang hampir sama dengan genteng beton konvensional. Pengujian ukuran setiap variasi benda uji memiliki nilai di atas batas minimal yang di atur dalam SNI 0096:2007.

- 4) Dari hasil pengujian beban lentur didapatkan hasil bahwa genteng beton GD dengan persentase substitusi serat sabut kelapa 32% dan serbuk cangkang telur 8% memiliki nilai beban lentur sebesar 1858,2 N. Sedangkan genteng beton dengan nilai beban lentur rendah yaitu didapat pada variasi genteng beton GC dengan persentase substitusi sabut kelapa 40% dan 6% memiliki nilai beban lentur 1350,52. Untuk variasi GA,GB,dan GE sudah memiliki nilai beban lentur yang sesuai dengan ketentuan. Genteng beton GC tidak memenuhi ketentuan karena memiliki nilai beban lentur dibawah 1400 N.
- 5) Pengujian penyerapan air (porositas) pada genteng beton dengan substitusi sabut kelapa dan cangkang telur didapatkan hasil bahwa genteng beton dengan nilai porositas paling baik yaitu variasi GA dengan persentase kedua substitusi 0%. Sedangkan untuk variasi GC dan GE tidak memenuhi standar SNI karena memiliki nilai porositas yang lebih dari 10%. Untuk genteng beton dengan variasi GB dan GD memiliki nilai porositas yang kurang dari 10% dan sudah memenuhi ketentuan SNI 0096:2007. Penambahan sabut kelapa dengan kadar tinggi maka dapat menghasilkan nilai porositas dan rembesan yang lebih besar karena sifat sabut kelapa yang memiliki penyerapan air yang besar. Sedangkan untuk penambahan serbuk cangkang telur pada uji porositas dan rembesan air pada genteng beton tidak memberikan hasil yang signifikan.
- 6) Pada pengujian rembesan yang sudah dilakukan didapatkan hasil bahwa genteng beton konvensional maupun genteng beton dengan substitusi sabut kelapa dan cangkang telur sesuai dengan ketentuan SNI. Akan tetapi ada satu variasi genteng beton yang tidak memenuhi persyaratan SNI yaitu genteng beton variasi GC dengan persentase 40% sabut kelapa dan 6% serbuk cangkang telur.
- 7) Hasil uji berat genteng beton dapat ditarik kesimpulan bahwa genteng beton yang paling ringan terdapat pada variasi sampel GC dengan persentase 32 % serat sabut kelapa dan 8 % serbuk cangkang telur dengan berat rata-rata 4,03 kg. Sedangkan genteng beton GA atau genteng beton normal tanpa campuran sabut kelapa dan cangkang telur memiliki berat rata-rata yaitu 5,50 kg yang memiliki berat lebih tinggi dari variasi beton lainnya. Pada pengujian berat, pada genteng beton dengan substitusi sabut kelapa dengan kadar semakin tinggi maka dapat menghasilkan bobot yang semakin ringan. Sedangkan untuk penambahan serbuk cangkang telur pada pengujian berat genteng beton tidak memberikan hasil yang signifikan.
- 8) Perencanaan biaya produksi genteng beton konvensional memerlukan biaya sebesar Rp. 3.628 per satu buah gentengnya. Sedangkan biaya produksi genteng beton dengan substitusi sabut kelapa dan serbuk cangkang telur membutuhkan biaya yang lebih murah. Variasi genteng beton yang memerlukan biaya produksi paling murah yaitu pada variasi genteng beton GE dengan biaya sebesar Rp 2.943 per satu gentengnya. Genteng beton dengan substitusi sabut kelapa dan cangkang telur lebih murah karena kedua bahan substitusi tersebut bisa didapat dengan tanpa biaya karena memanfaatkan limbah yang ada.

Ucapan terima kasih

Terimakasih ditujukan kepada Allah SWT, kepada dosen pembimbing penelitian ini, dan kepada pihak yang sudah membantu dalam penyusunan penelitian ini dari awal sampai akhir. Semoga penelitian ini bisa bermanfaat bagi pembaca dan bisa dijadikan referensi penelitian-penelitian selanjutnya.

Referensi

- Ardan, M., Siregar, N., & Mahda, N. (2020). Pembuatan Dinding Beton Ringan Akustik dengan Pemanfaatan Limbah Serat Serabut Kelapa (Cocofiber). *Jurnal Teknik Sipil ITP*, 7(2), 73–77. <https://doi.org/10.21063/jts.2020.v702.04>
- Ariyani, A. W. (2015). Tinjauan Kualitas Genteng Beton Sebagai Penutup Atap Dengan Bahan Tambah Serat Sabut Kelapa.
- Astuti, F. D., Hermanto, E., & Lubis, K. (2017). Pemanfaatan Limbah Styrofoam dan Serat Sabut Kelapa sebagai Bahan Tambah Genteng Beton. 1(1), 11–18.
- Badan Standardisasi Nasional. (2015). SNI 2049:2015 Semen Portland. Standar Nasional Indonesia, 1–147.
- Direktorat Jenderal Peternakan dan Kesehatan Hewan Kementerian Pertanian. (2022). Buku Statistik Peternakan dan Kesehatan Hewan Tahun 2022 -. Direktorat Jenderal Peternakan Dan Kesehatan Hewan Kementerian Pertanian RI, 2. <https://ditjenpkh.pertanian.go.id/berita/1609-buku-statistik-peternakan-dan-kesehatan-hewan-tahun-2022>

- Dirjen Perkebunan. (2015). Statistik Perkebunan Indonesia Komoditas Kelapa 2014 - 2016. 1(December 2015), 1-95.
- Eser, E. L. I., & Barus, A. (2020). Diajukan Untuk Syarat Dalam Siding Sarjana Universitas Medan Area Universitas Medan Area.
- Fitriyah, H., & Ciptandi, F. (2018). Pengolahan Limbah Sabut Kelapa Tua Sebagai Pewarna Alam Pada Produk Fesyen. 5(3), 2534-2552.
- Frieda, Meilawaty, O., & H.A.B., F. A. (2018). Pemanfaatan Limbah Cangkang Telur Sebagai Pereduksi Semen Dalam Campuran Beton Berpori Ramah Lingkungan (Green Pervious Concrete). Jurnal Teknik, 1(2), 129-135.
- Hanum, M. S. (2015). Eksplorasi Limbah Sabut Kelapa (Studi Kasus : Desa Handapherang Kecamatan Cijeunjing Kabupaten Ciamis) The Exploration Of Coconut Fiber Waste (Case Study : Desa Handapherang Kecamatan Cijeunjing Kabupaten Ciamis). Art and Design, 2(2), 930-938.
- Indonesia, S. N., & Nasional, B. S. (2007). Genteng beton.
- Indraini, A. (2022). Bangun Rumah Makin Mahal! Harga Semen hingga Besi Beton Naik. DetikFinance.Com. <https://finance.detik.com/properti/d-6106765/bangun-rumah-makin-mahal-harga-semen-hingga-besi-beton-naik>
- Kurniawati, putri. (2017). Sintesis Superabsorben Aerogel Selulosa Berbasis Sabut Kelapa. Universitas Nusantara PGRI Kediri, 01, 1-7.
- Nasional, S. P. U. (n.d.). Direktorat Jenderal Perkebunan Kementerian Pertanian Republik Indonesia.
- Paskawati, Y. A., Susyana, Antaresti, & Retnoningtyas, E. S. (2011). Pemanfaatan sabut kelapa sebagai bahan baku pembuatan kertas komposit alternatif. Jurnal Widya Teknik, 9, 12-21.
- PBI 1971. (1971). Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971. Jakarta: Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, 7, 130.
- Perwal. (2024). Peraturan Walikota No 38 Tahun 2024.
- Pohan, R. F., & Rambe, M. R. (2022). Beton Ramah Lingkungan Dengan Cangkang Telur Sebagai Pengganti Sebagian Semen. Journal Teknik Mesin, Elektro, Informatika, Kelautan Dan Sains, 2(1), 15-19. <https://doi.org/10.30598/metiks.2022.2.1.15-19>
- Portland, S., Bangunan, S. B., Beton, S., Sulfat, T., Beton, S., Kedap, B., & Concrete, A. (1993). Ruang Ling kup Acuan Normatif Pengertian Persyaratan-persyaratan. 1-34.
- Pratiwi, W. A. (2021). Analisa Kuat Tekan Beton Dengan Menggunakan Arang Cangkang Telur Sebagai Penambah Semen. 1-23.
- Siswanto, E., & Gunarto, A. (2019). Penambahan Fly Ash Dan Serat Serabut Kelapa. Ukarst : Jurnal Universitas Kadiri Riset Teknik Sipil, 3(1), 56-65.
- Suheryanto, D., & Haryanto, T. (2009). Pengaruh konsentrasi zat warna basa terhadap ketuanan dan ketahanan warna pada pencelupan serat sabut kelapa. 9-18.
- Trikarlina, E., Sigalingging, R., & Munir, A. P. (2018). Penambahan Sikacim Concrete Additive Pada Pembuatan Batako. J. Rekayasa Pangan Dan Pert., 6(1), 38-43.
- Unique, A. (2016). SNI 03-1973-1990. 0, 1-23.
- Venny Riza, F., Sapriandi Lubis, D., Vidia Br Manurung, F., Rizky Rizaldi Nst, M., Kunci, K., Busa, B., Tekan, K., Lentur, K., Tarik, K., & Elastisitas, M. (2020). Progress in Civil Engineering Journal Analisis Mekanis Beton Busa Dengan Kombinasi Serat Sabut Kelapa Serta Bahan Tambahan Abu Sekam Padi Dan Serbuk Cangkang Telur. Progress in Civil Engineering Journal, 2(1), 53-67.
- Winda, I. F., & Mahyudin, A. (2018). Pengaruh Persentase Serat Sabut Pinang terhadap Sifat Fisik dan Mekanik Papan Beton Resin Epoksi. Jurnal Fisika Unand, 7(1), 50-55. <https://doi.org/10.25077/jfu.7.1.50-55.2018>
- Yanwardhana, E. (2022). Bahan Bangunan Makin Mahal: Harga Semen, Besi, Pasir Meledak. Cnbcindonesia.Com. https://www.cnbcindonesia.com/news/20220809150538-4-362347/bahan_bangunan-makin-mahal-harga-semen-besi-pasir-meledak
- Zacoeb, A., Dewi, S. M., Jamaran, I., Sipil, J. T., Teknik, F., & Brawijaya, U. (2013). Pemanfaatan Limbah Bottom Ash Sebagai Pengganti Semen Pada Genteng Beton Ditinjau Dari Segi Kuat Lentur Dan Pembesar Air. Jurnal Rekayasa Sipil, 7(1), 81-87.
- Zalukhu, P. S., Irwan, I., & Hutaeruk, D. M. (2017). Pengaruh Penambahan Serat Sabut Kelapa (Cocofiber) terhadap Campuran Beton sebagai Peredam Suara. Journal of Civil Engineering, Building and Transportation, 1(1), 27. <https://doi.org/10.31289/jcebt.v1i1.367>.



Studi eksperimen penambahan limbah kaca bening (*float glass*) dan cangkang kerang hijau (*Perna viridis*) pada efektivitas cat *waterproofing*

Nais Sofina Zulfa^{a*}, Luthfiah Ajeng Herdiartanti^a, Riza Susanti^a, Hartono^a

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

ARTICLE INFO

Corresponding author:

Email:

sofinazulfa@gmail.com

Article history:

Received : 05 October 2024

Accepted : 21 March 2025

Publish : 29 March 2025

Keywords:

glass powder, shell, walls, wall paint, waterproofing

ABSTRACT

Walls are important elements in a building that function as a divider between rooms and as a protector from external factors. Common damage to walls is caused by water or damp conditions. Water that seeps into the wall can cause damage, reduce quality and durability. The use of waterproofing paint is a solution to overcome this problem. Waterproofing paint has been widely developed with various innovations. With the addition of additives to the paint, waterproofing can be increased. Therefore, paint additives are needed in the form of glass powder to keep the wall surface from being damp and green mussel shell powder which contains calcium carbonate (CaCO₃). The purpose of this study was to determine the water resistance of paint added with clear glass powder with percentage variations of 10%, 15% and 20% and green mussel shell powder with a substitution of 5%, 7,5% and 10% with each test object 1 liter of paint. Based on the results of the water seepage test, it has not met SNI requirements. However, the water absorption, specific gravity, spreadability and drying time tests have met SNI requirements. Adhesion testing for all paint variations has met ASTM D3359 requirements.

Copyright © 2025 PILARS-UNDIP

1. Pendahuluan

Dinding adalah struktur vertikal yang memisahkan atau membatasi ruang dalam suatu bangunan dan dapat berfungsi sebagai penyangga beban, pelindung dari cuaca, penyekat ruangan, serta elemen estetika. Disamping itu dinding memiliki permasalahan seperti pertumbuhan jamur. Curah hujan yang tinggi dan tingginya kadar air pada permukaan dinding selama proses pengecatan merupakan penyebab dari pertumbuhan jamur. Spora jamur yang beterbangan di udara dapat masuk ke tubuh manusia melalui saluran pernafasan (Komang Angga, 2019). Masyarakat dengan penyakit asma dan masalah saluran pernafasan lainnya lebih rentan terhadap bahaya jamur. Dari permasalahan jamur pada dinding tersebut dibutuhkan cat *waterproofing* untuk mengatasi atau menghambat pertumbuhan jamur (Brams Dwandaru et al., 2016).

Cat *waterproofing* memiliki beberapa inovasi yang telah berkembang saat ini. Salah satu diantaranya terdapat penelitian terdahulu mengenai inovasi cat *waterproofing* yang diberikan bahan tambah berupa serbuk kaca bening. Kaca bening memiliki sifat *nonporous* (tidak berpori), sehingga bisa menahan air. Salah satu bahan pengisi pada cat yaitu CaCO₃ yang mana kandungan tersebut ada di dalam cangkang kerang hijau. Kandungan yang dimiliki cangkang kerang hijau sebagian besar tersusun dari kalsium karbonat (CaCO₃), kalsium fosfat, Ca(HCO₃)₂, Ca₃S (Elfarisna et al., 2023). Sehingga penambahan cangkang kerang hijau diharapkan mampu menjadi substitusi parsial pada cat *waterproofing*. Cangkang kerang hijau mudah didapatkan dan dari segi ekonomis limbah cangkang kerang hijau memiliki harga yang relatif murah dibandingkan zat kimia CaCO₃ pabrikan sehingga diharapkan mampu mengefisiensikan biaya produksi pembuatan cat.

Limbah kaca bening dan cangkang kerang hijau merupakan dua jenis limbah yang jumlahnya terus meningkat. Limbah kaca bening berasal dari berbagai produk kaca yang dibuang, sedangkan cangkang kerang hijau adalah hasil dari industri perikanan. Kedua limbah ini dapat menimbulkan permasalahan lingkungan yang serius jika tidak dikelola dengan baik. Limbah kaca sering kali tidak terurai secara alami (Angeline dan Allencia, 2017). Sedangkan cangkang kerang hijau yang merupakan sisa dari industri makanan laut sering kali hanya dibuang begitu saja. Upaya untuk mengurangi limbah kaca bening dan cangkang kerang hijau dengan melakukan inovasi yang memanfaatkan limbah tersebut sebagai bahan tambah pada cat *waterproofing*.

2. Data dan metode

2.1. Metode penelitian

Metode penelitian dilakukan secara kuantitatif dengan metode eksperimen di Laboratorium Bahan Bangunan Program Studi Teknik Infrastruktur Sipil dan Perancangan Arsitektur, Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro. Pada penelitian ini bermaksud meneliti dan menguji variasi penambahan serbuk kaca bening dan substitusi serbuk cangkang kerang hijau pada efektivitas cat *waterproofing*. Variasi persentase penambahan limbah serbuk kaca bening sebanyak 10%, 15%, dan 20% sedangkan serbuk cangkang kerang hijau dengan variasi substitusi sebanyak 5%; 7,5%, dan 10%. Adapun pengujian dari benda uji antara lain sebagai berikut:

- 1) Pengujian rembesan air
- 2) Pengujian daya serap air
- 3) Pengujian berat jenis
- 4) Pengujian waktu mengering
- 5) Pengujian daya sebar
- 6) Pengujian adhesi

2.2. Pengolahan limbah

Serbuk kaca bening merupakan material tambahan yang akan dipakai dalam penambahan cat dan serbuk cangkang kerang hijau sebagai substitusi CaCO_3 . Serbuk kaca bening terbuat dari limbah kaca yang tidak terpakai dan dihancurkan hingga berukuran serbuk. Menurut (Gunarto dan Iwan Candra, 2019) menjelaskan bahwa fraksi agregat kasar untuk agregat yang tertahan di atas saringan 2,36 mm (No. 8) menurut saringan ASTM, sedangkan agregat halus adalah agregat yang mempunyai sifat lolos saringan 2,36 mm (No. 8) sesuai dengan SNI 03-6819-2002. Adapun serbuk kaca bening dan serbuk cangkang kerang hijau ditunjukkan pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1. Serbuk kaca bening



Gambar 2. Serbuk cangkang kerang hijau

2.3. Metode pengujian rembesan air

Pengujian rembesan air (*waterproofing*) dilakukan selama 24 jam untuk mengetahui nilai penurunan air pada genteng. Hasil pengujian ini didapatkan dari besaran penurunan ketinggian air dengan cara pengurangan ketinggian air dari awal pemberian air dan setelah 24 jam. Acuan pengujian ini dari SNI 0096:2007.

2.4. Metode pengujian berat jenis

Pengujian berat jenis dilakukan dengan cara menghitung berat benda yang dibagi dengan volume benda. Pengujian ini menggunakan toples yang terisi dengan cat. Hasil dari pengujian ini dinyatakan dalam satuan g/mL. pengujian ini menggunakan acuan SNI 3564:2014 yang memiliki nilai minimum 1,1 g/mL.

2.5. Metode pengujian daya sebar

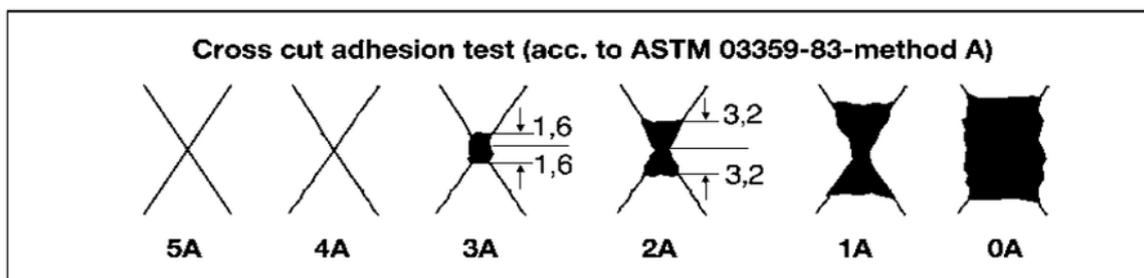
Pengujian daya sebar dilakukan untuk menguji cat per-gramnya mampu untuk menutupi atau menyebar dengan baik pada permukaan. Pengujian ini menggunakan papan kalsi sebagai medianya. Hasil pengujian ini menjelaskan bahwa nilai minimum untuk daya sebar adalah 4 m²/Kg sesuai dengan standar SNI 03-6861.1-2002.

2.6. Metode pengujian waktu mengering

Pengujian waktu mengering menggunakan papan kalsi sebagai medianya. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui cat dapat mengering dengan sempurna pada menit ke berapa. Hasil pengujian menggunakan syarat SNI 3564:2014 dengan nilai maksimum kering sentuh 30 menit.

2.7. Metode pengujian adhesi

Pengujian adhesi dilakukan untuk mengetahui banyaknya cat yang tetap dapat menempel pada tembok setelah didiamkan selama 7 hari. Pengujian ini memerlukan tembok sebagai media untuk mengoleskan sampel cat. Sesuai dengan standar ASTM D3359 hasil dari pengujian ini dinyatakan dalam 1A/2A/3A/4A/5A (*cross cut adhesion test*). Pengujian adhesi dilakukan pemotongan dengan pola "X", setelah 7 hari ditempelkan solatip lalu ditarik dan dilihat tingkat pengelupasan cat tersebut. Adapun metode *Cross Cut Adhesion Test* ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. *Cross cut adhesion test*

2.8. Job mix design

Pembuatan *job mix design* yang digunakan sesuai dengan SNI 0096:2007 yang berkaitan dengan pengujian rembesan air (*waterproofing*), SNI-1996 yang berkaitan dengan pengujian daya serap air, SNI 3564:2014 yang berkaitan dengan pengujian berat jenis dan pengujian waktu mengering, SNI 03 - 6861.1 - 2002 berkaitan dengan pengujian daya sebar. Pengujian adhesi mengacu pada ASTM D3359 tahun 2004. Adapun rancangan *job mix design* disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. *Job mix design* benda uji

Variasi	Cat (gr)	Serbuk kaca bening		CaCO ₃	Serbuk cangkang kerang hijau	
		%	gram		%	gram
A	1000	10	100	417,9	5	22
B	1000	15	150	406,9	7,5	33
C	1000	20	200	395,9	10	44
D	1000	10	100	395,9	10	44
E	1000	20	200	417,9	5	22

3. Hasil dan pembahasan

3.1. Pengolahan limbah

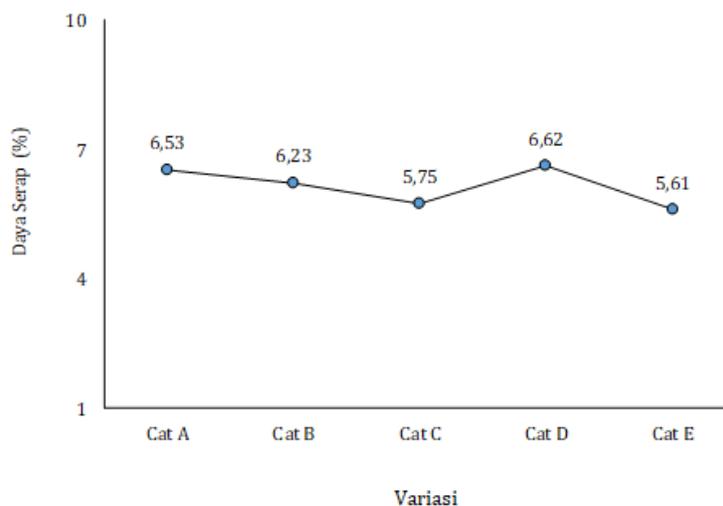
Hasil pengolahan limbah dalam pembuatan cat *waterproofing* diawali dengan mengumpulkan limbah kaca bening dan limbah cangkang kerang hijau kemudian dihancurkan dan ditumbuk sampai halus hingga lolos saringan No. 200. Adapun hasil pengujian agregat halus disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengujian agregat halus

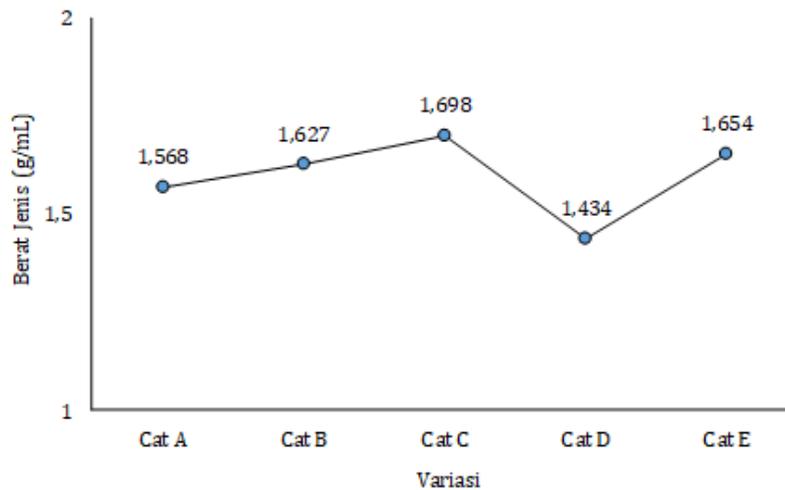
Saringan (mm)	Berat tertahan (gr)	Berat tertahan (%)	Berat tertahan kumulatif (%)	Berat lolos saringan kumulatif (%)
¾"	0,00	0,00	0,00	100,00
½"	0,00	0,00	0,00	100,00
⅜"	0,00	0,00	0,00	100,00
#4	0,00	0,00	0,00	100,00
#8	0,00	0,00	0,00	100,00
#16	0,00	0,00	0,00	100,00
#30	0,00	0,00	0,00	100,00
#50	0,00	0,00	0,00	100,00

3.2. Pengujian cat

Hasil pengujian daya serap air yang ditunjukkan pada Gambar 4, *paving block* dengan variasi cat A memiliki nilai 6,53%; *paving block* dengan variasi cat B memiliki nilai 6,23%; *paving block* dengan variasi cat C memiliki nilai 5,75%; *paving block* dengan variasi cat D memiliki nilai 6,62%; dan *paving block* dengan variasi cat E memiliki nilai 5,61%. Dari variasi cat tersebut, cat C dan cat E telah memenuhi syarat SNI-1996 dengan syarat daya serap kurang dari 6%. Tetapi pada variasi cat A, cat B dan cat D belum memenuhi syarat SNI-1996. Dari nilai daya serap air tersebut menunjukkan bahwa nilai penyerapan air akan menurun dengan meningkatnya konsentrasi serat kaca yang ditambahkan (Ariyani dan Tiffany, 2016). Meningkatnya nilai daya serap pada *paving block* dikarenakan serbuk kaca sendiri memiliki sifat *zero absorption* (Nursyamsi et al., 2016). Berdasarkan hasil pengujian berat jenis pada Gambar 5 didapatkan nilai variasi cat A 1,568 g/mL, variasi cat B 1,627 g/mL, variasi cat C 1,698 g/mL, variasi cat D 1,434 g/mL, dan variasi cat E 1,654 g/mL. Adapun nilai tersebut menunjukkan bahwa semua variasi cat telah memenuhi standar SNI 3564:2014 dengan minimum nilai berat jenis cat sebesar 1,1 g/mL.

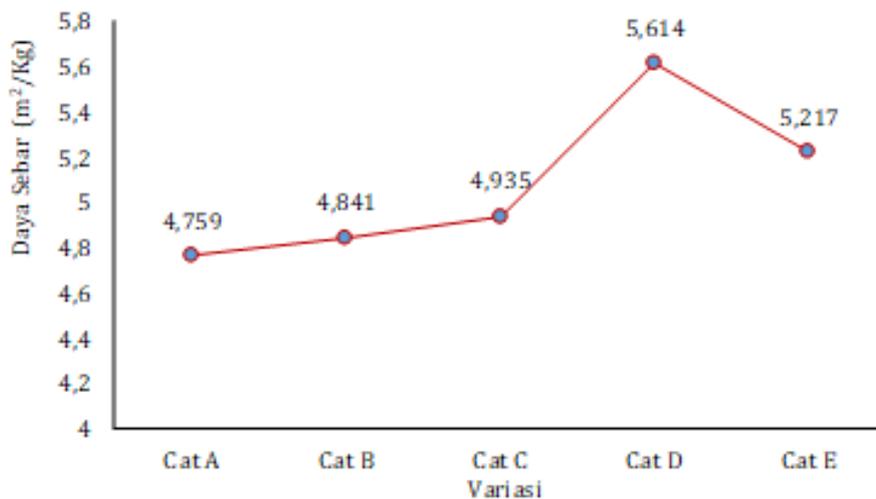


Gambar 4. Nilai daya serap



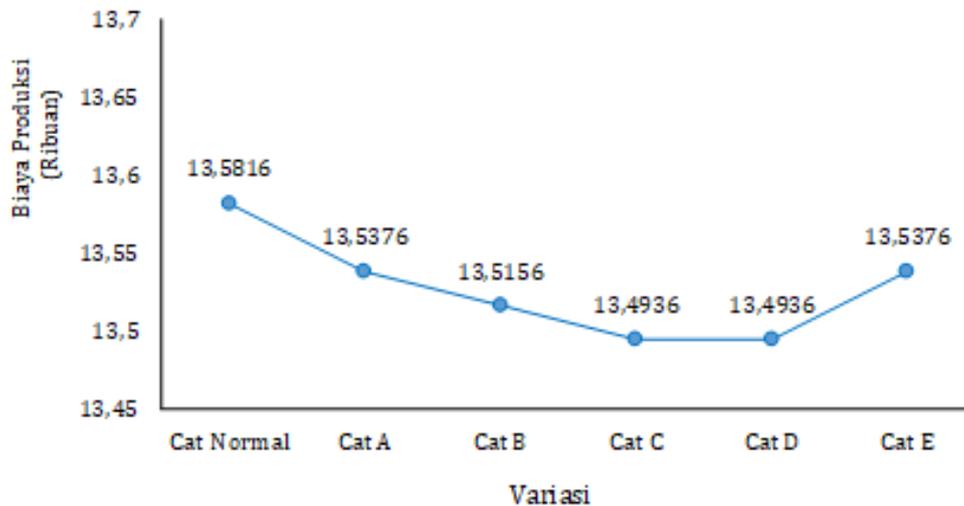
Gambar 5. Nilai berat jenis

Gambar 6 menjelaskan bahwa pengujian daya sebar didapatkan hasil dengan variasi cat A memiliki nilai daya sebar $4,759 \text{ m}^2/\text{Kg}$, variasi cat B memiliki nilai daya sebar $4,841 \text{ m}^2/\text{Kg}$, variasi cat C memiliki nilai daya sebar $4,935 \text{ m}^2/\text{Kg}$, variasi cat D memiliki nilai daya sebar $5,614 \text{ m}^2/\text{Kg}$, dan variasi cat E memiliki nilai daya sebar $5,217 \text{ m}^2/\text{Kg}$. Dengan demikian, hasil dari pengujian daya sebar semua variasi cat telah memenuhi standar SNI 03-6861.1-2002 (nilai minimum $4 \text{ m}^2/\text{Kg}$). Pengujian daya sebar ini menunjukkan berapa meter persegi yang dapat dicat dengan 1 liter cat. Semakin tinggi nilai daya sebar maka semakin luas daya sebar setiap 1 liter cat, apabila daya sebar semakin luas maka semakin ekonomis juga jumlah cat yang dibutuhkan.



Gambar 6. Nilai daya sebar

Berdasarkan Gambar 7 untuk produksi cat tembok (normal) dengan biaya produksi sebesar Rp13.581,60. Sedangkan untuk cat A, cat B, cat C, cat D dan cat E dengan biaya produksi sebesar Rp13.537,60; Rp13.515,60; Rp13.493,60; Rp13.493,60; Rp13.537,60 yang selisih biayanya tidak jauh dari cat tembok (normal).



Gambar 7. Nilai biaya produksi

Pengujian rembesan air merupakan salah satu pengujian waterproofing. Pengujian ini sesuai dengan standar SNI 0096:2007. Pengujian ini menggunakan 2 jenis genteng yang berbeda yang berjumlah 6 buah tiap pengujiannya. Masing-masing dilakukan pengujian dengan cara genteng 0 (tanpa sampel cat), genteng A (sampel cat dengan serbuk kaca bening 10% dan serbuk cangkang kerang hijau 5%), genteng B (sampel cat dengan serbuk kaca bening 15% dan serbuk cangkang kerang hijau 7,5%), genteng C (sampel cat dengan serbuk kaca bening 20% dan serbuk cangkang kerang hijau 10%), genteng D (sampel cat dengan serbuk kaca bening 10% dan serbuk cangkang kerang hijau 10%), genteng E (sampel cat dengan serbuk kaca bening 20% dan serbuk cangkang kerang hijau 5%). Gelas plastik ditempelkan di atas permukaan genteng menggunakan campuran lilin dan gondorukem yang telah dilelehkan, setelah itu dituangkan air setinggi 5 cm dan didiamkan selama 24 jam. Berikut pengujian rembesan air dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Pengujian rembesan air

Berdasarkan hasil dari pengujian rembesan air yang telah dilakukan di atas genteng yang sebelum direndam selama 24 jam dilakukan pengecatan pada dasar gelas, didapatkan hasil bahwa pengujian yang menggunakan genteng Jatiwangi konvensional mengalami penurunan keseluruhan air yang telah dituang. Sedangkan yang diberi cat pada permukaan genteng Jatiwangi hanya mengalami penurunan sebesar 0,2 cm–0,5 cm. Sama dengan genteng Jatiwangi konvensional, pada genteng Sokka konvensional juga mengalami penurunan keseluruhan air yang telah dituang. Sedangkan yang diberi cat pada permukaan genteng Sokka hanya mengalami penurunan 0,2 cm–0,6 cm. Sehingga dapat disimpulkan pengujian rembesan air yang diolesi cat dan yang tidak diolesi cat tidak ada yang memenuhi syarat SNI 0096:2007. Tetapi penambahan serbuk kaca dan serbuk cangkang kerang hijau pada cat dapat meningkatkan kadar *waterproofing* pada genteng.

Pengujian waktu mengering merupakan waktu yang diperlukan untuk membentuk lapisan padat kering yang dihitung mulai dari pengecatan pada suatu permukaan bidang (Purnavita et al., 2023). Pengujian waktu mengering semua variasi cat pada waktu 5 menit sampai 6 menit telah menunjukkan

rata-rata kering sentuh sempurna. Dari pernyataan tersebut pengujian waktu mengering pada semua variasi cat telah memenuhi syarat SNI 3564:2014 (maksimum kering sentuh 30 menit). Selanjutnya, dari hasil dari pengujian adhesi menunjukkan bahwa semua variasi cat memiliki nilai 5A, yang mana tidak terdapat pengelupasan sama sekali. Tetapi pada pengujian variasi cat A terdapat sedikit pengelupasan sehingga memiliki nilai 4A. Hal tersebut bisa terjadi karena pada permukaan tembok yang diolesi cat memiliki permukaan yang tidak halus, karena pada dasarnya untuk mendapatkan hasil uji daya rekat yang baik perlu dilakukan pengamplasan dan pendempulan pada media tersebut (Purnavita et al., 2023).

4. Kesimpulan

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

- 1) Cat *waterproofing* yang paling optimum terdapat pada variasi cat E dengan penambahan serbuk kaca bening 20% dan serbuk cangkang kerang hijau 5%.
- 2) Hasil pengujian cat *waterproofing* didapatkan hasil:
 - a) Pengujian rembesan air yang mengalami penurunan air paling sedikit sebesar 0,2 cm.
 - b) Pengujian daya serap paling optimum sebesar 5,61% yaitu pada variasi cat E.
 - c) Pengujian berat jenis yang memiliki nilai berat jenis paling tinggi yaitu sebesar 1,698 g/mL pada variasi cat C.
 - d) Pengujian daya sebar yang nilai daya sebar paling tinggi terdapat pada variasi cat D dengan nilai sebesar 5,614 m²/Kg.
 - e) Pengujian waktu mengering menunjukkan bahwa semua variasi telah memenuhi syarat SNI 3564:2014.
 - f) Pengujian adhesi semua variasi cat telah memenuhi syarat ASTM D3359 dengan syarat pengujian dari *cross cut adhesion* test nilai sempurna-nya 5A. Kecuali variasi cat A pada pengujian kedua memiliki nilai 4A.
- 3) Perhitungan biaya produksi cat *waterproofing* dengan bahan tambah serbuk kaca bening dan substitusi serbuk cangkang kerang hijau memiliki biaya yang lebih terjangkau dibandingkan dengan biaya cat tembok normal. Produksi cat konvensional memerlukan biaya sebesar Rp13.581,60 per 1 liter cat. Sedangkan biaya produksi cat *waterproofing* dengan bahan tambah serbuk kaca bening dan substitusi serbuk cangkang kerang hijau membutuhkan biaya yang lebih terjangkau. Variasi cat *waterproofing* yang memerlukan biaya produksi paling terjangkau yaitu pada variasi cat C dan cat D sebesar Rp13.493,60 per 1 liter cat. Cat *waterproofing* dengan bahan tambah serbuk kaca bening dan substitusi serbuk cangkang kerang hijau ini lebih hemat karena kedua bahan tambah tersebut didapatkan dari limbah yang diperoleh tanpa biaya.

Ucapan terima kasih

Terimakasih ditujukan kepada Allah SWT, kepada dosen pembimbing penelitian ini, dan kepada pihak yang sudah membantu dalam penyusunan penelitian ini dari awal sampai akhir. Semoga penelitian ini bisa bermanfaat bagi pembaca dan bisa dijadikan referensi penelitian-penelitian selanjutnya.

Referensi

- Angeline, V. dan Allencia, N. (2017) 'De Verre Lumiere: Produk Kreativitas dari Botol & Gelas Kaca Bekas', Seminar Nasional Seni dan Desain: 'Membangun Tradisi Inovasi Melalui Riset Berbasis Praktik Seni dan Desain', pp. 257–263. Available at: <https://media.neliti.com/media/publications/196087-de-verre-lumiere-produk-kreativitas-dari-ef646d11.pdf>.
- Ariyani dan Tiffany (2016) 'Pengaruh Penambahan Serat Kaca terhadap Kekasaran Permukaan dan Penyerapan Air Bahan Basis Gigi Tiruan Nilon Termoplastik', *Dentika: Dental Journal*, 19(1), pp. 71–77. Available at: <https://doi.org/10.32734/dentika.v19i1.156>.
- Brams Dwandaru, W.S., Chrishar Putri, Z.M. dan Yulianti, E. (2016) 'Pengaruh Variasi Konsentrasi Bahan Aditif Larutan Nanopartikel Perak terhadap Sifat Anti-Jamur Cat Dinding sebagai Aplikasi Teknologi Nano dalam Industri Cat Dinding', *Inotek*, 20(1), pp. 1–18.
- Elfarisna, Rahmayuni, E. dan Gustia, H. (2023) 'Efek Amelioran pada Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Jagung Manis', *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia (JIPI)*, 28(4), pp. 660–666. Available at: <https://doi.org/10.18343/jipi.28.4.660>.

- Gunarto, A. dan Iwan Candra, A. (2019) 'Penelitian Campuran Aspal Beton dengan Menggunakan Filler Bunga Pinus', *Ukarst : Jurnal Universitas Kadiri Riset Teknik Sipil*, 3(1), pp. 45-53.
- Komang Angga Aji Sukmawan, M. (2019) 'Pengaruh Tembok Berjamur dan Cara Mengatasinya', *Jurnal Anala*, 7(1), pp. 33-37. Available at: <https://doi.org/10.46650/anala.7.1.1000.33-37>.
- Nursyamsi, Indrawan, I. dan Hastuty, I.P. (2016) 'Pemanfaatan Serbuk Kaca sebagai Bahan Tambah dalam Pembuatan Batako', *Jurnal Media Teknik Sipil*, 14(1), pp. 84-95. Available at: <https://doi.org/10.22219/jmts.v14i1.3292>.
- Purnavita, Sari, Cyrilla Oktaviananda, Elisa Rinihapsari, Priyo Wibowo, dan Yosef Bintang Satya Primahendra. (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(1), pp. 13-20. Available at: <https://doi.org/10.14710/metana.v19i1.52473>.



Pemanfaatan limbah plastik dan kaca sebagai substitusi dalam pembuatan roster

Naufal Azhary Handoko^{a*}, Ghanny Wijaya Kusuma^a, Hartono^a, Riza Susanti^a

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

ARTICLE INFO

Corresponding author:

Email:

naufalazhary@gmail.com
ghannywk@gmail.com

Article history:

Received : 10 June 2024

Accepted : 27 March 2025

Publish : 29 March 2025

Keywords:

compressive strength, glass powder,
plastic waste, roster, water absorption

ABSTRACT

Ventilation block is generally made from concrete, namely using cement, sand and water. However, along with the rampant development in Indonesia, cement and sand production has increased, which has had an impact on the environment, namely the level of soil fertility which is increasingly decreasing due to mining and the production of carbon dioxide is increasing. This encourages innovation that can reduce environmental impacts. For this reason, research was carried out on the use of plastic and glass waste as substitute materials for cement and sand in making ventilation blocks. This research aims to determine the value of compressive strength, water absorption capacity, physical or visual results, and cost analysis, as well as obtaining the most optimal variations. The method in this research is experimental, namely by making ventilation block test objects with variations R₁ (25%:75%:0%:0%), R₂ (15%:70%:10%:5%), R₃ (20%:65%:5%:10%), R₄ (10%:75%:15%:0%), and R₅ (25%:60%:0%:15%). The optimum variation results are in the R₂ variation with a compressive strength value of 1.8 MPa, water absorption capacity of 3.48%, physical requirements, and a cost of IDR 5.127. Apart from that, variations in R₂ can reduce the use of cement by 12.3% and sand by 1.7%. From the test results, the use of plastic and glass waste as a substitute material in making ventilation block can be used because it meets the requirements of SNI 03-0349-1989 or is better than rosters in general and is more environmentally friendly.

Copyright © 2025 PILARS-UNDIP

1. Pendahuluan

Seiring dengan berjalannya waktu dan dengan pertumbuhan penduduk di Indonesia yang mengalami peningkatan signifikan, menimbulkan persoalan mengenai meningkatnya akan kebutuhan tempat tinggal, mobilitas, tempat perbelanjaan dan infrastruktur lainnya (Saputra dkk., 2023). Namun, dengan meningkatnya kebutuhan dalam pembangunan infrastruktur ini dapat memberikan dampak negatif untuk lingkungan sekitar. Dampak negatif ini diakibatkan dari pembuatan material konstruksi salah satunya yaitu roster.

Roster merupakan salah satu material non struktural yang terbuat dari semen dan pasir. Semen ini berfungsi sebagai perekat butiran-butiran agregat agar massa menjadi padat. Namun, dengan menggunakan bahan baku semen ini dapat menimbulkan pencemaran lingkungan. Hal ini dikarenakan karena produksi semen dapat menghasilkan debu dan gas beracun yang menyebabkan meningkatnya emisi CO₂ dan pemanasan global (Sulasmu dkk., 2022). Hal tersebut mendorong adanya inovasi sebagai bentuk upaya mengurangi produksi tersebut. Salah satu inovasi yang bisa dilakukan yaitu dengan memanfaatkan limbah plastik dan kaca sebagai substitusi semen dan pasir dalam pembuatan roster.

Plastik merupakan jenis bahan kelas molekul organik yang memiliki tingkat berat molekul tinggi, atau biasa disebut dengan resin sintetis. Resin adalah bahan komponen utama dalam plastik. Bahan resin pada jenis plastik yang bisa di daur ulang seperti jenis PET bisa digunakan sebagai alternatif pengganti semen. Plastik yang dipanaskan akan membentuk lelehan yang kemudian bisa mengeras kembali dengan bentuk baru sesuai wadah/cetakannya. Selain itu plastik juga memiliki daya rekat yang menyerupai semen.

Kaca merupakan material gabungan dari berbagai zat kimia oksida anorganik yang dihasilkan dari pemisahan dan peleburan alkalin, pasir dan penyusun lainnya. Kaca memiliki sifat dengan titik lebur yang tinggi dan mekanik yang kuat dari kandungan silika (SiO_2) (Putratama, 2018). Selain itu, kandungan dalam kaca juga berupa Al_2O_3 , Fe_2O_3 dan CaO . Hal ini menjadikan kaca bisa sebagai bahan alternatif untuk agregat halus atau pasir karena memiliki kandungan yang sama seperti pasir.

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan mengetahui lebih lanjut dari penelitian yang telah dilakukan oleh (Ramadhan dkk., 2024). Pada penelitian tersebut dilakukan inovasi beton ringan dengan menggunakan bahan plastik dan kaca 10%, 15%, dan 25% sebagai bahan substitusi agregat halus dan kasar. Hasil dari penelitian itu menunjukkan variasi optimum berada pada substitusi 15%. Namun, penelitian tersebut ditujukan untuk inovasi beton normal dan penggunaan substitusi antara plastik dan kaca yang sama. Berdasarkan hal tersebut dilakukan penelitian yang lebih fokus, yaitu membuat produk roster dengan persentase antara bahan substitusi plastik dan kaca yang bervariasi dan tidak menggunakan agregat kasar. Tujuan dilakukan penelitian ini adalah mengetahui variasi yang paling optimal dengan limbah plastik dan kaca sebagai bahan substitusi dalam pembuatan produk roster. Penentuan variasi optimum dilakukan berdasarkan analisis pengujian kuat tekan, daya serap air, pengamatan fisik atau visual, dan analisis biaya dengan acuan SNI 03-0349-1989 dan roster yang dijual di pasaran.

2. Data dan metode

2.1. Metode penelitian

Penelitian pembuatan roster ini menggunakan limbah plastik dan kaca sebagai bahan substitusi parsial semen dan pasir dengan menggunakan metode pengumpulan data studi literatur melalui jurnal sebagai bahan acuan yang memiliki keterikatan dalam rumusan masalah dan pembahasan yang diambil. Selain itu, penelitian ini juga menggunakan metode eksperimental yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh perlakuan plastik dan kaca terhadap pengujian kuat tekan, daya serap air, fisik/visual dan analisis biaya dari roster. Metode eksperimental dilakukan secara langsung dan objektif di labotarium.

2.2. Pengujian material

Pengujian material dilakukan untuk mengetahui karakteristik material yang akan digunakan dalam pembuatan roster. Pengujian serbuk kaca, pasir dan semen dilakukan berdasarkan SNI 03-1970-1990 untuk berat jenis, pengujian gradasi berdasarkan SNI-03-1972-1990, dan pengujian kadar lumpur berdasarkan SK-SNI-S-04-1989-F. Selain itu, dilakukan pengujian secara visual dengan melakukan pemeriksaan dan pengamatan pada kemasan semen.

2.3. Pengolahan plastik

Plastik merupakan material yang digunakan sebagai substitusi parsial terhadap semen dalam pembuatan roster. Jenis Plastik yang digunakan adalah PET (*Polyethylene Terephthalate*) seperti botol. Botol plastik ini dilakukan pencacahan atau pemotongan hingga menjadi bagian yang lebih kecil. Kemudian, dilakukan pencucian dan pengeringan di bawah sinar matahari. Adapun cacahan plastik PET ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Cacahan plastik PET

2.4. Pengolahan serbuk kaca

Material yang digunakan dalam pembuatan roster yaitu kaca sebagai bahan substitusi parsial terhadap pasir. Material kaca yang digunakan berupa botol kaca bening. Pengolahan botol kaca ini dengan melakukan pencucian dan pengeringan di bawah sinar matahari $\pm 10-15$ menit. Kemudian, dilakukan pemecahan hingga menjadi serpihan kaca. Adapun serpihan kaca dan serbuk kaca masing-masing ditunjukkan pada Gambar 2 dan Gambar 3.



Gambar 2. Serpihan kaca



Gambar 3. Serbuk kaca

2.5. Job mix design

Pada penelitian ini diperlukan menghitung rencana kebutuhan material yang akan digunakan dalam pembuatan sampel roster. Berdasarkan SNI 03-0349-1989 tentang spesifikasi bata beton untuk

pasangan dinding menjadi acuan dalam perhitungan *job mix design*. Perhitungan ini dengan menggunakan perbandingan 1 PC:3 PS :0,35 FAS untuk 1 sampel roster dengan ukuran 20 cm x 20 cm x 10 cm. Adapun rancangan *job mix design* yang disajikan pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. *Job mix design variable*

Variasi	Plastik (%)	Serbuk kaca (%)	Semen (%)	Pasir (%)	Keterangan
R ₁	0	0	25	75	Terhadap berat volume
R ₂	10	5	15	70	
R ₃	5	10	20	65	
R ₄	15	0	10	75	
R ₅	0	15	25	60	

Tabel 2. *Job mix design*

Variasi	Plastik (gr)	Serbuk Kaca (gr)	Semen (gr)	Pasir (gr)
R ₁	-	-	801,66	4656,02
R ₂	88,5	76,89	721,49	4578,42
R ₃	44,25	153,92	761,57	4500,82
R ₄	132,75	-	681,41	4656,02
R ₅	-	230,88	801,66	4423,22

2.6. Metode pembuatan benda uji

Pada pembuatan benda uji terdapat beberapa tahapan. Tahap pertama, menyiapkan material yang akan digunakan seperti semen, pasir, serbuk kaca, dan plastik. Tahap kedua, melakukan pengayakan pada pasir dan kaca dengan menggunakan lolos saringan No. 50 (0,3 mm). Tahap ketiga, menimbang setiap bahan kebutuhan sesuai dengan *job mix design*. Tahap keempat, menyiapkan alat-alat yang digunakan seperti seng, sendok semen, papan, kuas, dan cetakan roster dengan ukuran 20 cm x 20 cm x 10 cm. Tahap keenam, mencampurkan pasir, semen, serbuk kaca dan menambahkan air secukupnya. Kemudian, mengaduk campuran bahan tersebut hingga menjadi mortar. Masukkan cacahan plastik ke dalam mortar tersebut dan mengaduk hingga merata. Adapun pengadukan campuran bahan dalam pembuatan roster dengan cara manual seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Pengadukan campuran bahan roster

Sambil mengaduk bahan campuran pembuatan roster, mulai mengolesi cetakan dengan oli bekas agar memudahkan melakukan pelepasan cetakan. Masukkan mortar ke dalam cetakan roster secara perlahan dan dipukul bagian samping cetakan dengan palu karet untuk meminimalisasi adanya rongga pada roster. Selanjutnya, mengeringkan roster pada ruangan tertutup selama ± 24 jam supaya komponen pembentukan dapat menyatu dengan sempurna. Tahapan terakhir, melakukan pelepasan

roster dan melakukan perawatan roster dengan cara direndam ke dalam air. Adapun bentuk roster ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Roster

3. Hasil dan pembahasan

3.1. Pengujian material

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik dari bahan campuran yang akan digunakan untuk pembuatan roster. Adapun pengujian material yang dilakukan antara lain sebagai berikut:

3.1.1. Pengujian serbuk kaca

Pada pengujian serbuk kaca dilakukan pengujian berat jenis yang berdasarkan sesuai SNI 1970:2008. Hasil dalam pengujian berat jenis serbuk kaca telah memenuhi syarat SNI 1970:2008 sebagai substitusi parsial terhadap pasir. Berikut hasil dari pengujian berat jenis serbuk kaca diuraikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil pengujian berat jenis serbuk kaca

Jenis Pengujian	Hasil	SNI 1970:2008	Keterangan
Berat Jenis	2,398 gram/cm ³	1,6 – 3,3 gram/cm ³	Memenuhi

3.1.2. Pengujian pasir

Pada pengujian pasir dilakukan tiga pengujian, yaitu kadar lumpur, gradasi pasir, dan berat jenis pasir. Pengujian ini berdasarkan SNI sebagai acuan dan sudah telah memenuhi syarat dari SNI tersebut. Berikut hasil pengujian pasir diuraikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Rekapitulasi hasil pengujian pasir

Jenis pengujian	Hasil	SNI Acuan		Keterangan
Kadar lumpur	4%	<5%	SK SNI S-04-1989-F	Memenuhi
Modulus halus butir	3,672%	1,5-3,8%	SNI 03-1972-1990	Memenuhi
Berat jenis	2,42 gr/cm ³	1,6-3,3 gr/cm ³	SNI 1970:2008	Memenuhi

3.1.3. Pengujian semen

Pada pengujian semen dilakukan dua pengujian, yaitu pemeriksaan visual dan berat jenis. Pemeriksaan visual dari semen dilakukan secara pengecekan dan pengamatan terhadap kondisi kemas semen yang masih tertutup dan butiran semen yang tidak menggumpal. Sedangkan pengujian berat jenis semen dilakukan berdasarkan sesuai SK SNI 03-2834-2002. Hasil dalam pengujian berat jenis semen telah memenuhi syarat SK SNI 03-2834-2002. Berikut hasil dari pengujian berat jenis semen diuraikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil pengujian berat jenis semen

Jenis Pengujian	Hasil	Keterangan
Berat Jenis	1,25 gram/cm ³	Memenuhi

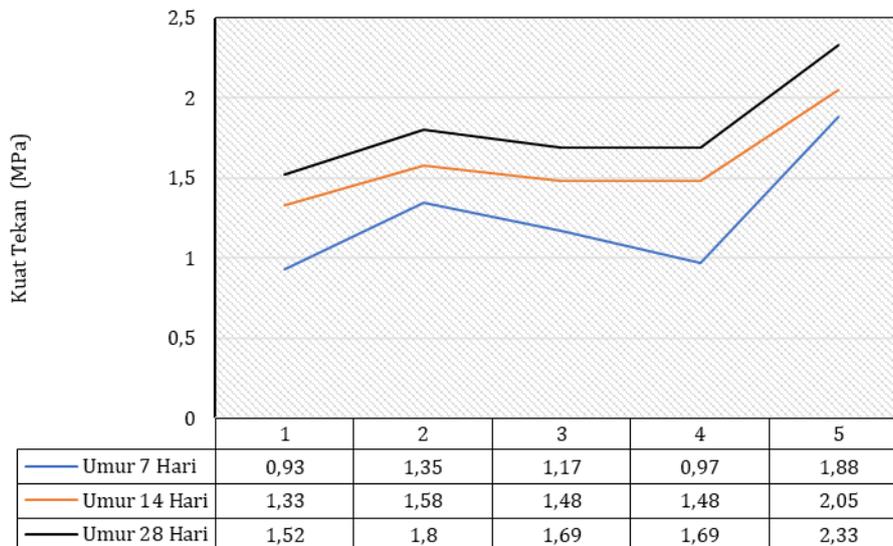
3.2. Hasil pengujian kuat tekan

Cetakan roster ukuran 20 cm x 20 cm x 10 cm yang berisi campuran beton dilepas pada ±24 jam setelah campuran beton dimasukkan ke dalam cetakan. Pereendaman dilakukan sebagai perawatan beton yang kemudian dilakukan pengujian kuat tekan pada umur roster 7 hari dan 14 hari, lalu hasilnya dikonversi ke 28 hari. Adapun rekapitulasi hasil kuat tekan roster disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil kuat tekan roster umur 28 hari

Variasi	Kuat Tekan (MPa)	Rata-Rata Kuat Tekan (MPa)
R ₁	1,36	1,52
	1,53	
	1,65	
R ₂	1,93	1,80
	1,70	
	1,76	
R ₃	1,70	1,69
	1,76	
	1,59	
R ₄	2,22	1,69
	1,65	
	1,19	
R ₅	2,44	2,33
	2,33	
	2,22	

Hasil analisis pengujian kuat tekan pada masing-masing variasi dengan umur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari disajikan pada Gambar 6.

**Gambar 6.** Rata-rata kuat tekan roster

Nilai dari pengujian kuat tekan roster pada umur 14 hari kemudian diinterpolasikan menjadi umur 28 hari yang merupakan umur beton dengan nilai kuat tekan optimal. Dari interpolasi data menunjukkan nilai kuat tekan pada variasi R₁ sebesar 1,52 MPa, pada variasi R₂ sebesar 1,8 MPa, pada

variasi R₃ sebesar 1,69 MPa, pada variasi R₄ sebesar 1,69 MPa, dan pada variasi R₅ sebesar 2,33 MPa. Variasi R₄ dan R₅ merupakan variasi yang dibuat untuk mengetahui peningkatan signifikan disebabkan oleh adanya substitusi bahan plastik atau serbuk kaca. Dari data hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa variasi R₂ merupakan variasi yang memiliki nilai kuat tekan tertinggi dengan adanya substitusi bahan plastik 10% dan serbuk kaca 5%. Sedangkan variasi R₁ merupakan variasi yang memiliki nilai kuat tekan terendah dengan tanpa adanya substitusi bahan plastik dan serbuk kaca. Dilakukan pula pengujian kuat tekan pada roster yang ada di pasaran sebagai variasi RT₁ yang memiliki kuat tekan 0,32 MPa.

Pada penelitian ini SNI 03-0349-1989 mengenai bata beton berlubang menjadi acuan dan karena ukuran benda uji pada SNI berbeda dengan *output* penelitian kali ini, peneliti menjadikan RT₁ sebagai kriteria dalam pemenuhan nilai kuat tekan. Oleh karena RT₁ memiliki kuat tekan sebesar 0,32 MPa, dapat disimpulkan bahwa semua variasi dengan substitusi bahan plastik dan kaca memenuhi nilai kuat tekan tersebut.

Nilai kuat tekan mengalami kenaikan dari R₁ ke R₂ disebabkan oleh adanya substitusi bahan plastik 10% dan serbuk kaca 5%. Dinyatakan oleh (Lubis, 2021) kuat tekan beton meningkat seiring dengan adanya penambahan substitusi plastik terjadi karena daya penyerapan beton menurun. Sedangkan substitusi serbuk kaca dapat meningkatkan nilai kuat tekan disebabkan oleh kandungan silika dalam serbuk kaca yang mengandung *pozzolan* yang memiliki sifat merekatkan atau mengikat sama seperti semen (Anwar, 2020). Sedangkan dari R₂ ke R₃ mengalami penurunan dikarenakan komposisi persentase substitusi plastik pada R₃ lebih kecil dan substitusi serbuk kaca lebih besar. Hal tersebut linear dengan penelitian yang dilakukan oleh (Wijaya dan Sudjatmiko, 2023) bahwa penentuan komposisi substitusi pada ambang batas yang sesuai akan mendapatkan hasil yang optimal.

Variasi R₄ dan R₅ merupakan variasi yang dibuat dengan penambahan salah satu dari bahan tersebut. Variasi R₄ menggunakan substitusi bahan plastik sebesar 15% dan serbuk kaca 0%, sedangkan pada variasi R₅ menggunakan substitusi bahan plastik 0% dan serbuk kaca 15%. Dari hasil pengujian menunjukkan variasi R₅ mendapatkan nilai kuat tekan yang tinggi. Hasil tersebut disebabkan oleh semakin banyaknya substitusi serbuk kaca akan mengisi pori-pori beton dan akan membuat beton lebih padat (Wijaya & Sudjatmiko, 2023). Sedangkan pada variasi R₄ dengan substitusi bahan plastik 15% dan serbuk kaca 0% mengalami penurunan nilai kuat tekan yang cukup banyak. Hal tersebut juga terjadi pada penelitian terdahulu, penurunan nilai kuat tekan terjadi karena semakin banyak substitusi bahan plastik yang membuat daya rekat antar komponen tidak bekerja secara maksimal sehingga menyebabkan terjadinya rongga pada benda uji yang berpengaruh pada tingkat kerapatan menjadi kurang maksimal (Mildawati dkk., 2021).

Dengan demikian, dapat diketahui bahwa adanya substitusi bahan plastik dan serbuk kaca dapat meningkatkan nilai kuat tekan dan variasi R₂ menjadi variasi dengan nilai kuat tekan yang optimal yaitu sebesar 1,8 MPa dengan substitusi bahan plastik 10% dan serbuk kaca 5%.

3.3. Hasil pengujian daya serap air

Pengujian daya serap air dilakukan pada saat roster sudah berumur 7 hari. Roster diangkat dari perendaman yang telah direndam 1 hari, kemudian ditimbang pada keadaan basah. Setelah itu dikeringkan dibawah sinar matahari ±1 hari untuk ditimbang sebagai berat kering. Adapun hasil pengujian daya serap air sebagai disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil pengujian daya serap air

Variasi	Berat basah (A)	Berat kering (B)	Penyerapan air (%)	Rata-rata (%)	Syarat SNI 03-0349-1989	Keterangan
RT _{1A}	3532	2994	17	17,78		Memenuhi
RT _{1B}	3517	2981	17,98			Memenuhi
RT _{1C}	3524	2977	18,37			Memenuhi
R _{1A}	4971	4724	5,23	5,75		Memenuhi
R _{1B}	4984	4652	7,14			Memenuhi
R _{1C}	4978	4746	4,89			Memenuhi
R _{2A}	5090	4916	3,54	3,48		Memenuhi
R _{2B}	5054	4891	3,33			Memenuhi

Variasi	Berat basah (A)	Berat kering (B)	Penyerapan air (%)	Rata-rata (%)	Syarat SNI 03-0349-1989	Keterangan
R _{2C}	5104	4928	3,57			Memenuhi
R _{3A}	4910	4713	4,18	4,34		Memenuhi
R _{3B}	4904	4690	4,56		Memenuhi	
R _{3C}	4888	4687	4,29		Memenuhi	
R _{4A}	4970	4782	3,93	3,92		Memenuhi
R _{4B}	4983	4790	4,03		Memenuhi	
R _{4C}	4966	4784	3,80		Memenuhi	
R _{5A}	5085	4873	4,35	4,68		Memenuhi
R _{5B}	5126	4881	5,02		Memenuhi	
R _{5A}	5107	4879	4,67		Memenuhi	

Hasil analisis data menunjukkan bahwa variasi yang memiliki nilai daya serap air terendah yaitu variasi R₂ dengan nilai daya serap air 3,48% dengan komposisi substitusi plastik 10% dan 5% serbuk kaca. Kemudian nilai daya serap air variasi RT₁, R₁, R₃, R₄, dan R₅ masing-masing 17,78%, 5,75%, 4,34%, 3,92%, dan 4,68%. Hasil uji dapat disimpulkan bahwa semua benda uji sudah sesuai dengan SNI 03-0349-1989 dan RT₁ sebagai pembanding merupakan roster yang ada di pasaran.

Penurunan dan peningkatan nilai daya serap air pada penelitian ini disebabkan oleh adanya substitusi plastik dan serbuk kaca pada semen dan pasir. Pada hasil pengujian daya serap air, variasi R₂ memiliki nilai daya serap air yang paling optimal yaitu variasi yang memiliki nilai daya serap air terendah dengan persentase substitusi plastik 10% dan kaca 5%. Sedangkan variasi RT₁ memiliki nilai daya serap tertinggi sebesar 17,78% dengan RT₁ merupakan roster yang ada pada pasaran. Hal tersebut sama dengan yang dilakukan oleh (Anggraeni dkk., 2020) bahwa dengan substitusi plastik 9% mendapatkan nilai daya serap sebesar 4,10%. Penurunan nilai daya serap air oleh substitusi plastik disebabkan oleh adanya sifat polietilen pada plastik yang membuat kedap air dan tidak larut dalam air (Kusuma, 2019). Pada penelitian yang dilakukan (Pradana, 2021) juga menyatakan bahwa penurunan nilai daya serap air disebabkan oleh sifat plastik yaitu tidak menyerap air. Sedangkan penurunan nilai daya serap air pada substitusi serbuk kaca terjadi karena sifat serbuk kaca yang sedikit menyerap air dan memiliki hasil kepadatan yang baik (Sudjati dkk., 2015). Kaca juga bisa sebagai pengisi rongga yang akan mengurangi pori-pori pada beton sehingga daya serap menurun (Wijaya & Sudjatmiko, 2023). Dengan demikian, disimpulkan bahwa pengujian daya serap air optimal pada variasi R₂ dengan adanya substitusi plastik sebesar 10% dan serbuk kaca sebesar 5%.

3.4. Hasil pengujian fisik/visual

Pengujian fisik atau visual dilakukan dengan melakukan pengamatan terhadap masing-masing hasil benda uji. Pengujian fisik/visual menurut SK SNI-S-04-1989-F ada dua kriteria pengujian yaitu sifat tampak serta bentuk dan ukuran. Adapun bentuk roster substitusi plastik ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Roster substitusi plastik

Gambar 7 menunjukkan bahwa roster dengan substitusi plastik memiliki fisik yang kurang baik dikarenakan adanya cacahan plastik yang berada pada sisi luar atau tampak dari roster tersebut. Sedangkan pada variasi roster dengan substitusi parsial limbah kaca memiliki bentuk yang lebih halus karena partikel serbuk kaca yang kecil sehingga bisa halus pada saat sudah kering. Pada pengujian ini juga dilakukan percobaan pengukuran pada setiap sisi. Roster dengan bahan substitusi ini memiliki ukuran yang sesuai dengan yang direncanakan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Pengukuran fisik/visual pada roster

3.5. Biaya material

Analisis dan perhitungan biaya material terhadap setiap kebutuhan bahan campuran dalam pembuatan roster didasarkan harga pasaran di Kota Semarang. Adapun rincian biaya material pada setiap variasi untuk pembuatan roster pada masing-masing variasi antara lain sebagai berikut:

1) Roster R₁

Roster R₁ merupakan roster konvensional yang tersusun dari 25% pasir dan 75% semen. Adapun rincian biaya yang dibutuhkan dalam pembuatan Roster R1 disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Rincian harga roster R₁

Material	Qty	Satuan	Harga satuan/Kg (Rp)	Jumlah (Rp)
Semen	801,66	gr	1.125	903
Pasir	4656,02	gr	800	3.725
Plastik				
Serbuk kaca				
Total biaya/sampel				4.628
Total biaya/m ²				115.700

2) Roster R₂

Roster R₂ merupakan roster non konvensional dengan bahan substitusi sebesar plastik 10%, serbuk kaca 5%, semen 15%, dan pasir 70%. Adapun rincian biaya yang dibutuhkan dalam pembuatan roster R₂ disajikan pada Tabel 9.

Tabel 9. Rincian harga roster R₂

Material	Qty	Satuan	Harga satuan/Kg (Rp)	Jumlah (Rp)
Semen	721,49	gr	1.125	813
Pasir	4578,42	gr	800	3.663
Plastik	88,5	gr	3.000	266
Serbuk kaca	76,89	gr	5.000	385
Total biaya/sampel				5.127
Total biaya/m ²				128.175

3) Roster R₃

Roster R₃ merupakan roster non konvensional dengan bahan substitusi sebesar plastik 5%, serbuk kaca 10%, semen 20%, dan pasir 65%. Adapun rincian biaya yang dibutuhkan dalam pembuatan roster R₃ disajikan pada Tabel 10.

Tabel 10. Rincian harga roster R₃

Material	Qty	Satuan	Harga satuan/Kg (Rp)	Jumlah (Rp)
Semen	761,57	gr	1.125	858
Pasir	4500,82	gr	800	3.601
Plastik	44,25	gr	3.000	133
Serbuk kaca	153,92	gr	5.000	770
Total biaya/sampel				5.362
Total biaya/m ²				134.050

4) Roster R₄

Roster R₄ merupakan roster non konvensional dengan bahan substitusi sebesar plastik 15%, semen 10%, dan pasir 75%. Adapun rincian biaya yang dibutuhkan dalam pembuatan roster R₄ disajikan pada Tabel 11.

Tabel 11. Rincian harga roster R₄

Material	Qty	Satuan	Harga satuan/Kg (Rp)	Jumlah (Rp)
Semen	681,41	gr	1.125	766
Pasir	4656,02	gr	800	3.725
Plastik	132,75	gr	3.000	399
Serbuk kaca			5.000	
Total biaya/sampel				4.890
Total biaya/m ²				121.250

5) Roster R₅

Roster R₅ merupakan roster non konvensional bahan substitusi sebesar serbuk kaca 15%, semen 25%, dan pasir 60%. Adapun rincian biaya yang dibutuhkan dalam pembuatan roster R₅ disajikan pada Tabel 12.

Tabel 12. Rincian harga roster R₅

Material	Qty	Satuan	Harga satuan/Kg (Rp)	Jumlah (Rp)
Semen	801,66	gr	1.125	903
Pasir	4432,22	gr	800	3.539
Plastik				
Serbuk kaca	230,88	gr	5.000	1.155
Total biaya/sampel				5.597
Total biaya/m ²				139.925

Dari rincian anggaran biaya yang dibutuhkan dalam pembuatan produksi setiap variasi roster, dapat disimpulkan bahwa harga roster konvensional (R₁) lebih rendah/murah dari pada roster non konvensional sebesar Rp4.628/produksi.

3.6. Pemilihan campuran optimum

Variasi R₂ mendapatkan nilai kuat tekan yang paling tinggi yaitu 1,8 Mpa, nilai daya serap terendah didapatkan pada variasi R₂ yaitu 3,48%, sedangkan pada pengujian fisik semua variasi memenuhi persyaratan kecuali variasi R₄ karena menggunakan substitusi plastik paling besar yang membuat permukaan roster terlihat cacahan plastik dan tidak halus. Kemudian, dari hasil analisis harga variasi R₁ merupakan variasi yang paling murah yaitu Rp4.628 memiliki selisih Rp499 dengan variasi R₂ yaitu Rp5.127. Adapun apabila dibandingkan dengan roster yang dibeli di pasaran memiliki kuat tekan yang jauh di bawah dari roster inovasi yaitu 0,32 MPa, memiliki daya serap 17,78%, dan dibeli dengan harga Rp12.000 di toko bangunan sekitar kampus Undip.

Dari hasil analisis dapat disimpulkan bahwa variasi optimum diperoleh pada variasi R₂ dengan komposisi bahan PC 15% : PS 70% : PL 10% : GL 5%. Secara dominan variasi R₂ unggul dari sebagian besar hasil pengujian, terutama pada nilai kuat tekan dan daya serap air yang menjadi tujuan dari

penelitian ini. Dengan demikian, inovasi roster dengan bahan substitusi plastik dan kaca berhasil. Adapun hasil rekapitulasi pengujian pada masing-masing sampel disajikan pada Tabel 13.

Tabel 13. Rekapitulasi hasil pengujian sampel

Indikator	RT ₁	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅
Kuat Tekan (MPa)	0,32	1,52	1,80	1,69	1,69	2,33
Daya Serap Air (%)	17,78	5,75	3,48	4,34	3,92	4,68
Harga (Rp)	12.000	4.628	5.127	5.362	4.4890	5.597

3.7. Pengurangan semen dan pasir

Tabel 14 menunjukkan data hasil pengurangan semen dan pasir oleh adanya substitusi limbah plastik dan serbuk kaca masing-masing pada variasi R₁ sebesar 0% dan 0%, pada variasi R₂ sebesar 12,3% dan 1,7%, pada variasi R₃ sebesar 5,8% dan 3,4%, pada variasi R₄ sebesar 19,5% dan 0%, serta pada variasi R₅ sebesar 0% dan 5,2%. Dapat disimpulkan bahwa variasi R₂ memiliki nilai pengurangan semen dan pasir paling optimal sehingga menjadikan roster ini lebih ramah terhadap lingkungan.

Tabel 14. Rekapitulasi hasil pengurangan semen dan pasir

Variasi	Persentase pengurangan semen (%)	Persentase pengurangan pasir (%)
R ₁	0	0
R ₂	12,3	1,7
R ₃	5,8	3,4
R ₄	19,5	0
R ₅	0	5,2

4. Kesimpulan

Berdasarkan uraian penelitian dan pembahasan, maka bisa ditarik kesimpulan sebagai berikut :

- 1) Variasi optimum adalah variasi R₂ dengan hasil nilai kuat tekan 1,8 MPa, nilai daya serap air sebesar 3,48%, fisik atau visual yang memenuhi syarat, dan dengan biaya sebesar Rp5.127/satuan dan Rp128.175/m². Disimpulkan bahwa variasi R₂ memenuhi SNI 03-0349- 1989 dan sebagai pembanding yaitu variasi RT₁ yang dibeli di pasaran.
- 2) Hasil pengujian terhadap adanya limbah plastik dan kaca sebagai substitusi semen dan pasir pada pembuatan roster didapatkan hasil sebagai berikut :
 - a) Nilai kuat tekan terbaik berada pada variasi R₂ sebesar 1,58 MPa, sedangkan nilai terendah berada pada variasi R₁ sebesar 1,52 Mpa.
 - b) Nilai daya serap air terbaik berada pada variasi R₂ sebesar 3,48%, sedangkan nilai terendah berada pada variasi R₁ sebesar 5,75%.
 - c) Analisis pengujian fisik atau visual semua variasi memenuhi syarat kecuali R₄ karena memiliki persentase substitusi plastik terbesar.
 - d) Analisis biaya terbaik diantara variasi yang menggunakan substitusi yaitu variasi R₂ yaitu Rp5.127/satuan dan Rp. 128.175/m². Sedangkan variasi yang paling mahal yaitu variasi R₅ yaitu Rp5.597/satuan dan Rp139.925/m², sehingga terjadi perbedaan biaya Rp11.750/m².

Ucapan terima kasih

Terimakasih ditujukan kepada Allah SWT, kepada dosen pembimbing penelitian ini, dan kepada pihak yang sudah membantu dalam penyusunan penelitian ini dari awal sampai akhir. Semoga penelitian ini bisa bermanfaat bagi pembaca dan bisa dijadikan referensi penelitian-penelitian selanjutnya.

Referensi

Anggraeni, N., Yusrianti, Y., & Amrullah, A. (2020). Pemanfaatan Limbah Botol Plastik Jenis PET pada Pembuatan Beton Berpori. *Al-Ard: Jurnal Teknik Lingkungan*, 6(1), 53–59.

- Badan Standardisasi Nasional. (1989): SK SNI S-04-1989-F. Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A (Bahan bangunan bukan logam).
- Badan Standardisasi Nasional. (1989): SNI-1972-1990. Metode Pengujian Slump Beton. Badan Standardisasi Nasional. (2004): SNI 15-2049-2004. Semen Portland.
- Badan Standardisasi Nasional. (1989). SNI 03-0349-1989. Spesifikasi Bata beton untuk pasangan dinding. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2002). SNI 03-2847-2002. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. 2008. SNI 1970:2008. Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Kusuma, G. A. (2019). Pemanfaatan Sampah Plastik Jenis PP (Poly Propylene) sebagai Substitusi Agregat pada Bata Beton (Paving Block). 12.
- Mildawati, R., Dewi, S. H., & Syefringga, F. (2022). Pengaruh Penambahan Limbah Plastik Sebagai Campuran Beton Terhadap Kuat Tekan dan Daya Serap Air Pada Paving Block. *Jurnal Abulyatama*, 8(02), 86–97.
- Peraturan Beton Bertulang Indonesia (1971): PBI-1971.
- Pradana, Y. T. (2019). Analisa Pengaruh Campuran Limbah Plastik Sebagai Material Beton Ringan. Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Medan Area, 1–105.
- Putratama, J. (2018). Pengaruh Serbuk Kaca Sebagai Substitusi Sebagian Agregat Halus Dan Sebagai Filler Dengan Bahan Tambah Silica Fume Terhadap Sifat Mekanik Beton (Doctoral Dissertation, Uajy).
- Ramadhan, D., Wahyudi, I., Afiah, A., Arcana, G. P. F., Rizky, M., & Istanto, K. (2024). Inovasi Beton Ramah Lingkungan Dengan Pemanfaatan Limbah Kaca dan Plastik PET. *Journal of Applied Civil Engineering and Infrastructure Technology*, Vol 5(1), 31–36.
- Saputra, Y. R., Alaika, F. S., Andriansyah, V., Alquratu, A. C. D., Pridarta, S. B., & Sari, A. N. (2023). Studi Efektivitas Penambahan Bubuk Wortel dan Air Tebu Terhadap Kuat Tekan Beton Guna Mengurangi Dampak Pemanasan Global Akibat Produksi Semen. *Jurnal Talenta Sipil*, Vol 6(2), 268. Sudjati, J. J., Atmaja, Emawati, A., Suwignyo, & Luvena, G. A. (2015). Pengaruh Substitusi Sebagian Agregat Halus Dengan Serbuk Kaca Dan Silica Fume Terhadap Sifat Mekanik Beton. *Jurnal Teknik Sipil*, 13(2), 94–103.



Analisis implementasi prinsip universal desain dalam meningkatkan aksesibilitas bagi penyandang disabilitas (studi kasus: SMK TI BAZMA Bogor)

Yanuar Eka Putri^{a*}, Sukawia^a

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

ARTICLE INFO

Corresponding author:

Email:

yanuarekaputri313@gmail.com

Article history:

Received : 19 March 2025

Accepted : 25 March 2025

Publish : 29 March 2025

Keywords:

compressive strength, glass powder, plastic waste, roster, water absorption

ABSTRACT

Accessibility for persons with disabilities is a crucial aspect of infrastructure development, especially in educational environments such as school dormitories. SMK TI BAZMA Bogor has dormitory facilities that must ensure easy access for all residents. The objective of this investigate is to look at how universal design principles can be applied to enhance accessibility within the SMK TI BAZMA Bogor dormitory. This investigate employs a quantitative approach with a descriptive method. Information were collected through observation and analysis of facility compliance with Ministerial Regulation PU No. 30 of 2006. The analyzed aspects include parking areas, horizontal circulation, room dimensions, doors, stairs, toilet facilities, furniture, and guiding paths.

Copyright © 2025 PILARS-UNDIP

1. Pendahuluan

Aksesibilitas bagi penyandang disabilitas merupakan aspek penting dalam pembangunan infrastruktur, termasuk di lingkungan pendidikan dan tempat tinggal seperti asrama. Asrama sekolah memiliki peran strategis dalam mendukung kehidupan sehari-hari peserta didik, terutama untuk para pelajar SMK TI Bazma yang datang dari berbagai daerah di Indonesia. Jadi, sarana pada asrama harus mudah diakses oleh seluruh penghuni, termasuk mereka yang memiliki disabilitas guna menciptakan lingkungan yang inklusif dan nyaman.

Desain universal merujuk pada sebuah ide dalam perancangan yang berfokus pada pengembangan ruang yang dapat di jangkau setiap individu, khususnya bagi orang dengan disabilitas tanpa memerlukan modifikasi tambahan. Prinsip-prinsip desain universal mencakup kemudahan penggunaan, fleksibilitas, kesederhanaan, keterjangkauan, serta keseimbangan dalam mendukung berbagai kebutuhan pengguna. Dengan mengimplementasikan prinsip ini, asrama sekolah dapat menjadi lingkungan yang aman dan nyaman bagi setiap penghuni.

Dalam aspek hukum di Indonesia, ketentuan mengenai aksesibilitas untuk orang dengan disabilitas telah diatur dalam Undang-Undang Nomor 8 Tahun 2016 mengenai Penyandang Disabilitas. peraturan ini menekankan bahwa setiap individu dengan disabilitas memiliki hak untuk mendapatkan aksesibilitas di berbagai sektor, termasuk pendidikan dan hunian, guna mewujudkan kesetaraan dan kemandirian. Selain itu, Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) Nomor 14 Tahun 2017 tentang Persyaratan Kemudahan Bangunan Gedung juga mengatur standar fasilitas publik yang ramah bagi penyandang disabilitas, termasuk fasilitas tempat tinggal seperti asrama.

SMK TI BAZMA Bogor sebagai institusi pendidikan yang memiliki fasilitas asrama perlu memastikan bahwa prinsip desain universal telah diterapkan dalam infrastruktur asrama agar dapat mendukung aksesibilitas bagi seluruh penghuni, termasuk penyandang disabilitas. Namun, belum banyak penelitian yang secara khusus menganalisis sejauh mana prinsip desain universal telah diterapkan di asrama sekolah ini. Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi penerapan konsep desain universal di Asrama SMK TI BAZMA Bogor dalam upaya meningkatkan aksesibilitas bagi penyandang disabilitas.

Studi ini akan berkontribusi pada perkembangan kebijakan dan menawarkan rekomendasi kepada pihak sekolah untuk memperbaiki sarana asrama yang mendukung kebutuhan disabilitas. Dengan demikian, hasil penelitian ini bisa menjadi pedoman bagi lembaga pendidikan lainnya dalam menerapkan desain universal untuk mewujudkan ruang tinggal yang inklusif dan nyaman bagi seluruh penghuni.

2. Data dan metode

2.1. Objek penelitian

Objek studi ini merupakan Asrama SMK Teknologi Informasi (TI) BAZMA yang terletak di Jalan Raya Cikampak Cicadas, RT. 1/RW. 1, Cicadas, Kecamatan Ciampea, Kabupaten Bogor, Jawa Barat. Bangunan ini menghadap ke arah barat laut yang berbatasan dengan Jalan Raya Cikampak Cicadas dengan sisi terpanjang bangunannya mengarah ke timur laut dan barat daya. Pada bagian tenggara bangunan ini berbatasan dengan area hijau (perkebunan). Sementara di bagian timur laut dan barat daya berbatasan dengan rumah hunian warga. Asrama ini terletak dalam sebuah area yang mencakup sejumlah bangunan seperti, Gedung asrama, sekolah, dan masjid dalam satu lokasi seperti yang ditunjukkan pada



Gambar 1. Lokasi SMK TI BASMA
(Source: Google Maps)

2.2. Metode penelitian

Metode yang diaplikasikan pada studi ini yaitu pendekatan kuantitatif, dengan fokus utamanya yaitu mengidentifikasi masalah atau ketidakharmonisan yang mungkin terdapat pada Asrama SMK TI BAZMA. Studi ini menerapkan metode deskriptif yang bertujuan untuk memaparkan keadaan di dalam fasilitas pendidikan tersebut. Data primer dan sekunder dikumpulkan kemudian dijabarkan, dianalisis, dan diolah sebelum digunakan dalam pendekatan perencanaan dan perancangan desain. Selanjutnya, dilakukan perbandingan terhadap ketentuan yang diatur dalam peraturan atau standar yang ada.

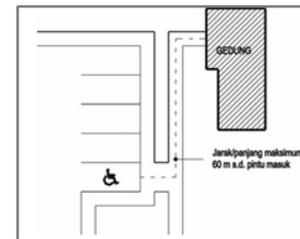
Prinsip Desain Universal yang diterapkan merujuk pada Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 30/PRT/M/2006, sementara data yang diukur meliputi area parkir, sirkulasi horizontal, ukuran dasar ruang, pintu, tangga, fasilitas toilet, perabot, dan jalur pemandu.

3. Hasil dan pembahasan

Dalam upaya memahami implementasi prinsip universal desain di SMK TI BAZMA Bogor, penelitian ini telah mengidentifikasi berbagai aspek yang berkontribusi terhadap peningkatan aksesibilitas bagi penyandang disabilitas. Adapun hasil analisis disajikan pada Tabel 2, Tabel 3, Tabel 4, Tabel 5, Tabel 6, Tabel 7, dan Tabel 8.

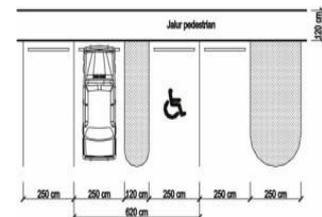
Tabel 1. Analisis kemudahan aksesibilitas bagi difabel di bangunan asrama tinjauan area parkir

Aksesibilitas	Kriteria		Evaluasi dan rekomendasi
Kondisi	Keamanan	Kenyamanan	PUPR
Area Parkir			
Area parkir yang terletak di utara bangunan belum dilakukan perkerasan jalan	Tidak memiliki garis pembatas parkir	Tidak adanya <i>ramp</i> , jalur pedestrian, dan rambu yang dirancang khusus untuk disabilitas	Area parkir disabilitas berada di jalur terdekat ke bangunan atau fasilitas yang ingin diakses, dengan batas jarak maksimal 60m.



Gambar Jarak ke area parkir untuk disabilitas

(Source: Permen PUPR Nomor 30/PRT/M/2006)



Gambar Jalur aksesibilitas dari tempat parkir

(Source: Permen PUPR Nomor 30/PRT/M/2006)

Tabel 2. Analisis kemudahan aksesibilitas bagi difabel di bangunan asrama tinjauan sirkulasi horizontal

Aksesibilitas	Kriteria		Evaluasi dan rekomendasi
Kondisi	Keamanan	Kenyamanan	PUPR
Sirkulasi horizontal			
Bangunan asrama memiliki beberapa sirkulasi horizontal yaitu selasar dan koridor yang ada pada bagian luar serta di dalam gedung. Selasar yang berada pada bagian luar asrama berfungsi sebagai entri bagi pedestrian untuk menuju asrama. Di sisi lain, jalur yang berada di dalam asrama menghubungkan antar berbagai ruangan yang terdapat di dalamnya	Koridor asrama ini memiliki lebar 200 cm dan cukup luas untuk dilewati menggunakan kursi roda, alat bantu jalan, atau alat bantu mobilisasi lainnya. Pada selasar luar bangunan dirancang tanpa lubang atau tanjakan serta menggunakan material yang tidak	Sepanjang koridor dalam asrama terdapat rak sepatu dan tempat sampah yang disediakan untuk setiap kamar. Sementara itu pada selasar di luar bangunan dirancang usyaya terlindungi dari hujan dan tampias. Selain itu, area ini bebas dari penghalang (<i>barrier-free</i>)	Selasar pada bagian luar bangunan terpisah dengan dinding atau hanya dibatasi satu dinding saja

Aksesibilitas	Kriteria		Evaluasi dan rekomendasi
Kondisi	Keamanan	Kenyamanan	PUPR
Sirkulasi horizontal			
	licin, aman, sehingga penggunaanya	sehingga bagi pengguna	sehingga tidak menghambat pergerakan

Tabel 3. Analisis kemudahan aksesibilitas bagi difabel di bangunan asrama tinjauan ukuran dasar ruang

Aksesibilitas	Kriteria		Evaluasi dan rekomendasi
Kondisi	Keamanan	Kenyamanan	PUPR

Ukuran dasar ruang

Asrama ini memiliki berbagai ruangan dengan ukuran yang cukup luas untuk pengguna kursi roda dan tuna netra



Bangunan ini sudah memenuhi standar ukuran minimum dan maksimum yang sesuai dengan prinsip-prinsip aksesibilitas, termasuk aspek kenyamanan, fungsionalitas, keselamatan, dan kemandirian

Ukuran dasar ruang sudah memenuhi standar yang ada dengan memperhatikan ukuran tubuh dan peralatan yang digunakan manusia, serta menampung seluruh pergerakan pengguna di dalam ruang

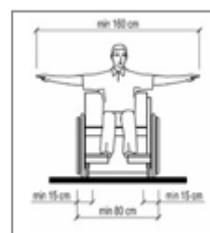
Ukuran dasar ruangan dalam 3 dimensi (panjang, lebar, dan tinggi) merujuk terhadap besaran badan orang dewasa, perlengkapan yang di fungsikan, serta kapasitas yang diperlukan agar pengguna dapat bergerak dengan leluasa



Gambar ruang pergerakan untuk pengguna kruk ke samping (Source: Permen PUPR Nomor 30/PRT/M/2006)



Gambar ruang gerak bagi pengguna kruk ke depan (Source: Permen PUPR Nomor 30/PRT/M/2006)



Gambar batas rata-rata cakupan

Aksesibilitas	Kriteria		Evaluasi dan rekomendasi
Kondisi	Keamanan	Kenyamanan	PUPR

Ukuran dasar ruang

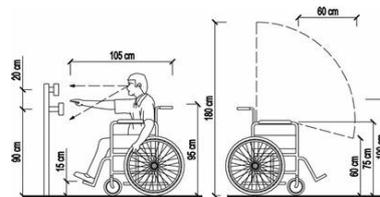
pemakai kursi beroda (Source: Permen PUPR Nomor 30/PRT/M/2006)



Gambar jangkauan ke samping dengan tongkat bagi tuna netra (Source: Permen PUPR Nomor 30/PRT/M/2006)



Gambar jangkauan ke samping dengan tongkat bagi tuna netra (Source: Permen PUPR Nomor 30/PRT/M/2006)



Gambar jangkauan maksimum ke depan saat menggunakan alat (Source: Permen PUPR Nomor 30/PRT/M/2006)

Tabel 4. Analisis kemudahan aksesibilitas bagi difabel di bangunan asrama tinjauan pintu

Aksesibilitas	Kriteria		Evaluasi dan rekomendasi
Kondisi	Keamanan	Kenyamanan	PUPR

Pintu

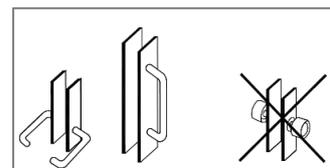
Pada bangunan asrama ini terdapat jenis pintu dengan 1 bukaan dan 2 bukaan yang ditarik dan didorong secara manual. Untuk pintu 1 bukaan memiliki variasi lebar 80 cm dan 90 cm sementara untuk pintu 2 bukaan memiliki lebar 160 cm



Terdapat kunci keamanan di setiap pintu asrama, akan tetapi bahan lantai yang digunakan di sekitar pintu tergolong licin dan berpotensi menyebabkan tergelincir

Seluruh pintu menggunakan jenis pegangan identik atau sama, dipasang pada ketinggian 100 cm dari lantai

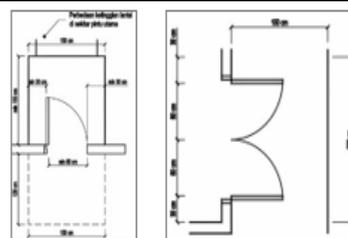
Bukaan primer harus mempunyai luasan minimal 90 cm, sementara pintu sekunder seharusnya berukuran 80 cm. Pada sekeliling area pintu masuk, harus diminimalkan keberadaan ram atau perbedaan level lantai



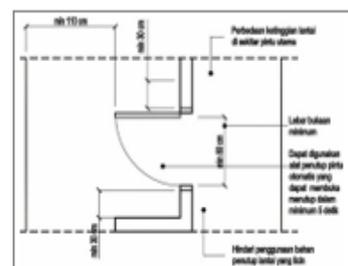
Gambar gagang pintu yang disarankan (Source: Permen PUPR Nomor 30/PRT/M/2006)

Aksesibilitas	Kriteria		Evaluasi dan rekomendasi
Kondisi	Keamanan	Kenyamanan	PUPR

Pintu



Gambar ruang tanpa penghalang untuk pintu satu daun dan dua daun (Source: Permen PUPR Nomor 30/PRT/M/2006)



Gambar ruang tanpa penghalang untuk pintu posisi berbelok (Source: Permen PUPR Nomor 30/PRT/M/2006)

Tabel 5. Analisis kemudahan aksesibilitas bagi difabel di bangunan asrama tinjauan tangga

Aksesibilitas	Kriteria		Evaluasi dan rekomendasi
Kondisi	Keamanan	Kenyamanan	PUPR

Tangga

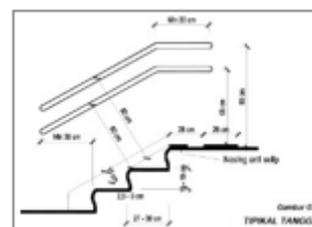
Tangga adalah akses yang digunakan untuk menghubungkan lantai satu ke lantai lainnya. Maka jika terdapat kondisi mendesak atau gawat darurat, tangga ini pun difungsikan sebagai jalur evakuasi. Jumlah anak tangga hingga mencapai bordes yaitu 9 anak tangga



Asrama ini tidak memiliki lift. Adapun ramp untuk menghubungkan antar lantai, sehingga pengguna kursi roda pergerakannya terbatas di setiap lantai dan apabila hendak menuju lantai yang berbeda kursi roda harus diangkat oleh tiga orang

Tangga sudah dilengkapi *handrail* pada salah satu sisinya yang tidak terputus serta tidak terdapat tanjakan berlubang yang berpotensi membahayakan pengguna

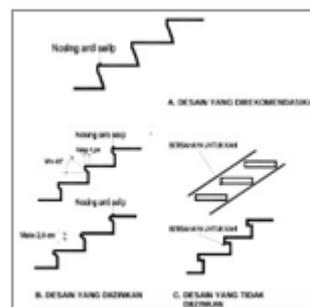
Tangga harus mempunyai injakan dan tumpuan yang seukuran. Serta memiliki *handrail* yang mudah dipegang setidaknya di satu sisinya dengan ketinggian minimal 65 cm dan maksimal 80 cm dari permukaan lantai, tidak boleh ada elemen struktur yang menghalangi, dan ujungnya perlu berbentuk bundar atau dibengkokkan menuju lantai, dinding, atau tiang.



Gambar tipikal tangga (Source: Permen PUPR Nomor 30/PRT/M/2006)

Aksesibilitas	Kriteria		Evaluasi dan rekomendasi
Kondisi	Keamanan	Kenyamanan	PUPR

Tangga



Gambar desain tangga (Source: Permen PUPR Nomor 30/PRT/M/2006)

Tabel 6. Analisis kemudahan aksesibilitas bagi difabel di bangunan asrama tinjauan toilet

Aksesibilitas	Kriteria		Evaluasi dan rekomendasi
Kondisi	Keamanan	Kenyamanan	PUPR

Toilet

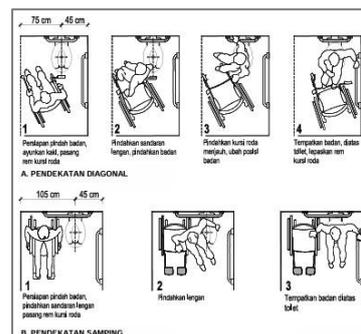
Ukuran bilik toilet terlalu kecil untuk dilalui pengguna kursi roda. Selain itu tidak ada rambu atau simbol khusus pada bagian luar toilet untuk memudahkan tuna netra



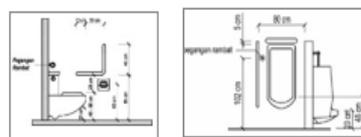
Bahan material yang digunakan untuk lantai tidak licin, Pintu pada toilet tergolong mudah untuk dibuka dan ditutup. Kunci grendel juga telah disesuaikan untuk memungkinkannya dibuka. Di sekitar pintu masuk tidak terdapat *emergency sound button* untuk mencegah hal yang buruk terjadi

Ketinggian tempat duduk kloset sudah sesuai standart yaitu 45-50 cm, namun pada toilet tidak memfasilitasi *handrail* guna memudahkan pengguna kursi roda

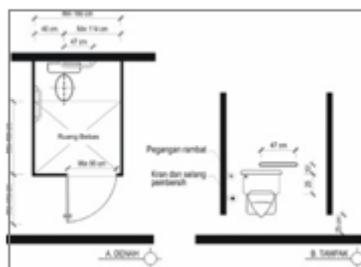
Toilet harus bisa dipergunakan bagi semua orang khususnya difabel dan orang yang sudah berumur lanjut. Untuk toilet khusus disabilitas harus memiliki luas ruang minimal 152,5 cm x 227,5 cm.



Gambar analisis ruang gerak pada toilet (Source: Permen PUPR Nomor 30/PRT/M/2006)



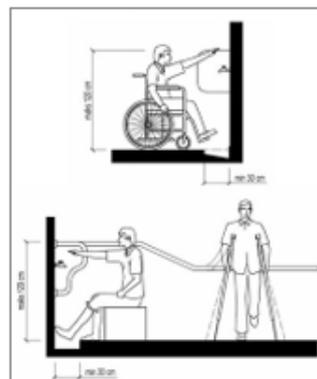
Gambar tinggi perletakan kloset dan perletakan uriner (Source: Permen PUPR Nomor 30/PRT/M/2006)



Aksesibilitas	Kriteria		Evaluasi dan rekomendasi
Kondisi	Keamanan	Kenyamanan	PUPR

Toilet

Gambar ruang gerak pada kloset
(Source: Permen PUPR Nomor 30/PRT/M/2006)



Gambar ruang gerak pada kloset
(Source: Permen PUPR Nomor 30/PRT/M/2006)

Tabel 7. Analisis kemudahan aksesibilitas bagi difabel di bangunan asrama tinjauan jalur pemandu

Aksesibilitas	Kriteria		Evaluasi dan rekomendasi
Kondisi	Keamanan	Kenyamanan	PUPR

Jalur pemandu

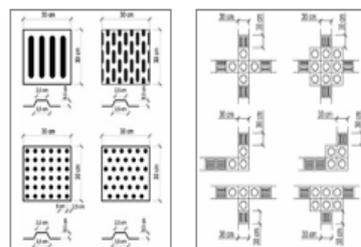
Disekitar asrama ini tidak tersedia jalur pemandu yang menghubungkan jalan dengan bangunan. Di area masuk dan juga keluar yang terhubung dengan tangga/ fasilitas yang terdapat ketidaksetaraan tinggi lantai juga tidak terdapat jalur pemandu



Ubin dengan tekstur garis- garis berfungsi sebagai penunjuk arah perjalanan, sedangkan ubin dengan tekstur bulat memberikan peringatan mengenai perubahan kondisi di sekitarnya

Ketika memasang jalur pemandu perlu di berikan perbedaan warna antara ubin pemandu dengan ubin lainnya. Oleh karena itu, ubin pemandu dapat di warnai kuning atau jingga agar lebih mudah dikenali

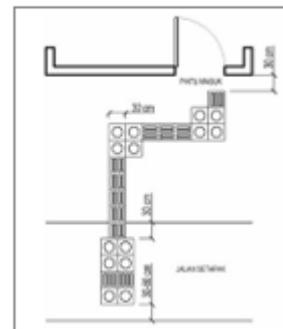
Ketika memasang ubin bertekstur pada jalur pemandu pedestrian yang sudah tersedia, penting untuk memperhatikan tekstur ubin yang telah terpasang sebelumnya. Hal ini bertujuan supaya tidak ada kebingungan saat membedakan tekstur ubin pengarah dan tekstur ubin peringatan



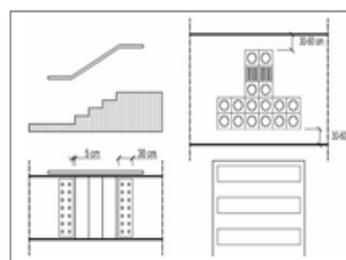
Gambar jenis tekstur pada ubin pemandu dan susunan ubin pemandu pada belokan (Source: Permen PUPR Nomor 30/PRT/M/2006)

Aksesibilitas	Kriteria		Evaluasi dan rekomendasi
Kondisi	Keamanan	Kenyamanan	PUPR

Jalur pemandu



Gambar tata letak ubin pemandu pada pintu masuk (Source: Permen PUPR Nomor 30/PRT/M/2006)



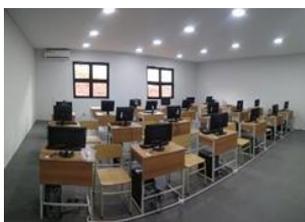
Gambar perletakan ubin pemandu pada tangga (Source: Permen PUPR Nomor 30/PRT/M/2006)

Tabel 8. Analisis kemudahan aksesibilitas bagi difabel di bangunan asrama tinjauan perabot

Aksesibilitas	Kriteria		Evaluasi dan rekomendasi
Kondisi	Keamanan	Kenyamanan	PUPR

Perabot

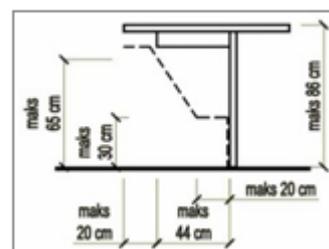
Perabotan yang akan dibahas mencakup berbagai barang yang dipergunakan di asrama, seperti meja audio visual, meja makan, meja belajar, rak buku, ranjang kasur, dan lainnya



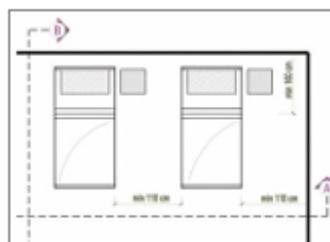
Ketinggian meja yang terdapat di asrama sudah memenuhi standar bagi disabilitas yaitu sekitar 70 - 80 cm. Namun secara menyeluruh tidak ada perabotan yang dapat di atur dan di ubah-ubah sesuai keperluan penggunaannya. Selain itu, penataan layout untuk furniture masih kurang memperhatikan ruang gerak pengguna kursi roda

Penataan *layout* barang-barang pada beberapa ruangan belum mempertimbangkan area yang cukup untuk dilalui pengguna kursi roda

Dalam menempatkan perkakas mesti memperhatikan area pergerakan juga sirkulasi yang memadai untuk orang dengan disabilitas



Gambar tinggi meja untuk disabilitas (Source: Permen PUPR Nomor 30/PRT/M/2006)



Aksesibilitas	Kriteria		Evaluasi dan rekomendasi
Kondisi	Keamanan	Kenyamanan	PUPR
Perabot			Gambar ranjang ganda (Source: Permen PUPR Nomor 30/PRT/M/2006)
			
			Gambar potongan A tempat tidur ganda (Source: Permen PUPR Nomor 30/PRT/M/2006)
			
			Gambar potongan B tempat tidur ganda (Source: Permen PUPR Nomor 30/PRT/M/2006)

Setelah dilakukan analisis terhadap beberapa tinjauan, maka dapat diperoleh skor hasil evaluasi aspek kemudahan aksesibilitas seperti yang disajikan pada Tabel 9.

Tabel 9. Perolehan skor hasil evaluasi aspek kemudahan aksesibilitas di bangunan asrama SMK TI BAZMA

No	Variabel	Total sub variabel	Terpenuhi	Tidak terpenuhi
1	Area parkir	10	1	9
2	Sirkulasi horizontal	8	6	2
3	Ukuran dasar ruang	9	8	1
4	Pintu	5	4	1
5	Tangga	9	9	0
6	Toilet	15	10	5
7	Jalur pemandu	4	0	4
8	Perabot	7	5	2
Jumlah		67	43	24

Jumlah variabel yang sejalan dengan kaidah desain universal dan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 30/PRT/M/2006 tentang pemenuhan atau ketidakpenuhan aspek aksesibilitas, dapat disimpulkan bahwa tingkat kemudahan aksesibilitas pada bangunan ini mencapai 64,18%.

4. Kesimpulan

Setelah dilakukan analisis dan evaluasi, secara keseluruhan bangunan yang menjadi objek penelitian ini belum sepenuhnya mendukung kemudahan aksesibilitas untuk orang dengan disabilitas berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 30/PRT/M/2006. Analisis menggunakan prinsip universal desain menunjukkan bahwa difabel mengalami kesulitan dalam mengakses beberapa area di dalam bangunan akibat adanya berbagai hambatan yang berpotensi membahayakan pengguna. Kesulitan dalam bergerak secara mandiri serta disorientasi menyebabkan mereka masih memerlukan pendampingan untuk mengakses fasilitas yang tersedia.

Berdasarkan hasil evaluasi terhadap ketersediaan aksesibilitas, diperlukan pedoman dalam penyediaan jalur pemandu dari titik akses masuk hingga fasilitas utama di dalam bangunan, sesuai dengan 8 prinsip desain universal. Penelitian ini merekomendasikan agar pemilik atau pengelola bangunan mengambil langkah-langkah strategis guna meningkatkan aksesibilitas bagi semua kalangan. Tindak lanjut yang disarankan seperti perbaikan fasilitas supaya sesuai dengan desain

universal, penguatan regulasi oleh pemerintah setempat terkait penyediaan aksesibilitas pada bangunan gedung, dan pengembangan bangunan pendidikan yang ramah difabel dengan melibatkan komunitas difabel dalam proses perancangannya.

Ucapan terima kasih

Ucapan terimakasih sampaikan untuk seluruh kelompok yang berkontribusi untuk penelitian ini. Penulis juga menyampaikan penghargaan untuk PT Quadratura Indonesia dan SMK TI BAZMA atas dukungan fasilitas, data, serta kesempatan yang diberikan dalam pelaksanaan penelitian ini.

Referensi

- Indonesia. (2016). Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 8 Tahun 2016 tentang Penyandang Disabilitas. Jakarta: Lembaran Negara Republik Indonesia. Available at: <https://peraturan.bpk.go.id/Details/37251/uu-no-8-tahun-2016>.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2017). Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 14 Tahun 2017 tentang Persyaratan Kemudahan Bangunan Gedung. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. Available at: <https://peraturan.bpk.go.id/Details/104477/permen-pupr-no-14prtm2017-tahun-2017>
- Indriastjario, I., Naima, S.P. and Wijayanti, W. (2018) 'Kajian Penerapan Prinsip Desain Universal Pada Museum Studi Kasus: Museum Geologi Bandung', Modul, 18(2), p. 83. Available at: <https://doi.org/10.14710/mdl.18.2.2018.83-89>.
- Allyssa Syifa Salsabilla, Lily Mauliani, Ratna Dewi Nur'aini (2019) 'Penerapan Konsep Arsitektur Universal Pada Desain Sekolah Dasar Aisyiyah si Jakarta Utara', Purwarupa ,3(1), p. 75 Available at: <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/purwarupa/article/view/2689/3014>.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2006). Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 30/PRT/M/2006 Tahun 2006 tentang Pedoman Teknis Pembangunan Bangunan Gedung Negara. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. Available at: <https://peraturan.bpk.go.id/Details/104488/permen-pupr-no-30prtm2006-tahun-2006>.
- Yogas Auriansyah, Hermin Widyaningsih (2024) 'Evaluasi Prinsip Universal Desain Terkait Kemudahan Aksesibilitas Difabel Pada Bangunan Studi Kasus: Gedung A MTs N 2 Kota Semarang', *Gewang*, 6(2), p.138-140. Available at: <https://ejournal.undana.ac.id/index.php/gewang/article/view/11362/7203>.
- Widyanesti Liritantri, Andreas Dwiputro Handoyo, Kristal Puan Bazukarno, Leandro Krista Arnita (2021) 'Evaluasi Terhadap Penerapan Desain Aksesibilitas Untuk Disabilitas Fisik di Fakultas Industri Kreatif Universitas Telkom', *Arsitektura*, 19(2), p. 266 - 270. Available at: <https://jurnal.uns.ac.id/Arsitektura/article/view/50841/33303>.



Penerapan arsitektur tropis pada redesain gedung Fakultas Ilmu-Ilmu Kesehatan Universitas Jenderal Soedirman dengan pendekatan desain universal sebagai optimalisasi bangunan ramah difabel

Dhila Putri Leksono^{a*}, Mohammad Sahid Indraswara^b

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

^b Departemen Arsitektur, Universitas Diponegoro, Indonesia

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Corresponding author:

Email:
dhilaputrileksono24@gmail.com

Article history:

Received : 11 June 2024
Accepted : 27 March 2025
Publish : 29 March 2025

Keywords:

accessibility, building optimization,
community engagement, environmental
design, redesign

The application of tropical architecture to buildings in Indonesia is very important to adapt to the local context and provide comfort for users, including the disabled. This research is available at the Dean Building of the Faculty of Health Sciences, Jenderal Soedirman University regarding the application of tropical architecture and accessibility for the disabled, in accordance with the design concept and Regulation of the Ministry of PUPR No. 14 of 2017. The method used is quantitative descriptive with literature study. The results of the analysis show that several parameters of tropical architecture have not been applied, and accessibility and facilities are not fully up to standard. In conclusion, the application of tropical architecture and disability-friendly design is still not optimal, so design recommendations are needed to improve comfort and equality for all users.

Copyright © 2025 PILARS-UNDIP

1. Pendahuluan

Indonesia adalah negara beriklim tropis, yang memengaruhi kenyamanan manusia dalam beraktivitas di dalam bangunan, baik untuk tempat tinggal maupun fungsi lainnya. Oleh karena itu, Penerapan arsitektur tropis pada suatu bangunan di Indonesia merupakan keharusan karena hal ini adalah salah satu syarat agar bangunan tersebut kontekstual dengan lokasinya. Oleh karena itu, apapun konsep arsitekturnya, prinsip arsitektur tropis harus diterapkan (Arisal & Sari, n.d.). Beberapa prinsip mendasar bagi bangunan yang menerapkan desain arsitektur tropis yaitu kemiringan atap yang curam, teritisan yang lebar, bukaan udara yang menyilang, dan penerapan *shading device*. Penerapan prinsip arsitektur tropis pada bangunan di Indonesia sangat penting dilakukan, terlebih pada bangunan publik/umum. Hal ini bertujuan agar sebuah bangunan dapat menciptakan kondisi yang nyaman dan lingkungan yang berkualitas. Sejatinya kenyamanan tercipta saat bangunan direncanakan dengan menggunakan arsitektur tropis, baik sebagai cara mengatasi tantangan alam maupun untuk menyelaraskan dengan alam Indonesia yang beriklim tropis (Suraiya et al., n.d.).

Kenyamanan suatu bangunan juga harus dapat dirasakan bagi semua kalangan pengguna bangunan, baik non-difabel, maupun difabel. Dewasa ini isu kesetaraan hak difabel juga ramai diperbincangkan di seluruh dunia, tidak terkecuali Indonesia. Berdasarkan data berjalan 2020 dari Biro Pusat Statistik (BPS), jumlah penyandang difabel di Indonesia mencapai 22,5 juta atau sekitar lima persen (Hak et al., n.d.). Angka dari data tersebut tentu tidaklah sedikit. Hal ini menjadi perhatian dalam upaya pemerintah untuk membantu mengurangi hambatan yang dihadapi oleh penyandang difabel. Menurut, Undang-Undang No. 8 Tahun 2016 tentang Penyandang Difabel, penyandang difabel

menginginkan kemudahan dalam aksesibilitas, baik fisik maupun non-fisik. Aksesibilitas fisik mencakup kemudahan akses ke bangunan fasilitas umum, transportasi umum, dan sebagainya, sedangkan aksesibilitas non-fisik mencakup kemudahan dalam mengakses informasi (UU Nomor 8 Tahun 2016, n.d.). Bagi penyandang difabel, ruang publik harusnya sesuai dan aksesibel terhadap kebutuhan mereka. Namun, kenyataannya hasil-hasil penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa masih banyak fasilitas publik yang belum optimal dalam menyediakan aksesibilitas yang merupakan hak penyandang difabel (Nuraviva Jurusan Ilmu Pemerintahan, n.d.) Berdasarkan hal tersebut, sudah seharusnya sebuah bangunan publik memenuhi sarana pendukung yang pada bangunan sesuai dengan standar Kementerian PUPR No.14 Tahun 2017 tentang Kemudahan Bangunan Gedung.

Perguruan Tinggi/Universitas merupakan salah satu bangunan publik dengan fungsi pendidikan yang memiliki peran penting dalam pemenuhan hak kesetaraan penyandang difabel. Oleh karena itu, sebuah bangunan publik yang berfungsi sebagai fasilitas pendidikan harus dapat diakses tidak hanya oleh pengguna non-difabel, tetapi juga oleh pengguna dengan kebutuhan khusus. Selain itu, setiap bangunan universitas yang ramah difabel harus mencakup aktivitas akademik, fasilitas pendukung akademik, desain bangunan, keadaan sosial, akses antar ruang dan bangunan, akses informasi, serta peran akademik (Liritantri et al., 2021). Pemerintah telah memfokuskan hal pemenuhan aksesibilitas untuk penyandang difabel pada bangunan publik, yakni pendidikan. Hal tersebut tentu memerlukan standar teknis untuk meningkatkan fasilitas, khususnya agar dapat diakses dengan aman, nyaman, dan mudah oleh penyandang difabel (PermenPUPR14-2017, n.d.).

Pada studi ini, peneliti mengamati penerapan prinsip Arsitektur Tropis dan ketersediaan fasilitas/sarana pendukung, serta kemudahan akses di Gedung Dekanat Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Jenderal Soedirman. Pada objek bangunan ini terdapat beberapa aspek elemen bangunan yang belum memenuhi prinsip arsitektur tropis. Selain itu, diketahui bahwa beberapa fasilitas belum tersedia di gedung tersebut, yang dapat menghambat akses bagi penyandang difabel. Sebagai respon akan hal tersebut, penulis memutuskan untuk melakukan observasi lebih lanjut untuk menggali informasi lebih mendalam.

Adapun tujuan penelitian ini adalah untuk mengevaluasi kesesuaian Penerapan prinsip-prinsip Desain Arsitektur Tropis, serta aksesibilitas Gedung Dekanat Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Jenderal Soedirman, termasuk akses vertikal, akses horizontal, dan fasilitas pendukung yang digunakan untuk mendukung proses perkuliahan bagi penyandang difabel. Selain itu, penelitian ini bertujuan untuk menilai sejauh mana Gedung Dekanat Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Jenderal Soedirman memenuhi standar yang diatur dalam Peraturan Menteri PUPR No.14 Tahun 2017 tentang Kemudahan Bangunan Gedung.

2. Data dan metode

2.1. Metode penelitian

Lokasi penelitian di Gedung Dekanat Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Jenderal Soedirman yang beralamat Jalan Dr. Soeparno, Kota Purwokerto, Jawa Tengah seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Fasad gedung FIKES UNSOED

. Metode penelitian yang digunakan yaitu deskriptif kuantitatif. Deskriptif kuantitatif adalah metode yang bertujuan mendeskripsikan suatu kondisi secara objektif menggunakan data numerik. Metode ini melibatkan observasi data, penyesuaian dengan standar literatur, serta analisis hasilnya (Buku Digital-Metodologi Penelitian bab 12, n.d.). Penelitian ini adalah penelitian deskriptif dengan pendekatan kuantitatif, di mana data diperoleh melalui observasi.

2.2. Sumber data

Data penelitian diperoleh dari sumber data primer dan sekunder. Sumber data primer didapat langsung dari lapangan dan dokumen Desain dan Detail (DED) bangunan yang ada. Data primer mencakup hasil observasi, dokumentasi, dan DED bangunan. Sedangkan sumber data sekunder berasal dari sumber tertulis dan literatur yang membahas parameter atau prinsip desain arsitektur tropis. Selain itu, data sekunder ini diperoleh dari dokumen tertulis mengenai bangunan dan peraturan terkait standar akses vertikal dan horizontal serta kelengkapan sarana prasarana pendukung. Sumber data sekunder dalam penelitian ini mencakup Peraturan Kementerian PUPR No.14 Tahun 2017 tentang Kemudahan Bangunan Gedung dan Parameter Desain Arsitektur Tropis dari (Saliim & Satwikasari, n.d.).

2.3. Teknik pengumpulan data

Pada penelitian ini, terdapat dua cara pengumpulan data, yaitu pengamatan dan observasi. Pengamatan bertujuan untuk mengobservasi penerapan parameter atau prinsip-prinsip desain arsitektur tropis pada bangunan, menggunakan data dari (Saliim & Satwikasari, n.d.). Sedangkan untuk desain universal, penulis mengamati sarana dan fasilitas aksesibilitas bagi penyandang difabel di Gedung Dekanat Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Jenderal Soedirman berdasarkan Peraturan Kementerian PUPR No.14 Tahun 2017. Metode yang digunakan adalah ekspos, yaitu pengamatan terhadap standar dengan data hasil observasi lapangan. Selanjutnya, dilakukan dokumentasi dalam tahap observasi bertujuan untuk mengumpulkan informasi dari objek bangunan, yang akan menjadi data penelitian untuk dianalisis dan dibandingkan dengan peraturan nasional, serta didukung oleh literatur terkait. Hasil penelitian dari observasi langsung akan lebih terpercaya jika didukung oleh bukti dokumentasi. Dalam penelitian ini, penulis mengumpulkan hasil dokumentasi dari lapangan.

2.4. Tahapan pelaksanaan penelitian

Pada penelitian ini observasi lapangan dan dokumentasi yang meliputi poin antara lain sebagai berikut:

- 1) Analisis desain bangunan yang meliputi: orientasi bangunan, material bangunan, *shading device*, pencahayaan, ventilasi (aliran udara) dan aliran curah hujan
- 2) Observasi akses horizontal bangunan yang meliputi: pintu, koridor, selasar dan pedestrian
- 3) Observasi akses vertikal bangunan yang meliputi: akses ramp dan tangga
- 4) Observasi sarana fasilitas pendukung seperti: toilet, wastafel, dan parkir

Setelah itu, dilakukan tahap pengolahan data, tahap pertama yaitu penilaian penerapan arsitektur tropis berdasarkan parameter konsep desain arsitektur tropis bangunan gedung yang terdapat dalam (Saliim & Satwikasari, n.d.). Pada tahap ini, langkah yang dilakukan adalah menganalisis secara deskriptif sesuai dengan parameter yang telah dicantumkan terhadap data yang telah diperoleh melalui analisis, observasi maupun literatur. Sedangkan untuk penilaian prinsip Desain Universal, berdasarkan Peraturan Kementerian PUPR No.14 Tahun 2017 tentang Kemudahan Bangunan Gedung. Langkah yang dilakukan adalah melakukan *checklist* ke dalam standar teknis yang telah ditetapkan terhadap data yang telah diperoleh melalui hasil observasi.

3. Hasil dan pembahasan

3.1. Analisis parameter arsitektur tropis

Analisis parameter arsitektur tropis mencakup berbagai aspek yang berperan dalam menciptakan bangunan yang sesuai dengan konsep arsitektur tropis. Parameter-parameter tersebut meliputi:

3.1.1. Orientasi bangunan

Analisis orientasi bangunan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2 belum sesuai, karena fasad depan bangunan ini cukup terpapar sinar matahari secara langsung. Hal ini, perlu dilakukan *treatment* perencanaan desain untuk mengurangi paparan sinar matahari yang masuk secara langsung pada fasad bangunan secara berlebihan.



Gambar 2. Orientasi gedung FIKES Unsoed

Analisis parameter arsitektur tropis dengan tinjauan orientasi bangunan pada gedung FIKES Unsoed secara detail disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Analisis orientasi bangunan

Parameter arsitektur tropis	Konsep desain	Analisis
Orientasi Bangunan	1. Orientasi bangunan ke arah utara dan selatan pada bagian bangunan yang terpanjang	Masih belum terlalu sesuai, karena sisi terpanjang bangunan menghadap tenggara, sedangkan sisi terpendek bangunan menghadap timur laut
	2. Orientasi bangunan ke arah timur dan barat pada bagian bangunan yang terpendek	

3.1.2. Material bangunan

Gedung Dekanat Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Jenderal Soedirman sudah memenuhi parameter arsitektur tropis seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3. Penggunaan material seperti genteng beton pada atap dan batu bata merah pada dinding secara efisien mengurangi panas, sehingga suhu dalam ruangan tetap stabil dan dapat menahan kelembapan selama musim hujan.



Gambar 3. Material bangunan gedung FIKES Unsoed

Analisis parameter arsitektur tropis dengan tinjauan material bangunan pada gedung FIKES Unsoed secara detail disajikan pada Tabel 1.

Tabel 2. Analisis material bangunan

Parameter arsitektur tropis	Konsep desain	Analisis
Material Bangunan	<ol style="list-style-type: none"> Menggunakan material yang tahan terhadap sinar/panas matahari Menggunakan material yang tahan terhadap curah hujan yang tinggi 	Material yang digunakan sudah sesuai dengan parameter arsitektur tropis

3.1.3. *Shading device*

Analisis *shading device* pada Gedung Dekanat Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Jenderal Soedirman seperti pada Gambar 4 tidak menunjukkan adanya aplikasi *sun shading* atau selubung bangunan pada fasad. Berdasarkan analisis orientasi bangunan yang telah dijelaskan sebelumnya, objek ini memerlukan penanganan untuk mengurangi paparan sinar matahari berlebih pada fasad bangunan.



Gambar 4. Tampak depan gedung

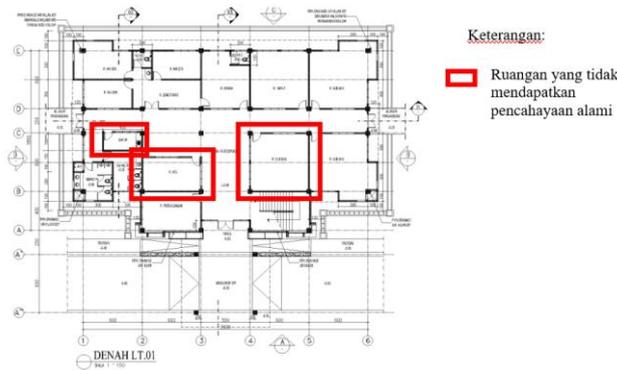
Analisis parameter arsitektur tropis dengan tinjauan *shading device* pada gedung FIKES UNSOED secara detail disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Analisis *shading device*

Parameter arsitektur tropis	Konsep desain	Analisis
<i>Shading device</i>	Penggunaan selubung bangunan atau sun shading pada sisi tertentu sebagai upaya terhadap memecah sinar matahari yang masuk kedalam bangunan secara berlebihan	Belum diaplikasikan <i>sun shading</i> /selubung bangunan untuk melindungi paparan sinar matahari yang berlebihan pada fasad bangunan

3.1.4. Pencahayaan

Hasil analisis Gambar 5 pencahayaan yang disajikan pada Tabel 4, ditemukan bahwa Ruang dapur, KTU, dan Sub Bagian pada Gedung Dekanat Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Jenderal Soedirman tidak memenuhi parameter pencahayaan yang diharapkan dalam konsep arsitektur tropis. Ketiga ruangan tersebut tidak mendapatkan cahaya alami secara langsung, yang bertentangan dengan prinsip pencahayaan alami yang diinginkan dalam arsitektur tropis, di mana setiap ruangan seharusnya mendapat cahaya alami. Hal ini juga ditegaskan oleh Thiodore (2018), yang menyatakan bahwa perencanaan arsitektur tropis yang ideal akan menghasilkan ruangan yang cukup terang dengan cahaya alami.



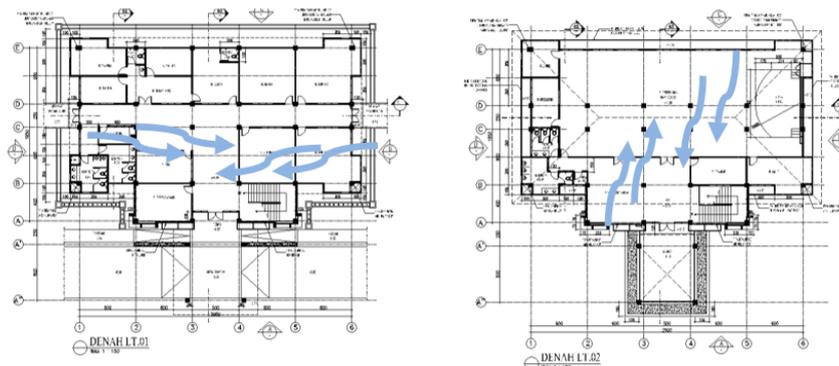
Gambar 5. Denah lantai I gedung FIKES Unsoed

Tabel 4. Analisis pencahayaan

Parameter arsitektur tropis	Konsep desain	Analisis
Pencahayaan	Setiap ruang mendapatkan sinar matahari atau pencahayaan alami yang cukup	Terdapat beberapa ruang yang tidak mendapatkan pencahayaan alami

3.1.5. Ventilasi (aliran udara)

Analisis pencahayaan Gedung Dekanat Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Jendral Soedirman, dengan menciptakan dua bukaan yang berlawanan arah di dinding luar dan dalam unit hunian, udara dapat mengalir secara horizontal secara bebas dan menciptakan pergerakan silang. Sistem bukaan semacam ini mampu mengurangi suhu dalam ruangan sehingga terasa lebih sejuk seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6.



Keterangan :  (Aliran Udara)

Gambar 6. Denah lantai 1 dan 2 gedung FIKES Unsoed

Analisis parameter arsitektur tropis dengan tinjauan ventilasi (aliran udara) pada gedung FIKES Unsoed secara detail disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Analisis ventilasi

Parameter arsitektur tropis	Konsep desain	Analisis
Ventilasi (Aliran Udara)	Ventilasi Udara dibuat secara menyilang atau <i>cross ventilation</i> yang bertujuan mengalirkan udara yang berada diluar secara optimal	Objek bangun sudah menerapkan ventilasi silang dengan baik, pada koridor dan selasar bangunan

3.1.6. Aliran curah hujan

Hasil analisis pada Gambar 7, terlihat pada bangunan eskisting Gedung Dekanat Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Jenderal Soedirman ini, sudah menerapkan desain atap limasan dengan kemiringan atap $\pm 30^\circ$. Atap gedung ini sudah sesuai dengan standarisasi desain atap Arsitektur Tropis, sebab desain atap tersebut mampu mengalirkan air hujan secara optimal. Selain itu, penerapan tritisan pada eksisting objek bangunan, sudah memenuhi kriteria yaitu lebar tritisan minimal 80 cm.



Gambar 7. Tampak samping kanan gedung FIKES Unsoed

Analisis parameter arsitektur tropis dengan tinjauan aliran curah hujan pada gedung FIKES Unsoed secara detail disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Analisis curah hujan

Parameter arsitektur tropis	Konsep desain	Analisis
Aliran Curah Hujan	Menggunakan desain atap yang dapat mengalirkan air hujan dengan baik. Menerapkan tritisan yang lebar dengan minimal 80 cm, untuk menahan air hujan yang masuk pada bangunan	Sudah sesuai dengan standar, yaitu desain atap limasan dan tritis lebih dari 80 cm

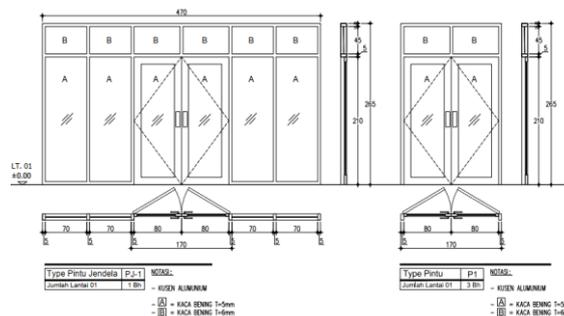
3.2. Akses horizontal bangunan

Analisis akses horizontal bangunan merupakan kajian yang bertujuan untuk mengevaluasi kemudahan, kenyamanan, dan efisiensi pergerakan di dalam suatu bangunan. Adapun analisis akses horizontal bangunan antara lain meliputi:

3.2.1. Akses pintu

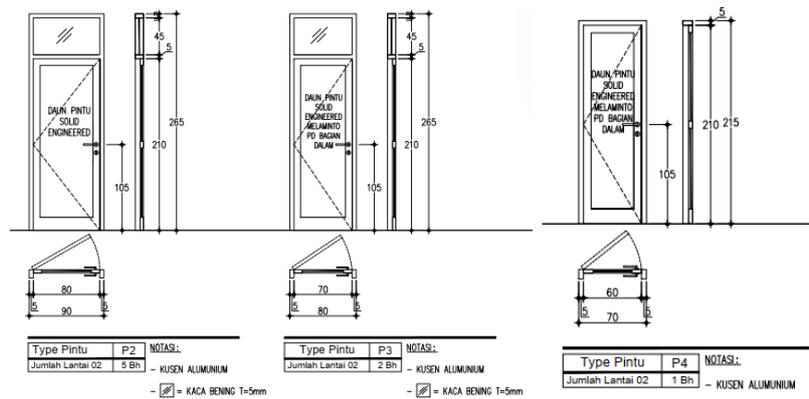
Hasil observasi Akses pintu pada Gedung Dekanat Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Jenderal Soedirman berdasarkan Peraturan Kementerian PUPR No.14 Tahun 2017 tentang Kemudahan Bangunan Gedung antara lain sebagai berikut:

- 1) Jenis pintu pada bangunan ini memiliki dua jenis pintu yaitu *type 1* dengan dimensi 170cm (2 daun pintu). Pintu juga dilengkapi dengan kaca untuk visibilitas ke dalam ruang kelas dan engsel tarik dengan ketinggian 95 dari lantai seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Pintu *type 1*

- 2) *Type 2* yaitu jenis pintu dengan satu daun pintu, yang memiliki 3 ukuran yaitu 90, 80, 70, dan 60. Pintu dilengkapi dengan engsel tarik dengan ketinggian 100cm dari lantai seperti yang ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Pintu *type 2*

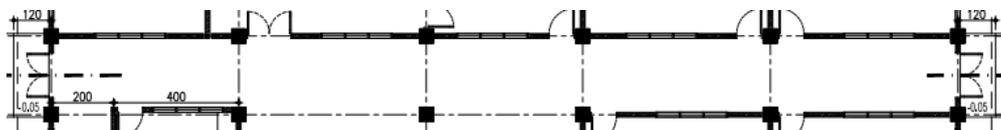
Hasil analisis pada Tabel 7 terlihat standar akses Pintu, empat dari enam poin diantaranya sudah sesuai. Sedangkan, dua sisanya adalah penyediaan garis warna kontras pada pintu dan ketinggian engsel dari pintu pada bangunan eksisting 100 cm. Namun, pada pintu *type P4* perlu dihilangkan karena tidak sesuai dengan standar lebar pintu yang sudah ditetapkan.

Tabel 7. Analisis akses pintu

Sub variable	Rincian sub variabel	Analisis	
		Sesuai	Tidak sesuai
Pintu	Lebar minimal 90 cm	PJ1 dan P1	
	Lebar minimal 80 cm	P2, dan P3	P4
	Menggunakan type dorong/ tarik dan type melengkung kedalam	PJ1, P1, P2, P3, dan P4	
	Engsel pintu, 110c m dari lantai, tidak licin dan tidak tuas putar		PJ1, P1, P2, P3, dan P4
	Pintu kaca diberi warna kontras/tanda setinggi mata untuk menjamin keamanan pengguna		PJ1 dan P1

3.2.2. Akses koridor

Hasil pada Tabel 8 terlihat semua poin telah terpenuhi sesuai dengan standar koridor, sebagai penghubung atau akses dari ruang ke ruang seperti yang ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Denah koridor gedung FIKES Unsoed

Tabel 8. Analisis akses koridor

Sub variable	Rincian sub variabel	Analisis	
		Sesuai	Tidak sesuai
Selasar	Menggunakan material lantai yang tidak licin	√	
	Lebar efektif untuk pengguna kursi roda atau 2 orang berpapasan yaitu minimal 140 cm	√	
	Memiliki penghawaan dan pencahayaan yang cukup	√	

3.2.3. Akses selasar

Hasil analisis pada Gambar 11 terlihat semua pada akses selasar sebagai jalur pejalan kaki dan penghubung antar gedung sudah memenuhi standar seperti yang disajikan pada Tabel 9.



Gambar 11. Denah selasar gedung FIKES Unsoed

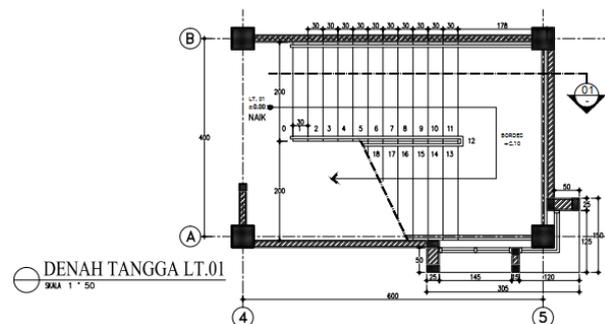
Tabel 9. Analisis akses selasar

Sub variable	Rincian sub variabel	Analisis	
		Sesuai	Tidak sesuai
Selasar	Menggunakan material lantai yang tidak licin	✓	
	Lebar efektif untuk pengguna kursi roda atau 2 orang berpapasan yaitu minimal 140cm	✓	
	Memiliki penghawaan dan pencahayaan yang cukup	✓	

3.3. Akses vertikal bangunan

3.3.1. Akses tangga

Hasil pada Tabel 10 akses tangga sebagai sarana vertikal menuju lantai dua bangunan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 12, dari empat point sudah sesuai dengan kriteria yang sudah ditetapkan.



Gambar 12. Denah tangga gedung FIKES Unsoed

Tabel 10. Analisis akses tangga

Sub variable	Rincian sub variabel	Analisis	
		Sesuai	Tidak sesuai
Tangga	Tinggi pijakan 15-18 cm dan lebar anak tangga 27-30 cm	✓	
	Material lantai tidak licin	✓	
	Kemiringan tangga umum 35 derajat	✓	
	Handrail, Radius minimal 5 cm, tinggi 65 cm untuk anak-anak dan 80 cm untuk orang dewasa	✓	

3.3.2. Akses ramp

Analisis akses ramp Gambar 13 yang disajikan Tabel 11 pada bangunan eksisting belum tersedia dengan baik dan sesuai. Oleh karena itu, perlu adanya penyediaan ramp pada interior pada gedung,

agar penyandang difabel dapat mengakses lantai dua yang difungsikan sebagai ruang pertemuan pada gedung.



Gambar 13. Ramp eksterior gedung FIKES Unsoed

Tabel 11. Analisis ramp

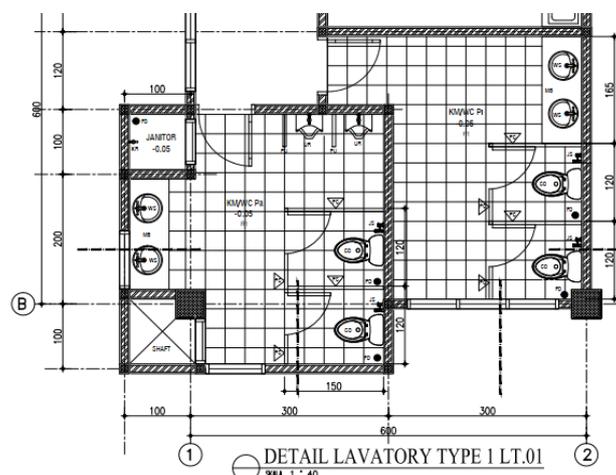
Sub variable	Rincian sub variabel	Analisis	
		Sesuai	Tidak sesuai
Ramp	Permukaan ramp bertekstur, tahan cuaca dan tidak licin.		✓
	Kemiringan ramp interior maksimum 2%		✓
	Kemiringan ramp eksterior maksimum 6%	✓	
	Panjang maksimum ram adalah 900 cm (7%), diperbolehkan lebih dari 7% bila panjang ramp >95 cm	✓	
	Lebar bordes 120 x 120 cm(menyesuaikan lebar ram)	✓	
	Handrail, radius pegangan min 5 cm, tinggi handrail 65 cm (anak-anak) dan 80 cm untuk orang dewasa		✓
	Lebar tepi pengaman/kanstin adalah 15 cm dengan tinggi 10 cm		✓

3.4. Sarana dan prasarana pendukung

Sarana dan prasarana pendukung memiliki peran penting dalam meningkatkan fungsi dan kenyamanan suatu bangunan. Keberadaan fasilitas ini membantu menunjang aktivitas pengguna serta memastikan operasional bangunan berjalan dengan optimal. Adapun sarana dan prasarana pendukung yang dianalisis adalah sebagai berikut:

3.4.1. Fasilitas toilet

Hasil analisis Gambar 14 yang disajikan pada didapatkan bahwa standar fasilitas toilet yang ada pada bangunan eksisting, tiga dari tujuh poin terhadap acuan sudah sesuai. Namun, fasilitas yang belum tersedia yaitu toilet untuk difabel.



Gambar 14. Detail toilet gedung FIKES Unsoed

Tabel 12. Analisis toilet

Sub variable	Keterangan	Analisis	
		Sesuai	Tidak sesuai
Toilet	Toilet Khusus Penyandang difabel 152,5 x 227,5 cm		√
	Toilet standar 80 x 155 cm	√	
	Daun Pintu untuk pengguna tuna daksa 90cm, dengan bukaan pintu ke arah luar		√
	Handrail pada toilet berdiameter 3,5 cm, ketinggian 70 cm (hand.horizontal) dan 80 cm (hand.vertikal)		√
	kemiringan lantai minimal 1°, lantai tidak licin dan mudah dibersihkan	√	
	Dinding dan lantai diberi <i>waterproofing</i> , dinding dilengkapi dengan jendela udara/bouven	√	

3.4.2. Wastafel

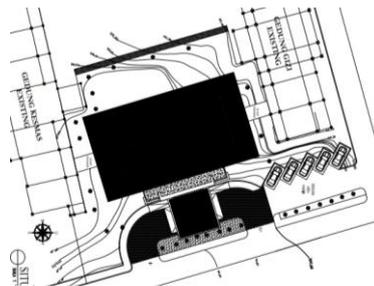
Hasil analisis yang disajikan Tabel 13 didapatkan bahwa pada kriteria wastafel yang ada pada bangunan eksisting, dua dari tiga poin terhadap acuan sudah sesuai, tetapi standar ketinggian pada wastafel masih belum sesuai karena ketinggian wastafel pada bangunan eksisting berkisar 80 cm.

Tabel 13. Analisis wastafel

Sub variable	Keterangan	Analisis	
		Sesuai	Tidak sesuai
Wastafel	Standar orang dewasa		√
	85 cm, standar kursi roda 75 cm		
	Ukuran minimal 45 x 60 cm	√	
	Free space untuk pengguna wastafel yaitu 60 cm dari tepi bak cuci tangan dengan sirkulasi 60 cm	√	

3.4.3. Parkiran

Hasil analisis Gambar 15 yang disajikan pada Tabel 14 didapatkan bahwa pada kriteria akses parkiran, empat dari delapan poin sudah sesuai dengan standar. Belum tersedianya parkir khusus penyandang difabel dan parkir motor belum tersedia pada bangunan.

**Gambar 15.** Analisis area parkir**Tabel 14.** Analisis area parkir

Sub variable	Keterangan	Analisis	
		Sesuai	Tidak sesuai
Parkiran	Mudah dijangkau dan diawasi, dilengkapi dengan penunjuk dan penanda yang jelas dan tidak tersembunyi	√	
	Dimensi 370 x 620 cm (difabel)		√
	Dimensi 230 x 500cm (mobil)	√	
	Memiliki simbol parkir (termasuk simbol parkir difabel)		√
	Parkir difabel terletak di permukaan datar dengan kemiringan maks.2 derajat		√
	Memiliki simbol tanda parkir dengan warna yang kontras.	√	
	Memiliki penghawaan dan pencahayaan yang cukup	√	
	Dimensi 70 x 200 cm (motor)		√

4. Kesimpulan

Berdasarkan uraian hasil penelitian dan pembahasan, maka dapat di tarik kesimpulan, antara lain sebagai berikut:

- 1) Beberapa parameter penerapan Arsitektur tropis masih belum sesuai dengan acuan, sehingga dalam hal penerapan prinsip Arsitektur tropis pada Gedung Dekanat Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Jendral Soedirman belum dilakukan secara maksimal
- 2) Dari hasil analisis, menunjukkan bahwa aksesibilitas dan fasilitas pada Gedung Dekanat belum sepenuhnya sesuai dengan standar Kementerian PUPR No.14 Tahun 2017. Oleh karena itu, Gedung Dekanat Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Jendral Soedirman belum dapat dikatakan bangunan Ramah Difabel
- 3) Perlunya suatu rekomendasi desain atau redesain untuk memaksimalkan penerapan Arsitektur Tropis pada gedung ini. Rekomendasi desain yang dapat dilakukan yaitu: Penambahan selubung bangunan pada fasad Gedung, sehingga mampu meminimalisir sinar matahari yang masuk berlebihan. Selain itu, ppenataan kembali ruang dapur, KTU, dan sub-bag agar mendapatkan pencahayaan alami yang optimal
- 4) Pada pengoptimalan bangunan ramah difabel, perlu rekomendasi sebuah prinsip desain universal. Rekomendasi desain yang dapat dilakukan yaitu penyediaan ramp pada interior pada gedung, agar penyandang difabel dapat mengakses lantai dua yang difungsikan sebagai ruang pertemuan pada gedung, serta penyediaan toilet dan parkir khusus penyandang difabel

Ucapan terima kasih

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

Referensi

- Arisal, A. P. A. T. P. B. K. S. W. D. S. J., & Sari, Y. (n.d.). ANALISIS PENERAPAN ARSITEKTUR TROPIS PADA BANGUNAN KANTOR SEWA WISMA DHARMALA SAKTI JAKARTA. Buku Digital- Metodologi Penelitian bab 12. (n.d.).
- Liritantri, W., Handoyo, A. D., Bazukarno, K. P., & Arnita, L. K. (2021). Evaluasi Terhadap Penerapan Desain Aksesibilitas Untuk Disabilitas Fisik di Fakultas Industri Kreatif Universitas Telkom. ARSITEKTURA, 19(2), 263. <https://doi.org/10.20961/arst.v19i2.50841>
- Nuraviva Jurusan Ilmu Pemerintahan, L. (n.d.). AKSESIBILITAS PENYANDANG DISABILITAS TERHADAP FASILITAS PUBLIK DI KOTA SURAKARTA. PermenPUPR14-2017. (n.d.).
- Saliim, A. M., & Satwikasari, A. F. (n.d.). Kajian Konsep Desain Arsitektur Tropis Modern Pada Bangunan Rusunawa II Kota Madiun Alief Muzakkii Saliim, Anggana Fitri Satwikasari KAJIAN KONSEP DESAIN ARSITEKTUR TROPIS MODERN PADA BANGUNAN RUSUNAWA II KOTA MADIUN.
- Suraiya, D., Dewi, C., & Arief, A. A. (n.d.). Penerapan Arsitektur Tropis pada bangunan City Hotel Bintang Lima di Banda Aceh. UU Nomor 8 Tahun 2016. (n.d.).



Perencanaan ulang *overpass* Cabe Raya, Ciputat, Tangerang Selatan, berbasis BIM

Galang Huda Nugraha^{a*}, Onnyvia Whika Elfrida^a, Asri Nurdiana^a, Riza Susanti^a

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

ARTICLE INFO

Corresponding author:

Email:

galangnugraha285@gmail.com
onyviawhikaelfrida@gmail.com

Article history:

Received : 19 September 2023

Accepted : 28 March 2025

Publish : 29 March 2025

Keywords:

BIM, cabe raya, structure, TEKLA, overpass

ABSTRACT

BIM (Building Information Modeling) includes various important information in design. Modeling with BIM technology used in infrastructure planning is a form of technological development that presents digital physical and functional planning objects. The Cabe Raya overpass was built with the aim of reducing the congestion that occurs on the Pondok Cabe Raya road, South Tangerang. This planning aims to re-plan the construction of the Cabe Raya overpass based on BIM by modeling 4D using the Tekla Structures application. This re-planning will carry out analysis of data obtained from the project site review. The loading method refers to the Bridge and Highway Loading Standards (SNI 1725 2016). This planning goes through the main stages, namely, analysis of loading data then planning manual structural calculations, planning the cost budget design using Ms. Projects. It is planned that from the results of the preparation of the budget plan that will be needed is Rp. 8,930,872,000.00 and is planned to be completed in approximately 8 months.

Copyright © 2025 PILARS-UNDIP

1. Pendahuluan

Infrastruktur merupakan wujud fasilitas dasar yang dipergunakan untuk kepentingan umum, menurut Mankiw (2003) infrastruktur merupakan investasi pemerintah sebagai wujud modal *public* yang terdiri dari jalan, jembatan, sistem saluran, dan lainnya. Di Indonesia pembangunan dan perawatan infrastruktur semakin meningkat, infrastruktur dikelola oleh Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten/Kota maupun Provinsi. Berkaitan dengan semakin meningkatnya pembangunan infrastruktur, kementerian Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat (PUPR) mendorong untuk memanfaatkan teknologi digital yang berkembang di bidang jasa konstruksi. Menteri PUPR Basuki Hadimuljono mengatakan, Pemanfaatan teknologi harus memberikan nilai bagi pelaksanaan pembangunan infrastruktur, bukan sekedar ikut ikutan atau mengikuti tren sesaat. Industri hanya instrument, justru di belakangnya harus ada Sumber Daya Manusia (SDM) yang handal.

Building Information Modelling (BIM) merupakan bentuk perkembangan teknologi dalam bidang desain konstruksi, aplikasi BIM mencakup berbagai informasi penting dalam design. Pemodelan dengan teknologi BIM yang digunakan pada perencanaan infrastruktur merupakan bentuk perkembangan teknologi yang mempresentasikan digital dalam fisik maupun fungsional dari objek perencanaan. Tujuan dari penggunaan aplikasi BIM diantara lain untuk memprediksi biaya, jadwal, simulasi pekerjaan, visualisasi, dan lain sebagainya (bedrick, 2018). *Software* pada aplikasi BIM yang telah digunakan dalam industri infrastuktur diantaranya Autodesk, Revit, dan *Tekla Structures*. *Software Tekla Structures* merupakan aplikasi BIM untuk mendesain suatu bangunan yang berfungsi

mendukung secara 13 rinci fabrikasi struktur, analisis struktur, penjadwalan, dan analisis masing-masing elemen bangunan (Eastman, 2008).

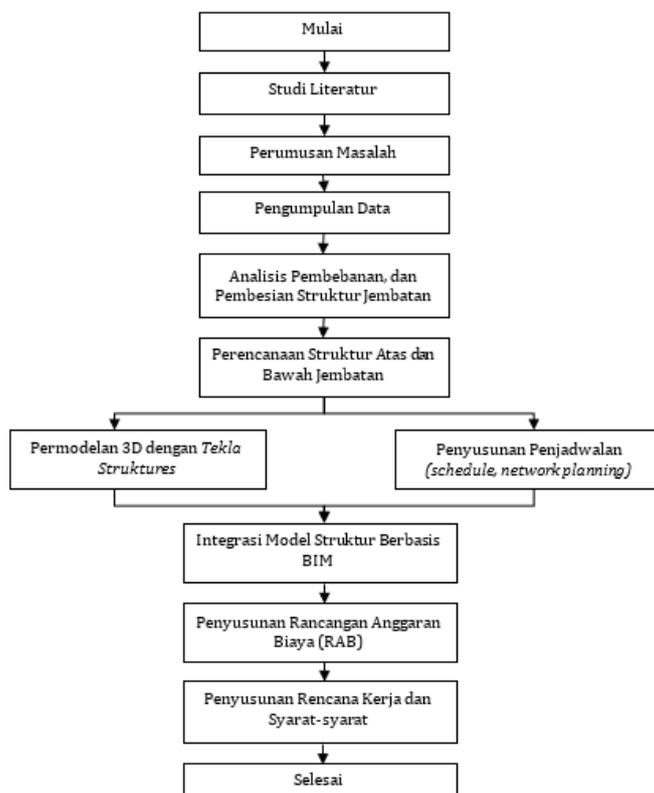
Tekla Structure merupakan bentuk perkembangan teknologi *software* pemodelan 4D yang dapat memudahkan bagi penggunaanya mereview sekaligus menganalisis secara real dan detail untuk digunakan pada kontruksi infrastuktur. Menurut Mark Tung (2015) *Tekla Structures* adalah aplikasi *software* untuk memodelkan 3D dan mampu mendesain berbagai bentuk struktur fabrikasi dari beton, baja, dan jenis material lainnya, dari *Tekla Structure* didapatkan analisa dan hasil perhitungan gambar, laporan serta *output* lainnya. *Tekla Structure* sangat memudahkan dalam pengerjaan suatu desain dibandingkan dengan cara konvensional, terhitung lebih efisien dan cepat dalam segi waktu maupun tenaga (Budi, 2015).

Penerapan BIM 4D pada perencanaan ini, akan menggunakan *overpass* Cabe Raya sebagai studi kasus perencanaan. *Overpass* Cabe Raya berlokasi di Jl. Pondok Cabe Raya, Tangerang Selatan, dibangun untuk mengurai kemacetan yang terjadi dari arus lintas Tangsel - Jakarta. *Overpass* Cabe Raya merupakan jenis *overpass* beton prategang, memiliki bentang rencana 45,8 m, lebar 8 m dan menggunakan pondasi *borpile*. Pada perencanaan ulang *overpass* Cabe Raya hal hal yang akan dilakukan meliputi perhitungan analisis struktur atas dan struktur bawah, pemodelan 4D menggunakan *software* BIM yaitu dengan aplikasi *Tekla Structure*, perhitungan volume beton serta Rancangan Anggaran Biaya (RAB) menggunakan *Ms. Project*. Maksud dari perencanaan ini adalah melakukan perencanaan ulang pada *Overpass* Cabe Raya dengan terintegrasi menggunakan metode BIM 4D berbasis *Tekla Structures* yang bertujuan merencanakan perhitungan pembebanan dan analisis struktur, memodelkan 4D menggunakan *Tekla Structures*.

2. Data dan metode

2.1. Metode perencanaan

Metode perencanaan ulang *overpass* Cabe Raya, Ciputat meliputi, pengumpulan data sondir, topografi, analisis struktur, pemodelan 4D, pembiayaan, dan penjadwalan menggunakan aplikasi *Tekla Structures*, dan penyusunan rencana kerja dan syarat syarat (RKS). Berikut kerangka diagram alir yang digunakann pada perencanaan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir perencanaan

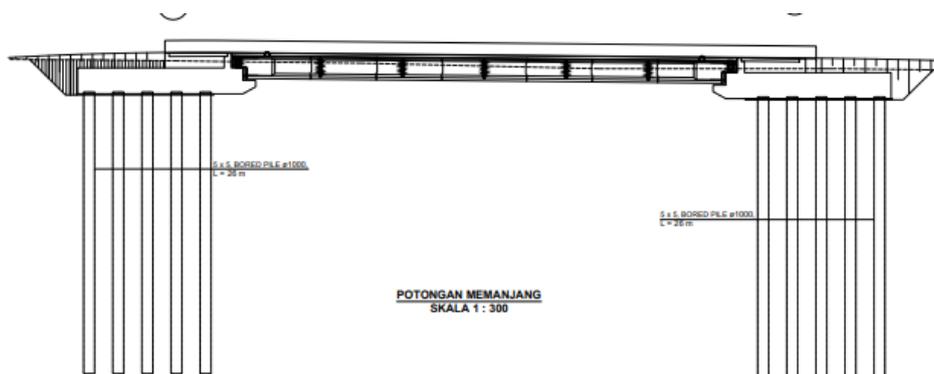
2.2. Perencanaan struktur *overpass* cabe raya

Pembeban yang terdapat pada perencanaan *overpass* cabe raya terdiri dari berat sendiri (M_s), beban mati tambahan (M_a), beban akibat tekanan tanah, beban lalu lintas, beban aksi lingkungan, beban gempa. Sedangkan komponen yang terdapat pada struktur atas *overpass* meliputi perhitungan parapet, perhitungan plat lantai, perhitungan diafragma, perhitungan plat deck, perhitungan *wingwall*, perhitungan gelagar prategang (PCI Girder), perhitungan *bearing pad*, perhitungan plat injak, perhitungan abutment, perhitungan pondasi, dan perhitungan *pilecap*.

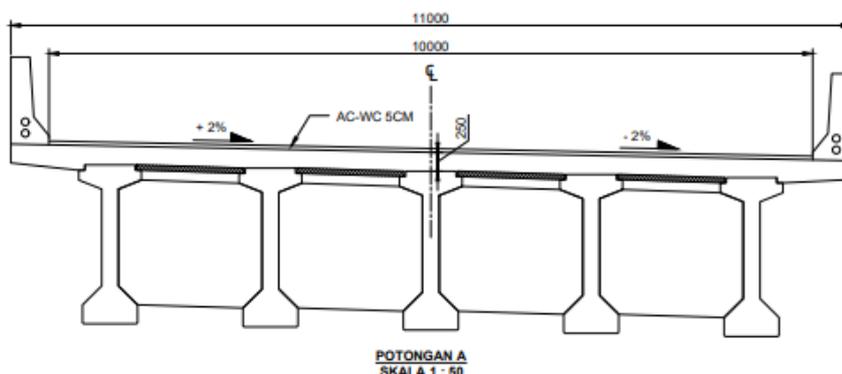
3. Hasil dan pembahasan

3.1. Spesifikasi *overpass*

Overpass Cabe Raya memiliki potongan melintang dan memanjang masing-masing seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2 dan Gambar 3.



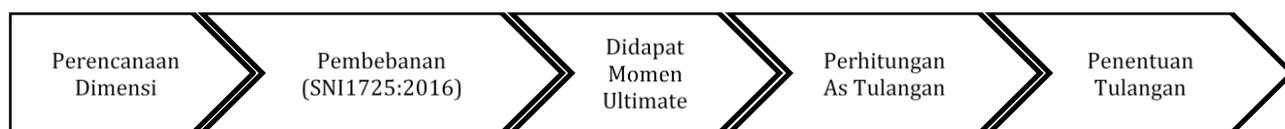
Gambar 2. Potongan memanjang



Gambar 3. Potongan melintang

3.2. Data teknis hasil perencanaan

Data teknis perencanaan *overpass* Cabe Raya ini memiliki bentang 45,8 meter dengan lebar *overpass* 11 meter. Secara umum untuk menentukan dimensi dan penulangan pada masing-masing komponen adalah seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.



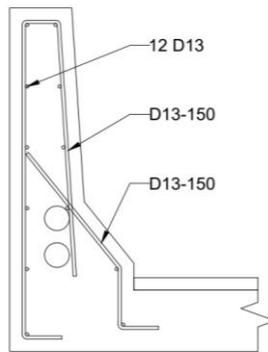
Gambar 4. Alur perhitungan perencanaan

3.3. Hasil analisis komponen struktur atas *overpass*

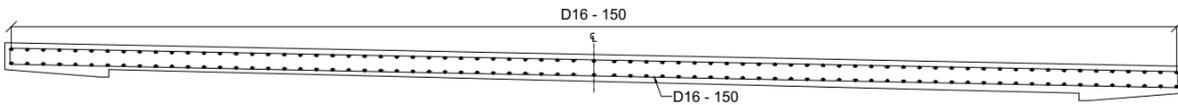
Hasil analisis dan perhitungan pada komponen struktur atas *overpass* disajikan pada Tabel 1 sedangkan gambar masing-masing penulangan ditunjukkan pada Gambar 5, Gambar 6, Gambar 7, dan Gambar 8.

Tabel 1. Hasil perhitungan dimensi dan penulangan komponen struktur atas

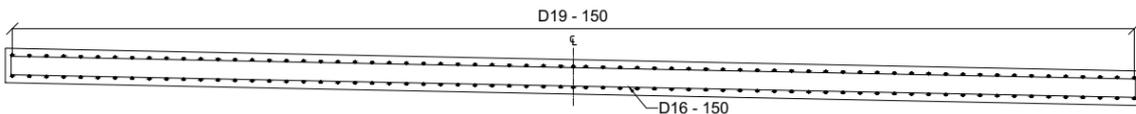
No	Nama Item	Dimensi (M)			Volume (m ³)	Mutu (Mpa)		Tulangan	
		Tinggi	Lebar	Panjang		Beton (Fc')	Baja (Fy')	Lentur	Bagi
1	Parapet	1,15	0,5	45,8	42,23	30	420	D23-150	12 D13
2	Plat lantai	0,25	8	45,8	23,1	25	420	D16-150	D16-150
3	Diafragma	1,65	0,2	2,1	19,12	30	420	D13-150	D13-150
4	Plat deck	0,25	8	45,8	127,07	30	-	-	-
6	Plat injak	0,3	5	11	31,76	25	420	D19-150	D13
7	Bearing pad	20	300	700	-	-	-	-	-



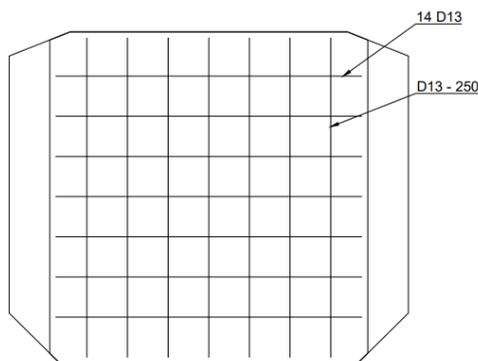
Gambar 5. Penulangan parapet



Gambar 6. Penulangan plat lantai



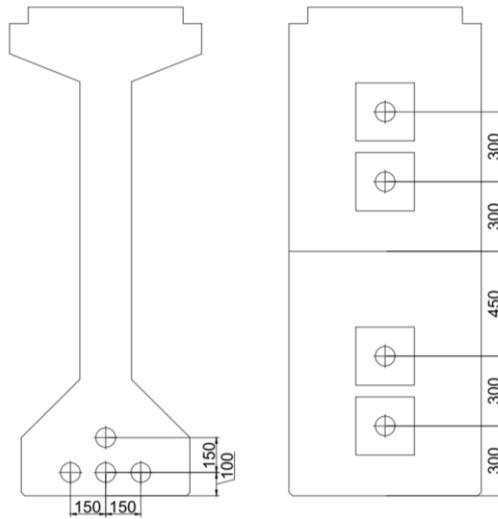
Gambar 7. Penulangan plat lantai



Gambar 8. Penulangan diafragma

3.3.1. Analisis PCI girder

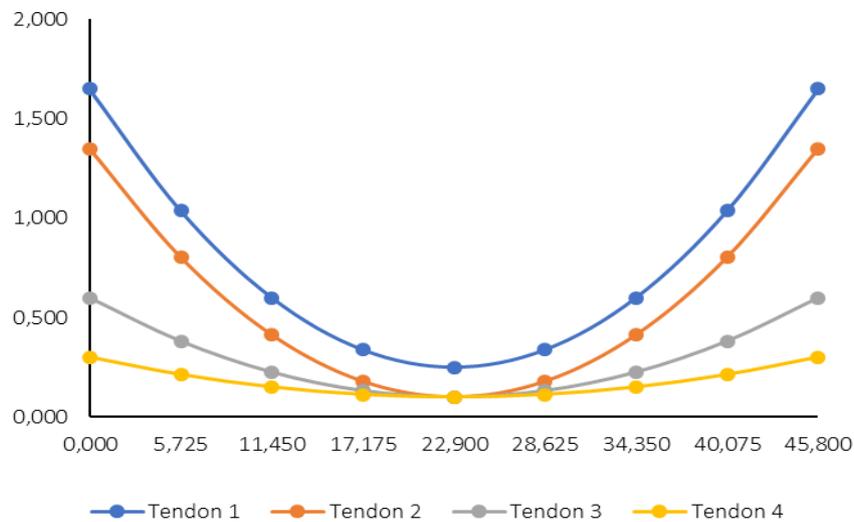
Perhitungan pembebanan dan analisis struktur didapatkan dimensi gelagar PC-I H 2,1. Adapun rekapitulasi perhitungan disajikan pada Tabel 2 dan *layout* gambar ditunjukkan pada Gambar 9 dan ilustrasi grafik tendon disajikan pada Gambar 10.



Gambar 9. *Layout* girder

Tabel 2. Rekapitulasi perhitungan *trace* dan letak tendon

Jarak X	Posisi kabel			
	Tendon 1	Tendon 2	Tendon 3	Tendon 4
0.000	1.650	1.350	0.600	0.300
5.725	1.038	0.803	0.381	0.213
11.450	0.600	0.413	0.225	0.150
17.175	0.338	0.178	0.131	0.113
22.900	0.250	0.100	0.100	0.100
28.625	0.338	0.178	0.131	0.113
34.350	0.600	0.413	0.225	0.150
40.075	1.038	0.803	0.381	0.213
45.800	1.650	1.350	0.600	0.300



Gambar 10. Grafik tendon

3.3.2. Analisis tegangan dan lendutan pada gelagar

Hasil analisis tegangan pada saat transfer dan konstruksi serta lendutan masing-masing disajikan pada Tabel 3 dan Tabel 4.

Tabel 3. Rekapitulasi tegangan pada saat transfer dan konstruksi

Kondisi	Lokasi	$\frac{P_{TRANSFER}}{A_g}$	$\frac{P_{TRANSFER} \times e_c}{S}$	$\frac{M_G}{S}$	F	Kontrol sizin	Keterangan
TRANSFER	Sisi atas gelagar	11.427	20.220	13.262	-4.469	≤ -34	OK
	Sisi bawah gelagar	11.427	18.813	12.339	17.901	≤ 2	OK
KONSTRUKSI	Sisi atas gelagar	11.427	20.220	25.247	16.454	≤ -42	OK
	Sisi bawah gelagar	11.427	18.813	23.490	-6.750	≤ 4	OK

Tabel 4. Analisis lendutan pada gelagar

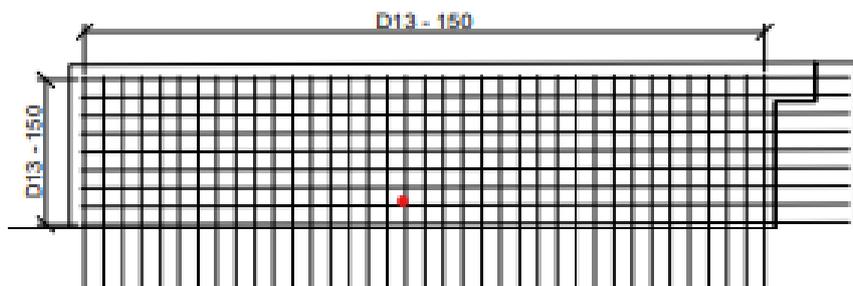
Jenis Beban	Momen	Lendutan pada batas kondisi		
	(kNm)	Kuat I	Layan II	Layan III
MS	9912.142	0.0267	0.0206	0.0206
MA	875.502	0.0036	0.0018	0.0018
TD	5750.362	0.0215	0.0155	0.0095
TB	86.454	0.0003	0.0002	0.0001
	Total	0.0522	0.0381	0.0321
Cek terhadap δ izin		OK	OK	OK

3.4. Hasil analisis komponen struktur bawah overpass

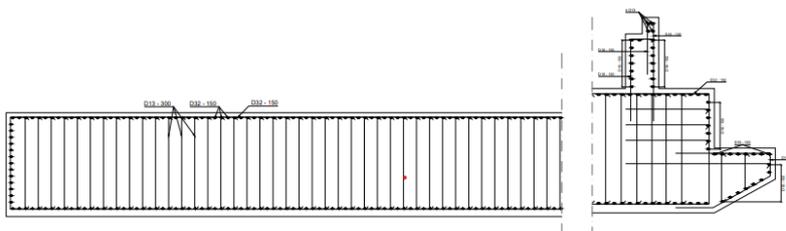
Hasil analisis dan perhitungan pada komponen struktur bawah overpass disajikan pada Tabel 1 sedangkan gambar masing-masing penulangan ditunjukkan pada Gambar 5, Gambar 6, Gambar 7, dan Gambar 8.

Tabel 5. Hasil perhitungan dimensi dan penulangan komponen struktur bawah

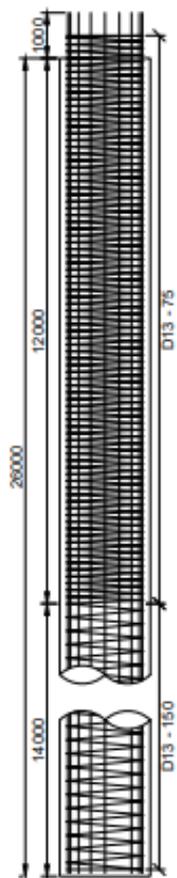
No	Nama item	Dimensi (M)			Volume (m ³)	Mutu (Mpa)		Tulangan	
		Tinggi	Lebar	Panjang		Beton (F _c)	Baja (F _y)	Lentur	Bagi
1	Wingwall	1,37	0,5	6,25	17,2	25	4290	D13-150	D13
2	Abutment	1,37	0,6	11	17,2	25	4290	D32-150	D19, D13
3	Pile cap	2,52	12	20,69	897,25	25	420	D32-150	D19, D13
4	Pondasi	26	1	-	1018,5	30	420	D25- 150	D13-150



Gambar 11. Wingwall



Gambar 12. Abutment dan pile cap



Gambar 13. Bore pile

3.5. Perhitungan RAB (Rencana Anggaran Biaya)

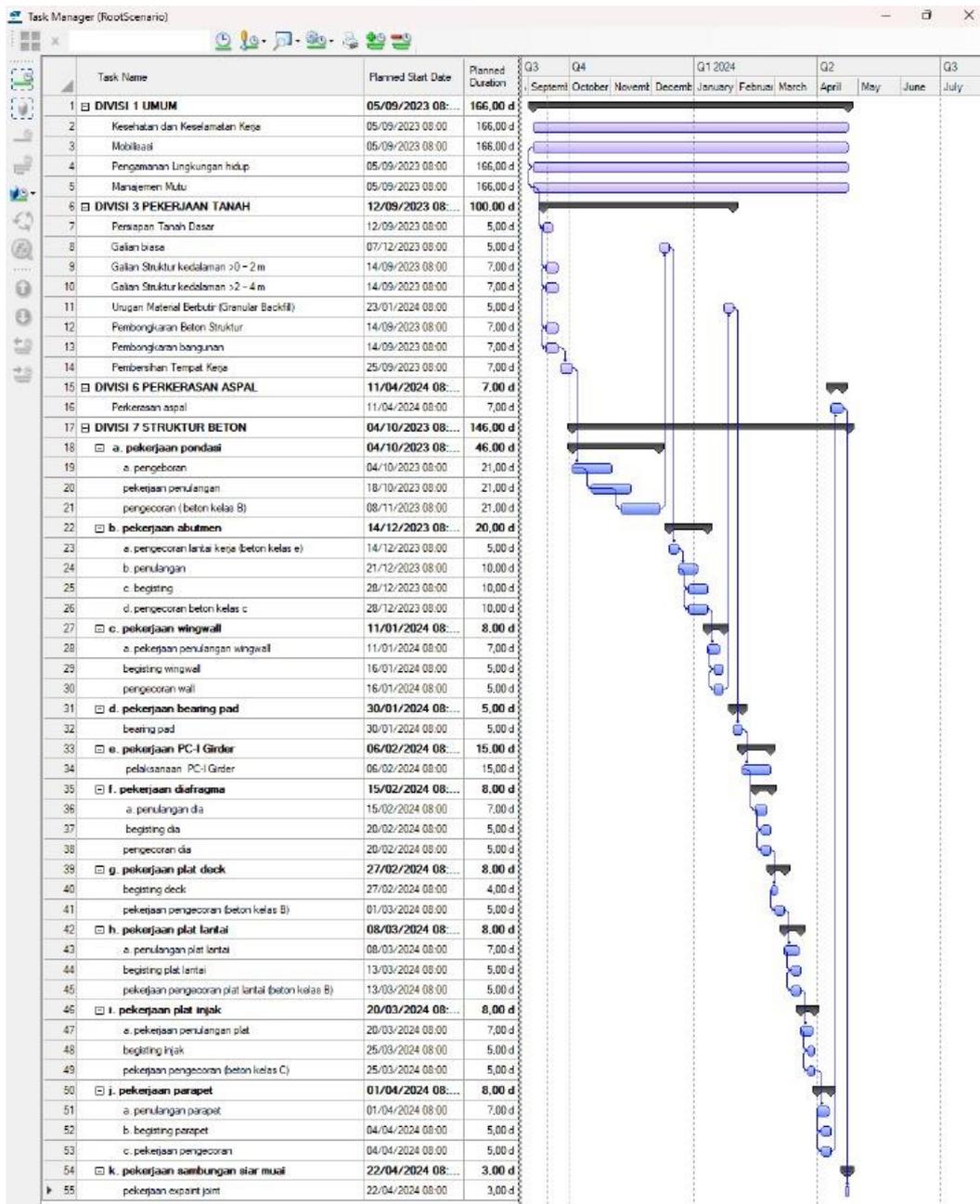
Perancangan RAB diperoleh dari hasil *quantity take off* yang didapat dari *Tekla structure* dan dikalikan dengan harga satuan yang telah dirancang berdasarkan AHSP. Analisis Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) diperoleh sesuai dengan wilayah proyek tersebut. Berikut adalah rekapitulasi dari perencanaan *overpass* Cabe Raya disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Rekapitulasi RAB

URAIAN PEKERJAAN	Total Harga
Divisi 1 umum	45.000.000,00
Divisi 3 pekerjaan tanah	70.867.515,79
Divisi 6 perkerasan aspal	3.572.620,59
Divisi 7 struktur beton	7.926.390.565,71
Jumlah	8.045.830.702,09
PPN 11%	885.041.337,23
Total	8.930.872.079,32
Dibulatkan	8.930.872.000,00

3.6. Penjadwalan menggunakan Tekla Structures

Penjadwalan dikelola menggunakan aplikasi *Tekla structure*, direncanakan dengan dalam durasi kurang lebih 8 bulan. Berikut adalah rencana penjadwalan menggunakan *Tekla Structures* ditunjukkan pada Gambar 14.

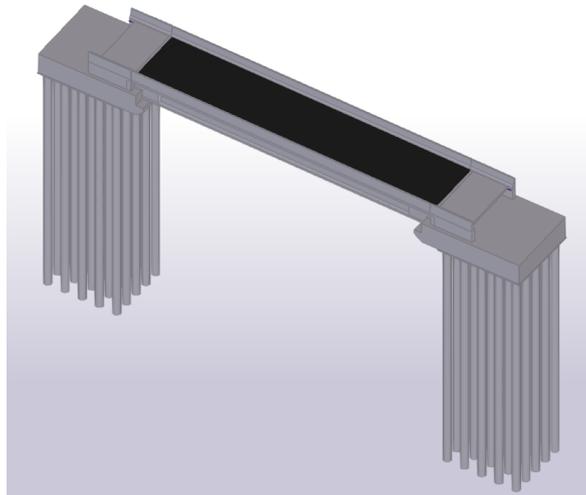


Gambar 14. Penjadwalan proyek dengan Tekla Structures

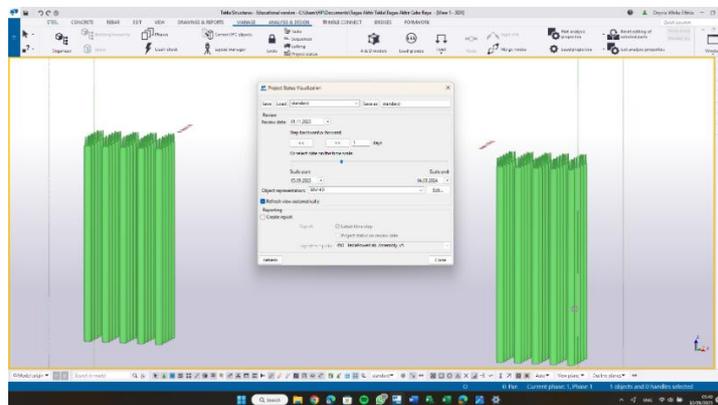
3.7. Pengintegrasian model struktur overpass dengan software berbasis BIM

Langkah selanjutnya setelah didapat hasil penjadwalan dari *Tekla Structures* adalah mengintegrasikan ke hasil pemodelan 4D yang telah di desain. Adapun hasil tersebut akan di simulasi visual sesuai dengan progress rencana pelaksanaan pekerjaan proyek *overpass* cabe raya. Adapun bentuk simulasi progress proyek dengan mengintegrasikan menggunakan *Tekla Structures*. Dari simulasi visual menunjukkan untuk pekerjaan *bore pile* yang berjumlah 50 buah dengan total volume beton 1018,5 m³, serta menggunakan tulangan D25 dan D13, terencana akan dikerjakan pada minggu ke 4 pelaksanaan proyek yaitu pada tanggal 4 oktober 2023 hingga 6 desember 2023 dan

menghabiskan anggaran biaya sebesar Rp1.867.225.919,78 yang ditunjukkan pada Gambar 15 dan Gambar 16.



Gambar 15. Visual 3D Cabe Raya



Gambar 16. Simulasi visual integrasi BIM 4D

4. Kesimpulan

Struktur yang direncanakan sudah aman dan diperhitungkan dengan perhitungan pembebanan serta analisis struktur secara perhitungan manual maupun SAP2000 dari hasil perhitungan rancangan anggaran biaya dari proyek overpass cabe raya, ciputat, Tangerang Selatan didapatkan anggaran total sebesar Rp8.930.872.000,00. Perencanaan penjadwalan proyek *overpass* Cabe Raya dengan menggunakan aplikasi *Tekla Structures* direncanakan akan dilaksanakan selama kurang lebih 8 bulan yaitu dari 5 september 2023 hingga 23 April 2024.

Ucapan terima kasih

Terima kasih kami sampaikan kepada pihak pihak dari PT. PP (Persero) Tbk pada proyek STS Martadinata yang telah memberikan dukungan hingga dapat menyelesaikan penulisan artikel ini.

Referensi

- Bedrick, J. (2008). Organizing the development of a building information model. The American Institute of Architects, 9.
- Putri, F. F. (2019). Evaluasi Anggaran Biaya Struktur dan Arsitektur Menggunakan Metode Building Information Modeling (BIM)(Studi Kasus: Gedung Integrated Laboratory For Science Policy And Communication IsDB Universitas Jember).

- Fadel, F. M. (2020). Aplikasi Building Information Modeling (BIM) Menggunakan Software Autodesk® Revit® Pada Pemodelan Jembatan Standar (Doctoral dissertation, Universitas Andalas).
- Dadang. "Tingkatkan Kualitas, Sipil ITS Pelajari Tekla" its.ac.id. 6 Oktober 2015. From <https://www.its.ac.id/news/2015/10/06/tingkatkan-kualitas-sipil-its-pelajari-tekla/>.
- Idris M. "Arti Infrastruktur: Pengertian, Jenis, Fungsi, Dan Contohnya" Kompas.com. 21 Maret 202. From <https://money.kompas.com/read/2021/03/21/094946626/arti-infrastruktur-pengertian-jenis-fungsi-dan-contohnya>.

© PILARS, 2025. All rights reserved

