



PENGARUH VARIASI PANJANG PIPA PVC + MORTAR RINGAN SEBAGAI AGREGAT KASAR RINGAN BUATAN UNTUK CAMPURAN BETON RINGAN

Ifkarnabil Maulana Akbar^{1*}, Erwin Sutandar², Elvira³
^{1,2,3} Program Studi Teknik Sipil, Universitas Tanjungpura
¹ifkarnabil@gmail.com

Abstract

This research is motivated by the geological conditions in West Kalimantan which are dominated by soft soils and peatlands with low carrying capacity, so an alternative solution is needed in the form of lighter building structures to reduce construction load. One solution is the use of lightweight concrete with the application of artificial light coarse aggregates. This study uses PVC pipe waste material filled with light mortar and foam agent as a substitution of 70% natural coarse aggregate. The purpose of this study was to analyze the effect of variations in the length of artificial aggregates, namely 1D (18 mm), 1.5D (27 mm), and 2D (36 mm) on the physical and mechanical properties of lightweight concrete. The test was carried out using a cylindrical test piece measuring 15 cm x 30 cm. The results of the physical test showed that all variations of the mixture met the weight requirements of light concrete volume in accordance with the standards of ACI 211.2-98 (maximum 1850 kg/m³) and SNI 03-2847-2000 (maximum 1900 kg/m³). Based on mechanical testing, the increase in the length of the artificial coarse aggregate resulted in a decrease in the performance of compressive strength, tensile strength, and modulus of elasticity of concrete. The highest compressive strength value was obtained in the 1D variation of 19.96 MPa, while the lowest value in the 2D variation was 13.69 MPa. The highest tensile strength value was also obtained in the 1D variation of 2.12 MPa and the lowest in the 2D variation of 1.82 MPa. In addition, the water absorption value increases as the aggregate length increases, where the 1D variation has the lowest absorption percentage of 3.65%, while the 1.5D variation is 6.12%, and the 2D variation is 6.24%. Based on the overall recapitulation of the test results, the 1D variation with a size of 18 mm was determined as the most optimal variation to use.

Keywords: Artificial coarse aggregate, Compressive strength, Foam agent, Lightweight concrete, Mechanical properties

Article History

Received: March 2026
Reviewed: March 2026
Published: March 2026

Plagiarism Checker No 235
Prefix DOI :
[10.8734/Kohesi.v1i2.365](https://doi.org/10.8734/Kohesi.v1i2.365)

Copyright : Author
Publish by : Kohesi



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)



Abstrak

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh kondisi geologi di Kalimantan Barat yang didominasi tanah lunak dan lahan gambut dengan daya dukung rendah, sehingga membutuhkan solusi alternatif berupa struktur bangunan yang lebih ringan untuk mengurangi beban konstruksi. Salah satu solusinya adalah penggunaan beton ringan dengan pengaplikasian agregat kasar ringan buatan. Penelitian ini menggunakan material limbah pipa PVC yang diisi dengan mortar ringan dan foam agent sebagai substitusi agregat kasar alami sebesar 70%. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh variasi panjang agregat buatan yaitu 1D (18 mm), 1.5D (27 mm), dan 2D (36 mm) terhadap sifat fisis dan mekanis beton ringan. Pengujian dilakukan menggunakan benda uji silinder berukuran 15 cm x 30 cm. Hasil pengujian fisis menunjukkan bahwa seluruh variasi campuran memenuhi persyaratan berat volume beton ringan sesuai dengan standar ACI 211.2-98 (maksimal 1850 kg/m³) dan SNI 03-2847-2000 (maksimal 1900 kg/m³). Berdasarkan pengujian mekanis, bertambahnya panjang agregat kasar buatan mengakibatkan penurunan pada kinerja kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas beton. Nilai kuat tekan tertinggi diperoleh pada variasi 1D sebesar 19.96 MPa, sedangkan nilai terendah pada variasi 2D sebesar 13.69 MPa. Nilai kuat tarik belah tertinggi juga didapatkan pada variasi 1D sebesar 2.12 MPa dan terendah pada variasi 2D sebesar 1.82 MPa. Selain itu, nilai absorpsi air meningkat seiring bertambahnya panjang agregat, di mana variasi 1D memiliki persentase absorpsi terendah yaitu 3.65%, sedangkan variasi 1.5D sebesar 6.12%, dan variasi 2D sebesar 6.24%. Berdasarkan rekapitulasi keseluruhan hasil pengujian, variasi 1D dengan ukuran 18 mm ditetapkan sebagai variasi yang paling optimal untuk digunakan.

Kata Kunci: Agregat kasar buatan, Beton ringan, *Foam agent*, Kuat tekan, Pipa PVC, Sifat mekanis beton ringan

1. PENDAHULUAN

Kondisi geologis di Indonesia, khususnya di Kalimantan Barat, didominasi oleh tanah lunak dan lahan gambut dengan daya dukung yang rendah sehingga membutuhkan Solusi alternatif berupa struktur bangunan yang lebih ringan untuk mengatasi beban konstruksi. Menurut Page, Rieley, dan Banks (2011), lahan gambut di Asia Tenggara mencapai 25 juta hektar atau setara dengan 56% dari lahan gambut tropis. Hal ini menyebabkan kondisi kerja yang sulit bagi alat berat maupun konstruksi. Untuk mengatasi masalah ini, diperlukan Solusi material alternatif untuk merancang struktur bangunan yang lebih ringan, salah satunya adalah penggunaan beton ringan. Menurut Sangal (2018) penggunaan beton ringan secara signifikan dapat mengurangi beban mati structural pada tanah yang bermasalah.

Beton ringan adalah jenis beton dengan kepadatan lebih rendah daripada beton konvensional sehingga mengurangi beban structural pada lahan gambut dengan daya dukung yang terbatas. Dalam pembuatan beton ringan, berbagai metode dan bahan aditif dapat digunakan untuk mengurangi berat volume beton, seperti dengan menambahkan gelembung udara ke dalam beton dan menggunakan bahan pengisi ringan dalam campuran beton. Dengan



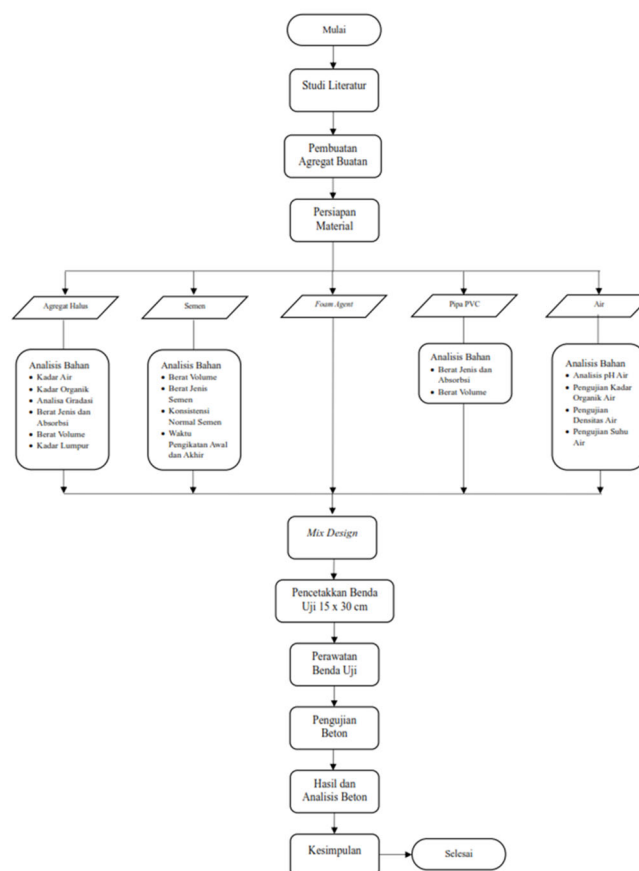
menambahkan elemen pengisi betony aitu “Pipa PVC” sebagai agregat pengganti agregat kasar, maka berat volume beton ringan dibandingkan dengan beton normal dapat ditekan hingga $\leq 1850 \text{ kg/m}^3$.

Penggunaan pipa PVC dengan mortar dan bahan pembusa (*foam agent*) sebagai pengganti agregat kasar dalam campuran beton jarang dilakukan karena pipa PVC umumnya digunakan dalam sistem sanitasi dan listrik. Pipa PVC terbuat dari plastic berongga dengan luas permukaan yang besar. Sifatnya yang ringan dan berongga menjadikannya bahan pengisi potensial dalam beton ringan. Bahan pengisi yang digunakan dalam pipa PVC adalah mortar ringan. Mortar itu sendiri menggunakan campuran pasir, semen, dan air dengan penambahan bahan pembusa untuk mencapai berat volume $\leq 1000 \text{ kg/m}^3$. Zat pembentuk busa ini dapat diidentifikasi sebagai senyawa kimia khusus yang ketika dicampur dengan mortar agregat akan menghasilkan gelembung udara. Proses ini menghasilkan distribusi yang lebih merata di dalam mortar agregat sehingga berkontribusi dalam pengurangan kepadatan keseluruhan material. Dengan demikian, penggunaan zat pembentuk busa membuka peluang untuk menghasilkan beton ringan dengan karakteristik unggul dalam berbagai aplikasi.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan merancang campuran beton ringan berdasarkan acuan ACI 211.2-98 untuk beton ringan dengan menggunakan agregat kasar buatan. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Bahan dan Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tanjungpura.

Gambar 1. Bagan Alir Penelitian



Dalam penelitian ini, sampel yang digunakan adalah silinder dengan dimensi 150 mm x 300 mm dan silinder 100 mm x 200 mm.



Tabel 1. Daftar Sampel Benda Uji

Benda Uji	Kuat Tekan dan Berat Volume					Absorpsi Hari Ke-	Modulus Elastisitas	Tarik Belah
	3	7	14	21	28			
1D	3	3	3	3	3	3	3	3
1.5D	3	3	3	3	3	3	3	3
2D	3	3	3	3	3	3	3	3

Pada penelitian ini material yang dianalisis untuk mendapatkan hasil rencana campuran beton ringan adalah semen, pasir, air, agregat kasar buatan, dan batu 1-1. Pengujian semen yang dilakukan pada penelitian ini di antaranya pengujian berat volume, waktu ikat, konsistensi normal, dan berat jenis. Pengujian air yang dilakukan pada penelitian ini di antaranya pengujian pH, kadar organik, suhu, dan densitas. Pengujian pasir di antaranya pengujian gradasi, berat isi, kadar lumpur, kadar air, berat jenis, dan absorpsi. Pengujian agregat kasar buatan yakni pengujian berat jenis, absorpsi, kadar air, dan berat volume. Untuk batu 1-1 yakni pengujian gradasi, berat isi, kadar air, berat jenis, absorpsi, dan abrasi.

Gambar 2. Pipa PVC + Mortar Ringan



Pada penelitian ini, benda uji akan dilakukan yang dibagi menjadi dua (2), yaitu sifat fisis yang di antaranya pengujian absorpsi dan berat volume, kemudian sifat mekanis yang di antaranya yaitu pengujian *slump*, kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis Material

Hasil pengujian bahan dan material dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Hasil Analisa Material

Pengujian	Hasil	satuan
Semen		
Berat Jenis	3.02	-
Berat Volume	1308.62	kg/m ³
Konsistensi Normal	26	%
Waktu ikat	100	menit
Batu		
Kadar Air	1.01	%



Berat Jenis	2.65	-
Absorpsi	0.40	%
Berat Volume	1430	kg/m ³
Abrasi	15.77	%
Fine Modulus		
Pasir		
Kadar Air	1.52	%
Berat Jenis Semu	2.62	-
Berat Volume	1774.20	kg/m ³
Kadar Lumpur	1.00	%
Fine Modulus	2.56	-
Air		
Densitas	0.96	gr/mL
Suhu	27.45	°C
Kadar Organik	110	ppm
pH	7.60	-
Agregat Buatan		
Kadar Air	5.26	%
Berat Volume	768.08	kg/m ³
Absorpsi	22.95	%
Berat Jenis	1.83	-

3.2 Proporsi Campuran

Penelitian ini menggunakan campuran beton ringan dengan rancangan dibuat menggunakan metode berat (*Weight Method*) berdasarkan acuan ACI 211.2-98. Agregat kasar ringan yang akan digunakan memiliki panjang yang berbanding dengan diameter pipa PVC sebesar 18 mm. Pada penelitian ini akan digunakan tiga (3) perbandingan panjang dengan diameter pipa yakni 1:1 (18 mm), 1:1,5 (27 mm), dan 1:2 (36 mm). Agregat buatan ini akan mensubstitusi agregat kasar alami sebesar 70% dari total berat volume agregat kasar berdasarkan komposisi campuran beton ringan per 1 m³ yang dapat dilihat pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Proporsi Campuran per m³

Material	Variasi			Satuan
	1D	1.5D	2D	
Semen		408.08		kg/m ³
Air		204.04		kg/m ³
Batu	287.99	368.64	538.73	kg/m ³
Pasir	666.58	485.10	345.00	kg/m ³
Agregat Buatan	360.06	460.89	538.73	kg/m ³

3.3 Pengujian Kuat Tekan Beton Ringan

Beton ringan biasanya mencapai kekuatan tekan desain maksimum pada 28 hari, penelitian ini mengevaluasi perkembangan kekuatan di lima interval pengawetan tertentu: 3, 7, 14, 21, dan 28 hari. Pengujian pada berbagai tahap ini memberikan analisis komprehensif tentang perkembangan kapasitas mekanis beton. Secara khusus, pendekatan multi-interval ini menentukan bagaimana komposisi material, yaitu panjang

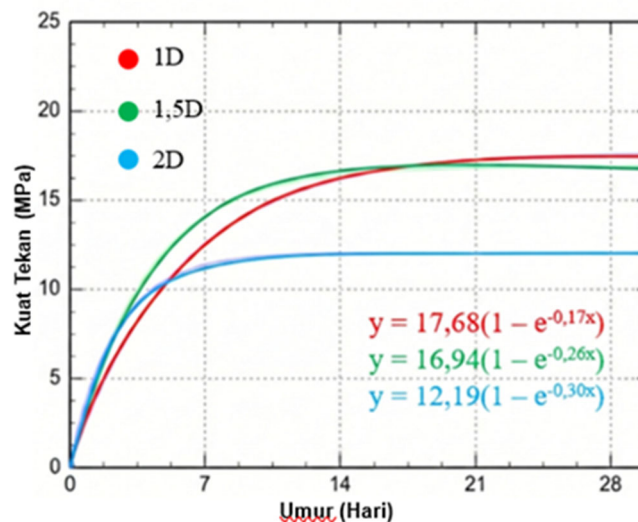


agregat buatan yang bervariasi mempengaruhi tingkat perolehan kekuatan. Maka dari itu, menganalisis interval ini dilakukan untuk memastikan beton ringan memenuhi persyaratan struktural yang ketat untuk aplikasi konstruksi praktis.

Tabel 4. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Variasi	Kuat Tekan (MPa) / Hari				
	3	7	14	21	28
1D	10.19	11.15	14.01	16.56	19.96
1.5D	9.34	14.01	15.61	16.57	17.83
2D	8.28	9.34	11.04	12.10	13.69

Gambar 3. Grafik Hubungan antara Umur dan Kuat Tekan Rata-rata



Berdasarkan data yang disajikan pada Tabel 4 dan diilustrasikan pada Gambar 3, dapat disimpulkan bahwa panjang agregat buatan mempengaruhi kekuatan tekan beton ringan. Data uji kekuatan tekan menunjukkan bahwa meningkatkan panjang agregat buatan mengurangi kekuatan tekan beton ringan. Kekuatan tekan tertinggi diamati pada variasi 1D pada usia 28 hari, mencapai 19.96 MPa, sedangkan kekuatan tekan terendah tercatat pada variasi 2D pada usia 28 hari, sebesar 13.38 MPa. Hasil uji kekuatan tekan menunjukkan penurunan dari variasi 1D menjadi variasi 2D. Menurut ACI-213R, spesimen variasi 1D diklasifikasikan sebagai beton ringan yang menggunakan agregat dengan kepadatan kering udara tidak lebih dari 116 lb/ft³ (1850 kg/m³) dan memiliki kekuatan tekan rata-rata 28 hari lebih besar dari atau sama dengan 2500 psi (17 MPa).

3.4 Rekapitulasi Pengujian Beton Ringan

Berikut merupakan hasil pengujian beton ringan menggunakan rancangan campuran beton ringan berdasarkan ACI 211.2-98 yang dilampirkan dalam Tabel 5 berikut ini.

Tabel 5. Rekapitulasi Hasil Pengujian Beton Ringan

Material	Variasi			Satuan
	1D	1.5D	2D	
Slump	78.00	75.50	70.00	mm
Berat Volume	1813.16	1776.01	1764.33	kg/m ³
Absorpsi	3.65	6.12	6.24	%
Kuat Tekan	19.96	17.83	13.69	MPa
Kuat Tarik Belah	2.12	2.01	1.82	MPa
Secant Modulus	14554.46	12967.67	11432.32	MPa



Chord Modulus	13844.44	12195.80	10552.74	MPa
Initial Tangent Modulus	16276.54	15927.14	15306.00	MPa
Tangent Modulus	15340.85	14672.35	14296.46	MPa

KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah evaluasi berat volume menunjukkan bahwa semua variasi campuran beton ringan memenuhi standar yang ditetapkan untuk beton ringan, khususnya sesuai dengan persyaratan ACI 211.2-98 (kepadatan maksimum 1850 kg/m³) dan standar SNI 03-2847-2000 (kepadatan maksimum 1900 kg/m³). Namun, nilai penyerapan air meningkat secara proporsional dengan panjang agregat kasar buatan. Peningkatan ini dikaitkan dengan karakteristik penyerap air yang melekat pada agregat buatan berbasis agen busa yang digunakan dalam pipa PVC. Kinerja mekanis beton ringan menunjukkan penurunan yang konsisten seiring dengan meningkatnya panjang agregat kasar buatan.

Kekuatan tekan maksimum tercatat pada variasi 1D (18 mm) pada 19.96 MPa, sedangkan terendah diamati pada variasi 2D (36 mm) pada 13.69 MPa. Demikian pula, kekuatan tarik terpisah menurun dari 2.12 MPa (variasi 1D) menjadi 1.82 MPa (variasi 2D). Selanjutnya, modulus elastisitas di semua metode perhitungan ditemukan tertinggi dalam variasi 1D dan terendah dalam variasi 2D. Berdasarkan penilaian komprehensif terhadap parameter fisis dan mekanis, variasi 1D (pipa PVC + mortar ringan dengan panjang 18 mm) ditentukan sebagai komposisi paling optimal untuk menghasilkan beton ringan struktural.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] ACI Committee 213R-14, "Guide for Structural Lightweight-Aggregate, ACI Manual of Concrete Practice", 2014.
- [2] ACI Committee 211.2-98, "Standart Practice for Selecting Proportions for Structural Lightweight Concrete", 1998.
- [3] ACI Commitee 211.1-91 (R2009), "Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete", 2009.
- [4] ACI Commitee 318-19, "Building Code Requirements for Structural Concrete", 2019.
- [5] American Standard Testing and Materials C29/C29M-23, "Standard Test Method for Bulk Density ("Unit Weight") and Voids in Aggregate", 2023.
- [6] American Standard Testing and Materials C117-95, "Standard Test Method for Materials Finer than 75-µm (No. 200) Sieve in Mineral Aggregates by Washing", 1995.
- [7] American Standard Testing and Materials C127-84, "Standard Test Method for Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Coarse Aggregate", 1984.
- [8] American Standard Testing and Materials C131/C131M-20, "Standard Test Method for Resistance to Degradation of Small-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine", 2020.
- [9] American Standard Testing and Materials C330/C330M-23, "Standard Specification for Lightweight Aggregates for Structural Concrete", 2023.
- [10] American Standard Testing and Materials C566-19, "Standard Test Method for Total Evaporable Moisture Content of Aggregate by Drying", 2019.
- [11] American Standard Testing and Materials C187-23, "Standard Test Method for Amount of Water Required for Normal Consistency of Hydraulic Cement Paste", 2023.
- [12] American Standard Testing and Materials C1602/C1602M-24, "Standard Specification for Mixing Water Used in the Production of Hydraulic Cement Concrete", 2024.
- [13] British Standard 3148-80, "Methods of test for water for making concrete", 1980.
- [14] American Standard Testing and Materials C188-23, "Standard Test Method for Density of Hydraulic Cement", 2023.



- [15] American Standard Testing and Materials C469/C469M-20, "Standard Test Method for Static Modulus of Elasticity and Poisson's Ratio of Concrete in Compression", 2020.
- [16] American Standard Testing and Materials C567/C567M-24, "Standard Test Method for Determining Density of Structural Lightweight Concrete", 2024.
- [17] American Standard Testing and Materials C150/C150M-24, "Standard Specification for Portland Cement", 2024.
- [18] Sutandar, E., A. Supriyadi, G. Setya Budi, and Mashudi. 2021. "Manufacture of Lightweight Concrete Coarse Aggregate". *The International Journal of Engineering and Science (IJES)* 16-24. <https://doi.org/10.9790/1813-1007021624>
- [19] Tjokrodimulyo, K. 1996. *Teknologi Beton*. Nafiri: Yogyakarta
- [20] Iucolano, F.; Liguori, B.; Caputo, D.; Colangelo, F.; Cioffi, R. "Recycled plastic aggregate in mortars composition: Effect on physical and mechanical properties". *Mater. Des.* 2013, 52, 916-922.
- [21] Sangal G. S. "Study the effect of plastic waste on strength of concrete". *International Journal of Advance Research and Development* (2018)
- [22] Direktorat Jenderal Pengelolaan Sampah, Limbah dan B3. (2024). Bank Sampah- Komposisi Sampah. Diakses pada 20 Oktober 2024, dari <https://pslb3.menlhk.go.id/dashboard/bankSampah/komposisi>
- [23] Karimah, R., Rusdianto, Y., & Hamdany, D. Y. (2017). Pengaruh Penggunaan Foam Agent Terhadap Kuat Tekan dan Koefisien Permeabilitas Pada Beton (*Effect of Foam Agent Addition to Compressive Strenght and Permeability Coefficient of Concrete*). 50-55.
- [24] Abduel Majid K. Najjar, Emhemmad A. Basha, Mustafa B.K Milad, "Rigid Polyvinyl Chloride Waste for Partial Replacement of Natural Coarse Aggregate in Concrete Mixture", *International Journal of chemical and Environmental Engineering* (December 2013)., Vol. 4, No.6.
- [25] S.C Kou, G. Lee, C. S Poon, W. L. Lai, "Properties of Light Weight Aggregate Concrete Prepared with PVC granules derived from scraped PVC Pipes", *Waste Management* 29 (2009) 621-628.
- [26] P. Sambhaji, "Use of Waste Plastic in Concrete Mixture as Aggregate Replacement," *International Journal of Advanced Engineering Research and Science* (IJAERS), vol. 3(12), 2016.
- [27] Agarwal, L. K., Felix, P. S., & Agarwal, S. (2019). *Strength and behavior of concrete contains waste plastic (high density PVC) aggregates as partial replacement of coarse aggregates. International Journal of Engineering Research & Technology. (IJERT)*, 8, 1044-1049.
- [28] Mahmod, A. A. W., Mohd, S., Masirin, M. I. M., Tajudin, S. A. A., Bakar, I., Zainorabidin, A., ... & Hua, L. J. (2016). *Construction of buildings on peat: Case Studies and Lessons Learned*. In *MATEC Web of Conferences* (Vol. 47, p. 03013). EDP Sciences.