ANALISIS PENGARUH SUBSTITUSI AGREGAT HALUS MENGGUNAKAN LIMBAH BATA RINGAN TERHADAP KARAKTERISTIK BETON

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan

Memperoleh Gelar Sarjana

Disusun Oleh :

RIFALDO WAHYU SANTOSO

092022090065

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER

JAKARTA GLOBAL UNIVERSITY

2026

ANALISIS PENGARUH SUBSTITUSI AGREGAT HALUS MENGGUNAKAN LIMBAH BATA RINGAN TERHADAP KARAKTERISTIK BETON

Disusun Oleh :

Nama : Rifaldo Wahyu Santoso
NIM : 092022090065

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS GLOBAL JAKARTA
2026

Depok, 22 Juni 2026

Menyetujui

Pembimbing 1	Pembimbing 2
Lintang Dian Artanti,S.Tr.T.,M.Tr.T	Ir. Aulia Choiri Windari, S.Tr.T.,M.Sc.Eng
NIP. S092022070003	NIP. S092020080005

PENYATAAN ORISINALITAS

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya, tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik disuatu perguruan tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar Pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No.20 Tahun 2003, Pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Depok, 7 Agustus 2026

Mahasiswa



Rifaldo Wahyu Santoso

NIM.092022090065

HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING

Skripsi ini diajukan oleh	:	
Nama	:	Rifaldo Wahyu Santoso
NIM	:	092022090065
Program Studi	:	Teknik Sipil
Judul Skripsi	:	Analisis Pengaruh Substitusi Agregat Halus Menggunakan Limbah Bata Ringan Terhadap Karakteristik Beton

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Pembimbing dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Dan Ilmu Kompoter Universitas Global Jakarta.

DEWAN PEMBIMBING

Pembimbing 1 : Lintang Dian Artanti, S.Tr.T.,M.Tr.T ( )

Pembimbing 2 : Ir. Aulia Choiri Windari, S.Tr.T.,M.Sc.Eng ( )

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 22 Juni 2026

Mengetahui

Ketua Program Studi Teknik Sipil

Lintang Dian Artanti, S.Tr.T.,M.Tr.T

NIP. S092022070003

HALAMAN PENGESAHAN DEWAN PENGUJI

Skripsi ini diajukan oleh	:	
Nama	:	Rifaldo Wahyu Santoso
NIM	:	092022090065
Program Studi	:	Teknik Sipil
Judul Skripsi	:	Analisis Pengaruh Substitusi Agregat Halus Menggunakan Limbah Bata Ringan Terhadap Karakteristik Beton

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Dan Ilmu Komputer Universitas Global Jakarta.

DEWAN PENGUJI

Penguji 1 : Agastyasa Ghea Amarta, S.Tr.T.,M.Tr.T. ( )

Penguji 2 : Arief Subagyo, S.T.,M.T. ( )

Penguji 3 : Ribut Nawang Sari, S.T.,M.T. ( )

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 03 Agustus 2026

Mengetahui

Ketua Program Studi Teknik Sipil

Lintang Dian Artanti, S.Tr.T.,M.Tr.T

NIP. S092022070003

Form I2 – Lembar Monitoring Revisi Sidang Skripsi	Revisi ke: 1
	Tanggal revisi: 13 Agustus 2020

LEMBAR MONITORING REVISI SIDANG SKRIPSI

Nama Mahasiswa : RIFALDO WAHYU SANTOSO

NIM : 092022090065

Prodi : S1 - Teknik Sipil

Judul Skripsi : **Analisis Pengaruh Subsitusi Agregat Halus Menggunakan Limbah Bata Ringan Terhadap Karakteristik Beton**

Dosen Penguji I : Agastyasa Ghea Amarta, S.Tr.T., M.Tr.T.

No	Isi Komentar/ Saran	Revisi/jawaban penulis	Paraf Penguji /Tanggal Persetujuan
1.	Abstrak → 250 - 300 kata ✓ - meliputi latar belakang, metode, hasil & simpulan. ✓	Sudah di Perbaiki	
2.	Perbaiki diagram alir !	Sudah di Perbaiki	
3.	Tambah penjelasan pada data yg disajikan dengan lebih detail → Mix Design, dll.	Sudah di Perbaiki	
4.	Bab 2 → teori & standar / aturan 3 → teknis 4 → hasil & pembahasan. ✓	Sudah di Perbaiki	
5.	Konsistensi → istilah - typo - penulisan - dll - huruf kapital ✓	Sudah di Perbaiki	
6.	Perbaiki Simpulan : dipertingkat !	Sudah di Perbaiki	
7.	RAB 1 m^3 / ✓		

Depok, 3 Agustus 2026

Mengetahui,

Ketua Program Studi

(LINTANG DIAN ARYANTI)

NIP 109202207003

FM/JGU/L.064

JGU Jakarta Global University

Form I2 – Lembar Monitoring Revisi Sidang Skripsi	Revisi ke: 1
	Tanggal revisi: 13 Agustus 2020

LEMBAR MONITORING REVISI SKRIPSI

Nama Mahasiswa : RIFALDO WAHYU SANTOSO

NIM : 092022090065

Prodi : S1 - Teknik Sipil

Judul Skripsi : **Analisis Pengaruh Subsitusi Agregat Halus Menggunakan Limbah Bata Ringan Terhadap Karakteristik Beton**

Dosen Penguji II : Ribut Nawang Sari, S.T., M.T.

No	Isi Komentar/ Saran	Revisi/jawaban penulis	Paraf Penguji /Tanggal Persetujuan
1.	Lemba orisinalitas dittd dan bermaterai	Sudah di Perbaiki	31/7 '26
2.	Abstrak : Kesimpulan harus merupakan kesimpulan dari hasil penelitian, bukan kesimpulan hipotesis	Sudah di Perbaiki	31/7 '26
3	Kesimpulan (BABV) Disampaikan persentase perbedaan harga Beton normal dang Beton LBR. lebih ekonomis	Sudah di Perbaiki	31/7 '26
	atau tidak. (ok) S. ~~Tambah~~		
4.	Didapatkan nilai modulus kehalusan agregat halus dan agregat kasar. tambahkan perhitungan untuk mendapatkan modulus tsb dari hasil pengujiannya.	Sudah di Perbaiki	31/7 '26
5.	Perbaiki diagram alir	Sudah di Perbaiki	31/7 '26

6. Ada perhit menggunakan SPSS, namun tidak disampaikan di Rumusan / tujuan masalah.

Depok, 3 AGUSTUS 2026

Mengetahui,
Ketua Program Studi

(LINTANG DIAN ANTANG)
NIP. 509202207003

FM/JGU/L.064

JGU Jakarta Global University

Form I2 – Lembar Monitoring Revisi Sidang Skripsi	Revisi ke: 1
	Tanggal revisi: 13 Agustus 2020

LEMBAR MONITORING REVISI SKRIPSI

Nama Mahasiswa : RIFALDO WAHYU SANTOSO

NIM : 092022090065

Prodi : S1 - Teknik Sipil

Judul Skripsi : **Analisis Pengaruh Subsitusi Agregat Halus Menggunakan Limbah Bata Ringan Terhadap Karakteristik Beton**

Dosen Penguji III : Arief Subagyo, S.T., M.T.

No	Isi Komentar/ Saran	Revisi/jawaban penulis	Paraf Penguji /Tanggal Persetujuan
1.	Abstrak → perbaiki a hasil dari penelitian di sampaikan	Sudah di Perbaiki	1/08 26
2	- Pada tujuan penelitian tidak tertulis SPPS → masukan ✓	Sudah di Perbaiki	1/08 26
	- Diagram Alir → SPPS ✓	Sudah di Perbaiki	1/08 26
3.	Harga RAB produksi beton perlu di cantumkan Harga tenaga kerja ✓	Sudah di Perbaiki	1/08 26
4.	Pada kesimpulan → lebih dipersingkat u/ mempermudah membaca/menyimpulkan	Sudah di Perbaiki	1/08 26
	- Tidak perlu pengulangan kemasan masalah pada kesimpulan ✓		

Depok, 3 Agustus 2026

Mengetahui,

Ketua Program Studi

(LINTANG DIAN ARTANTI)

NIP. 509 2022 07 0003

Form B – Lembar Konsultasi Skripsi	Revisi ke: 3
	Tanggal revisi: 01 Oktober 2024

LEMBAR KONSULTASI SKRIPSI

Nama : Rifaldo Wahyu Santoso
NIM : 092022090065
Judul : Analisis Pengaruh Substitusi Agregat Halus Menggunakan Limbah Bata Ringan Terhadap Karakteristik Beton
Dosen Pembimbing I : Lintang Dian Artanti, S.Tr.T.,M.Tr.T

No.	Tanggal	Uraian Kegiatan yang Dilakukan	Paraf Dosen
1	11/06 '26	- Buat grafik untuk menunjukkan perbandingan perbedaan kekuatan tekan. - tambahkan analisa pengujian.	
2	19/06 '26	- Hasil-hasil pengujian semen (bata ringan) di paper kan). - Buat bab IV & V - Buat grafik ? hasil pengujian.	
3	25/06 '26	- koreksi kuat tekan beton	
4	29/06/2026	- Koreksi kuat tekan beton belum & kuat tarik belah - grafik diperbaiki & grafik	
5	29/06/2026	- judul tabel, judul gambar. - penambahan analisa hal 4 (kuat tarik belah) - bab 5! buat kesimpulan & saran.	
6	30/06/2026	ACC, daftar sidang akhir.	
7			
8			

* Minimal 4 kali pertemuan

Depok, 30 Juni 2026
Mengetahui,
Ketua Prodi Tekik Sipil.

Lintang Dian Artanti, S.Tr.T., M.Tr.T

Form B – Lembar Konsultasi Proposal	Revisi ke: 3 Tanggal revisi: 01 Oktober 2024

LEMBAR KONSULTASI SKRIPSI

Nama : Rifaldo Wahyu Santoso
NIM : 092022090065
Judul : Analisis Pengaruh Substitusi Agregat Halus Menggunakan Limbah Bata Ringan Terhadap Karakteristik Beton
Dosen Pembimbing II : Ir. Aulia Choiri Windari, S.Tr.T.,M.Sc.Eng

No.	Tanggal	Uraian Kegiatan yang Dilakukan	Paraf Dosen
1	7/'26/7	* BAB 4 analisis hasil SPSS * BAB 4 analisis ulang hasil uji tekan beton	uli
2	9/'26/7	* Analisis R^2, Sig, Kesimpulan uji ? * BAB V * analisis pemilihan variasi ???	uli
3	15/'26/7	* Pengaruh x thd y perlu analisis lebih detail	uli
4	20/'26/7	Jurnal publikasi Persiapan PPT	uli
5	21/'26/7	submit publikasi jurnal	uli
6	22/'26/7	PPT OK ! Jurnal JGU [redacted] submit	uli
7			
8			

* Minimal 6 kali pertemuan

Depok,
Mengetahui,
Ketua Prodi Teknik Sipil.

Lintang Dian Artanti S.Tr.T.,M.Tr.T

HALAMAN MOTTO

وَاِنْ تَعُدُّوْا نِعْمَةَ اللّٰهِ لَا تُحْصُوْهَاۗ اِنَّ اللّٰهَ لَغَفُوْرٌ رَّحِيْمٌ

“Dan jika kamu menghitung-hitung nikmat allah, niscaya kamu tidak akan dapat menetukan jumlahnya. Sesungguhnya allah benar-benar Maha pengampun lagi Maha Penyayang”

~(QS An-Nahl ayat 18)~

“Jika bukan karena senyuman kebahagiaan ibuku, mungkin aku sudah lama menyerah”

~(Penulis)~

“PUSH THE LIMIT”

~(Pakde Supriono)~

“Hidup bukan saling mendahului, bermimpilah sendiri-sendiri, tak ada yang tahu kapan kau mencapai tuju, dan percayalah bukan urusanmu tuk menjawab itu”

~(Baskara putra – Hindia)~

KATA PENGANTAR

Puji Syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Penulis menyadari bahwa selesainya skripsi ini tidak lepas dari bimbingan, dukungan dan doa dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan terimakasih kepada :

1. Orang tua saya (Ibu Suharni dan Bapak Agung) dan kakak perempuan saya Tercinta (Wihelmina Fitria Hariani), yang selalu mendoakan setiap langkah dan perjalanan saya dari awal kuliah sampai akhirnya menyelesaikan skripsi ini tanpa halangan suatu apapun.
2. Diri saya sendiri, terimakasih karena mampu bertahan bahkan dikondisi sesulit apapun untuk bisa tetap belajar dan selalu mengembangkan diri demi kehidupan yang lebih baik.
3. Semua Pakde – budhe saya, Terkhusus (Bapak Supriono dan Ibu Ila Yunilawati) se keluarga, kalian orang terbaik dan paling dermawan yang saya temui sepanjang hidup saya, dan entah bagaimana cara saya membalas semua jasa kalian, sekali lagi terimakasih banyak, saya akan bekerja keras demi membalas apa yang kalian berikan kepada saya.
4. Ibu Lintang Dian Artanti, S.Tr.T.,M.Tr.T. Selaku Ketua Prodi Teknik Sipil Jakarta Global University serta sebagai Dosen pembimbing I yang telah banyak memberikan saran dan masukan kepada penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.
5. Ibu Ir. Aulia Choiri Windari, S.Tr.T.,M.Sc.Eng. Selaku Dosen pembimbing II serta Dosen pembimbing akademik yang sudah memberikan masukan dalam menyelasaikan skripsi ini.
6. Bapak/Ibu Dosen Penguji yang sudah memberikan koreksi,saran dan masukan dalam menyelesaikan skripsi ini
7. Labotarorium Sipil Burangkeng,terimakasih banyak karena telah membantu saya dalam penelitian ini.
8. Himpunan Mahasiswa Sipil (HMS), terimakasih banyak di organisasi ini saya banyak belajar, dan di organisasi ini pula memberikan banyak sekali cerita selama saya menjalani perkuliahan.

9. Saudara kembar saya Rifaldi Wahyu Santoso, teman sepanjang hidup saya, yang jauh dari kampung merantau ke kota demi kehidupan yang lebih baik, kita usahakan S.T itu sodaraku.
10. Teman dan sahabat seperjuangan saya selama kuliah Sastra Irawan, “heyy bro sukses terus ya, jangan lupa kalo nikah gua di undang ya”
11. Teman-teman seperjuangan, 9 orang hebat (elevenginers), (feby,esti,vinny,berthari,rizci,elsa,denisa,sastra) yang punya visi buat lulus dan wisuda bareng.

PERNYATAAN PUBLIKASI

Sebagai sivitas akademika Universitas Global Jakarta, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Rifaldo Wahyu Santoso

NIM : 092022090065

Program Studi : Teknik Sipil

Jenis Karya Ilmiah : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Global Jakarta **Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif** (*None-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

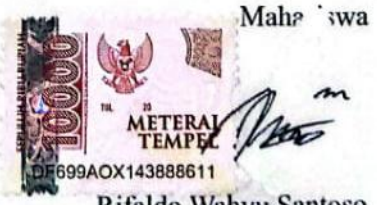
"ANALISIS PENGARUH SUBSTITUSI AGREGAT HALUS MENGGUNAKAN LIMBAH BATA RINGAN TERHADAP KARAKTERISTIK BETON"

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas *Royalti/Non-eksklusif* ini Universitas Global Jakarta berhak menyimpan, mengalih-media/format, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Depok, 7 Agustus 2026

Mahasiswa



Rifaldo Wahyu Santoso

NIM.092022090065

ABSTRAK

Limbah bata ringan (LBR) dari sisa pemasangan pada proyek konstruksi umumnya menumpuk menjadi sampah lingkungan, sulit terurai, dan bernilai ekonomis rendah. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh substitusi agregat halus dengan LBR pada variasi 0%, 12%, 18%, dan 24%, dengan penambahan silica fume 8% konstan pada seluruh variasi, terhadap karakteristik beton. Metode yang digunakan adalah eksperimental laboratorium dengan benda uji silinder 15×30 cm mengacu pada SNI 03-7656-2012. Parameter yang diuji meliputi nilai slump, berat volume beton keras, kuat tekan, dan kuat tarik belah pada umur 7, 14, dan 28 hari, dianalisis menggunakan regresi linear sederhana melalui SPSS, serta dibandingkan dari segi biaya produksi berdasarkan AHSP Kota Bekasi Tahun 2026. Hasil penelitian menunjukan bahwa nilai slump meningkat dari 12 cm pada beton kontrol menjadi 13 cm pada substitusi LBR 12%, kemudian menurun menjadi 12 cm pada LBR 18% dan 10 cm pada LBR 24% dengan seluruh variasi memenuhi syarat slump yang ditetapkan. Berat volume beton keras menurun secara konsisten dari 2.307 Kg/m^3 pada beton kontrol menjadi 2.181 Kg/m^3 pada LBR 24%, namun masih tergolong beton normal. Kuat Tekan beton pada umur 28 hari menurun dari 25,21 Mpa pada beton kontrol menjadi 19,90 Mpa, 17,82 Mpa dan 14,14 Mpa berturut-turut pada LBR 12%, 18% dan 24% dengan koefisien determinasi R^2 = 0,992 (Signifikansi 0,004). Kuat tarik belah menurun dari 3,17 Mpa menjadi 2,49 Mpa, dengan R^2 = 0,974 (signifikasi 0,013). Variasi LBR 12% dengan silica fume 8% terbukti sebagai komposisi paling optimum, dengan penurunan kuat tekan yang paling minim serta penghematan biaya produksi sebesar 1,493% di bandingkan beton kontrol.

Kata Kunci: Limbah Bata Ringan, Beton, Karakteristik Beton

ABSTRACT

Lightweight brick waste (LBR) from leftover materials after installation in construction projects generally accumulates as environmental waste, is difficult to decompose, and has low economic value. This study aims to analyze the effect of substituting fine aggregate with LBR at levels of 0%, 12%, 18%, and 24% with a constant 8% addition of silica fume across all variations on the characteristics of concrete. The method used was a laboratory experiment with 15×30 cm cylindrical test specimens in accordance with SNI 03-7656-2012. The tested parameters included slump, unit weight of hardened concrete, compressive strength, and split tensile strength at 7, 14, and 28 days; these were analyzed using simple linear regression via SPSS and compared in terms of production costs based on the 2026 Bekasi City Fine Aggregate Price List. The research results show that the slump value increased from 12 cm in the control concrete to 13 cm with 12% LBR substitution, then decreased to 12 cm with 18% LBR and 10 cm with 24% LBR, with all variations meeting the specified slump requirements. The unit weight of hardened concrete decreased consistently from 2,307 kg/m³ in the control concrete to 2,181 kg/m³ at 24% LBR, but it still falls within the range of normal concrete. The compressive strength of the concrete at 28 days decreased from 25.21 MPa in the control concrete to 19.90 MPa, 17.82 MPa, and 14.14 MPa, respectively, for LBR 12%, 18%, and 24%, with a coefficient of determination R^2 = 0.992 (significance 0.004). Splitting tensile strength decreased from 3.17 MPa to 2.49 MPa, with R^2 = 0.974 (significance 0.013). The 12% LBR mixture with 8% silica fume proved to be the most optimal composition, exhibiting the smallest decrease in compressive strength and yielding a production cost savings of 1.493% compared to the control concrete

Keywords: *Lightweight brick waste, Concrete, Concrete characteristics*

DAFTAR ISI

PENYATAAN ORISINALITAS ..... **iii**

HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING ..... **iv**

HALAMAN PENGESAHAN DEWAN PENGUJI ..... **v**

LEMBAR MONITOR REVISI SIDANG SKRIPSI ..... **vi**

LEMBAR KONSULTASI SKRIPSI ..... **ix**

HALAMAN MOTTO ..... **xi**

KATA PENGANTAR ..... **xii**

PERNYATAAN PUBLIKASI ..... **xiv**

ABSTRAK ..... **xv**

ABSTRACT ..... **xvi**

DAFTAR ISI ..... **xvii**

DAFTAR TABEL ..... **xxi**

DAFTAR GAMBAR ..... **xxiv**

BAB I PENDAHULUAN **1**

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Rumusan Masalah 3

1.3 Tujuan Penelitian 3

1.4 Manfaat Penelitian 3

1.5 Batasan Masalah 4

1.6 Sistematika Penulisan 5

BAB II TINJAUAN PUSTAKA **7**

2.1 Pengertian Beton 7

2.2 Kelebihan dan kekurangan beton 9

2.3 Faktor Yang Menentukan Proporsi Campuran Beton 9

2.3.1 Workabilitas Beton 10
2.3.2 Susut beton 10
2.3.3 Rongga Udara 10
2.3.4 Tahan Lama (*Durabillity*) 10
2.3.5 Kedap Air 10
2.3.6 Kuat Tekan 11
2.3.7 Kuat Tarik Belah 11
2.3.8 Modulus Elastisitas 11
2.4 Materi Penyusun 11
2.4.1 Semen Portland 11
2.4.2 Agregat 14
2.4.3 Air 20
2.4.4 Limbah Bata Ringan 21
2.4.5 Silica Fume 22
2.5 Karakteristik Pada Beton 23
2.5.1 Workability 23
2.5.2 Berat Volume Beton Keras 24
2.5.3 Kuat Tarik Belah 25
2.5.4 Kuat Tekan 25
2.6 Penelitan Terdahulu 26
BAB III METODOLOGI PENELITIAN 32
3.1 Diagram Alir Penelitian 32
3.2 Metode Penelitian 33
3.3 Teknik Pengumpulan Data 33
3.4 Variabel Penelitian 35
3.5 Lokasi Penelitian 35

3.6 Rancangan Benda Uji 36
3.7 Alat dan Bahan Penelitian 36
3.7.1 Alat Penelitian 37
3.7.2 Bahan Penelitian 44
3.8 Pengujian Material 46
3.8.1 Agregat Kasar 46
3.8.2 Agregat halus 49
3.8.3 Limbah bata ringan 55
3.8.4 Semen 59
3.9 Tahapan Penelitian 63
3.9.1 Uji *Mix Design* 63
3.9.2 Pengujian Slump Test 74
3.9.3 Pembuatan benda uji beton 75
3.9.4 Perawatan *(Curing*) benda uji beton 75
3.9.5 Pengujian berat volume beton keras 75
3.9.6 Pengujian kuat tekan beton 76
3.9.7 Pengujian Kuat Tarik Belah 77
3.9.8 Analisis data hasil pengujian benda uji 78
3.9.9 Perbandingan Anggaran Biaya beton kontrol dengan beton variasi substitusi 81
3.9.10 Time Schedule 82
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 84
4.1 Hasil Penelitian 84
4.1.1 Pengujian Agregat Halus 84
4.1.2 Hasil Pengujian Agregat Kasar 90
4.1.3 Hasil Pengujian Limbah Bata Ringan (Substitusi Agregat Halus) 96

4.1.4 Hasil Pengujian Semen 103
4.2 Hasil Mix Design 107
4.3 Hasil Pengujian Slump 124
4.4 Berat Volume Beton Keras 125
4.5 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton 128
4.6 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah 144
4.7 Hasil Analisis SPSS 149
4.7.1 Kuat Tekan di umur 28 hari 149
4.7.2 Kuat Tarik belah di umur 28 hari 150
4.8 Hasil Perbandingan Analisa Biaya 151
4.8.1 Harga Material 151
4.8.2 Konfersi Harga Material Ke Harga Satuan Rp/Kg 152
4.8.3 RAB Pekerja Beton Kebutuhan 1m^3 153
4.8.4 RAB Pekerjaan Beton kebutuhan 12 silinder (volume 0,06994 m^3) . 157
PENUTUP 160
BAB V 160
5.1 Kesimpulan 160
5.2 Saran 162
DAFTAR PUSTAKA 163
LAMPIRAN 167

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Nilai berat isi pada agregat 16
Tabel 2. 2 Tabel batasan gradasi agregat kasar 16
Tabel 2. 3 Nilai berat isi pada agregat 18
Tabel 2. 4 Tabel batasan gradasi agregat halus 19
Tabel 2. 5 kandungan senyawa kimia penyusun bata ringan 21
Tabel 2. 6 Batas nilai slump SNI 2847-2019 24
Tabel 2. 7 Klasifikasi berat volume beton keras 25
Tabel 2. 8 Kategori Kuat Tekan Beton 26
Tabel 2. 9 Study Literatur 27
Tabel 3. 1 Jumlah sampel beton 36
Tabel 3. 2 Aktivitas proses pengerjaan 63
Tabel 3. 3 Nilai standar deviasi 64
Tabel 3. 4 Analisis kelayakan agregat berdasarkan 65
Tabel 3. 5 estimasi kekuatan tekan beton dalam satuan Mpa berdasarkan FAS dan agregat kasar 66
Tabel 3. 6 Nilai Slump 67
Tabel 3. 7 Kebutuhan air campur beton 67
Tabel 3. 8 Rasio Air – Semen 68
Tabel 3. 9 Rasio air - semen di 25 Mpa 68
Tabel 3. 10 Volume agrerat kasar persatuan volume beton SNI 7656:2012 71
Tabel 3. 11 Perkiraan berat beton segar 72
Tabel 3. 12 Mix Design 73
Tabel 3. 13 Time Schedule 82
Tabel 4. 1 hasil pengujian analisa saringan agregat halus 85
Tabel 4. 2 Hasil Pengujian berat Jenis agregat halus 87
Tabel 4. 3 Hasil pengujian kadar lumpur agregat halus 88
Tabel 4. 4 Hasil pengujian Berat Isi flowing agregat halus 89
Tabel 4. 5 hasil pengujian Berat isi rodding agregat halus 89

Tabel 4. 6 Hasil pengujian analisa saringan agregat kasar 91
Tabel 4. 7 Hasil Pengujian Berat jenis agregat kasar 93
Tabel 4. 8 Hasil pengujian keausan agregat kasar 94
Tabel 4. 9 Hasil Pengujian berat isi flowing agregat kasar 95
Tabel 4. 10 Hasil Pengujian berat isi Rodding agregat kasar 96
Tabel 4. 11 Hasil pengujian analisa saringan LBR 97
Tabel 4. 12 Hasil pengujian Berat jenis LBR 100
Tabel 4. 13 Hasil pengujian kadar lumpur LBR 101
Tabel 4. 14 Hasil pengujian berat isi flowing LBR 102
Tabel 4. 15 Hasil pengujian berat isi Rodding LBR 103
Tabel 4. 16 Hasil pengujian waktu ikat semen 105
Tabel 4. 17 Deviasi standar mix design 107
Tabel 4. 18 perkiraan kuat tekan (Mpa) dengan fas dan agregat kasar 108
Tabel 4. 19 menentukan faktor air semen maksimum 110
Tabel 4. 20 menentukan kadar air bebas 111
Tabel 4. 21 Mix Design Volume $1m^3$ 123
Tabel 4. 22 Hasil pengujian slump test 124
Tabel 4. 23 klasifikasi berat volume beton 125
Tabel 4. 24 Hasil berat volume beton 126
Tabel 4. 25 Hasil pengujian kuat tekan beton di umur 7 hari 130
Tabel 4. 26 penurunan pada variasi persentase beton LBR 131
Tabel 4. 27 Hasil pengujian kuat tekan beton di umur 14 hari 135
Tabel 4. 28 Penurunan pada variasi persentase LBR 136
Tabel 4. 29 Hasil pengujian kuat tekan beton di umur 28 hari 140
Tabel 4. 30 Penurunan pada variasi persentase LBR 141
Tabel 4. 31 Hasil pengujian kuat tarik belah di umur 28 hari 146
Tabel 4. 32 Penurunan pada variasi persentase LBR 147
Tabel 4. 33 Harga Material dalam volume $1m^3$ 152
Tabel 4. 34 Harga Tenaga pekerjaan beton $1m^3$ 152
Tabel 4. 35 Konfersi Harga Material (Rp/Kg) Ke Harga Satuan $1m^3$ 153
Tabel 4. 36 RAB pekerjaan beton kebutuhan $1m^3$ beton kontrol silica fume 8% 153

Tabel 4. 37 RAB pekerjaan beton kebutuhan 1m3 beton kontrol silica fume 8% + LBR 12%..... 154
Tabel 4. 38 RAB pekerjaan beton kebutuhan 1m3 beton kontrol silica fume 8% + LBR 18%..... 155
Tabel 4. 39 RAB pekerjaan beton kebutuhan 1m3 beton kontrol silica fume 8% + LBR 24%..... 156
Tabel 4.40 Biaya material beton dalam volume 12 silinder..... 157
Tabel 4. 41 Penurunan total biaya variasi LBR..... 158

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Beton segar 7
Gambar 2. 2 Benda uji beton silinder 8
Gambar 2. 3 Semen Portland 11
Gambar 2. 4 Agregat kasar 14
Gambar 2. 5 Agregat halus 17
Gambar 2. 6 Air 20
Gambar 3. 1 Diagram Alir penelitian 32
Gambar 3. 2 Lokasi Penelitian 35
Gambar 3. 3 Timbangan Benda Uji 37
Gambar 3. 4 Piknometer pengukur massa jenis 38
Gambar 3. 5 Gelas Ukur Material Cair 38
Gambar 3. 6 Ayakan pemisah material 39
Gambar 3. 7 Saringan pengujian 39
Gambar 3. 8 Mesin pengguncang saringan 40
Gambar 3. 9 Cetakan silinder beton 40
Gambar 3. 10 Oven pengujian 41
Gambar 3. 11 Ember 41
Gambar 3. 12 Mixer beton 42
Gambar 3. 13 Kerucut Abrams 43
Gambar 3. 14 Compression Testing Machine (CTM) 43
Gambar 3. 15 Mesin los angeles 44
Gambar 3. 16 Hubungan antara kekuatan tekan rata-rata dengan FAS 66
Gambar 3. 17 gravik persentase agregat untuk ukuran butir maksimum 69
Gambar 3. 18 Regregsi linear sederhana SPSS 79
Gambar 3. 19 Proses analisis regresi linear SPSS 79
Gambar 3. 20 Output analisis regregsi linear SPSS 80
Gambar 4. 1 Kurva Analisa saringan agregat halus 86
Gambar 4. 2 kurva analisa saringan agregat halus 92
Gambar 4. 3 Kurva analisa saringan LBR 99

Gambar 4. 4 Hasil pengujian berat jenis semen 104
Gambar 4. 5 Hasil Pengujian konsistensi normal 106
Gambar 4. 6 menentukan faktor air semen bebas 109
Gambar 4. 7 Menentukan persen agregat halus 112
Gambar 4. 8 menentukan berat isi beton.....113
Gambar 4. 9 Grafik slump test 124
Gambar 4. 10 Hasil berat volume beton..... 127
Gambar 4. 11 Grafik Hasil pengujian kuat tekan di umur 7 hari 132
Gambar 4. 12 Grafik Hasil pengujian kuat tekan di umur 14 hari..... 137
Gambar 4. 13 Hasil pengujian kuat tekan di umur 28 hari 142
Gambar 4. 14 Grafik rekapitulasi kuat tekan beton di umur 7,14 dan 28 hari.... 142
Gambar 4. 15 Grafik Hasil pengujian kuat tarik belah di umur 28 hari 148
Gambar 4. 16 Model summary Kuat tekan di umur 28 hari 149
Gambar 4. 17 Model Anova kuat tekan 150
Gambar 4. 18 Model summary kuat tarik belah..... 150
Gambar 4. 19 Model anova kuat tarik belah 151

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sektor konstruksi berperan krusial dalam mendorong pertumbuhan ekonomi global, pembangunan infrastruktur, dan penyediaan fasilitas umum. Hal ini memerlukan ketersediaan bahan bangunan berkualitas terjamin. Beton sebagai bahan yang paling banyak di gunakan di dunia setelah air, menjadi elemen kunci dalam pembangunan struktur. Dengan demikian pencapaian kuat tekan beton yang optimal dan konsisten merupakan persyaratan mutlak, idealnya semua komponen beton, termasuk agregat halus, harus memenuhi spesifikasi teknis yang di tetapkan Hal ini bertujuan untuk memastikan keamanan dan ketahanan struktur bangunan. Konsumsi beton yang sangat besar di seluruh dunia menuntut ekplorasi sumber daya alternatif yang tidak hanya efisien tetapi juga ramah lingkungan. (Rachman et al., 2025)

Kondisi di lapangan saat ini mengungkapkan dua masalah pokok yang saling terkait, yakni krisis keberlanjutan sumber daya alam dan persoalan penumpukan limbah konstruksi. Keterbatasan pasokan agregat halus alami yang di sebabkan oleh eksploitasi penambangan yang intensi, telah menimbulkan banyak dampak ekologis yang serius, seperti erosi tanah dan kerusakan ekosistem sungai salah satu ilustrasi nyata dari hal ini adalah aktivitas penambangan pasir di Gunung Merapi. Menurut (Lingkungan & Ainia, 2021). Ekploitasi pada pasir alam berdampak buruk pada penurunan sumber mata air hingga 50% yang menyebabkan sulitnya memenuhi kebutuhan air, dan berdampak pada kerusakan ekosistem sungai dan lingkungan karena penambangan pasir yang tidak berkelanjutan.

Di samping itu peningkatan aktivitas konstruksi turut menghasilkan jumlah limbah yang besar . Salah satunya limbah padat yang menumpuk adalah sisa potongan dan puing-puing bata ringan, yang kerap berakhir di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) dan memerlukan pengelolaan yang tidak efisien. Kebijakan global dan nasional kini secara tegas mendorong konsep ekonomi konstruksi untuk

mencari material substitusi yang inovatif, ramah lingkungan dan dapat mengeliminasi volume sampah (Wibowo Id et al., 2021)

Limbah bata ringan memiliki karakteristik yang unik, yaitu kepadatan curah yang lebih rendah serta porositas yang lebih tinggi jika dibandingkan agregat halus alami. Sifat ini memberikan keuntungan potensial dalam mengurangi beban mati struktur, namun pada saat yang sama, sifat porositasnya tinggi yang menimbulkan tantangan dalam mempertahankan kuat tekan tinggi yang di syaratkan pada struktur. Maka diperlukannya *Silica Fume* yaitu zat aditiv yang sangat halus dan mengandung SiO_2 dengan diameter 1/100 yang berfungsi menutup celah-celah diantara partikel semen, sehingga ukuran pori-pori mengecil dan volume pori secara keseluruhan berkuran, serta mengurangi kelemahan dari limbah bata ringan yang memiliki porositas dan daya serap yang tinggi (Nur fajrin, 2021). Berdasarkan masalah dan karakteristik yang telah diuraikan, timbul pemikiran untuk mengkaji sejauh mana limbah bata ringan dapat dimanfaatkan sebagai substitusi agregat halus dalam beton.

Menanggapi masalah tersebut, pada konstruksi berkelanjutan mendorong penelitian terhadap material limbah. Pemanfaatan material sisa, khususnya limbah bata ringan yang kini menjadi langkah strategis guna menciptakan pembangunan yang lebih bersahabat dengan lingkungan (ramah lingkungan) dan memenuhi standar ketat. Limbah bata ringan dapat menjadi solusi dalam campuran beton sebagai substitusi agregat halus, bukan hanya sebagai solusi pembuangan, tetapi juga mengurangi ketergantungan pada penambangan pasir alami.

Oleh karena itu, penelitan ini di harapkan dapat memberikan informasi penting mengenai pengaruh substitusi agregat halus menggunakan limbah bata ringan pada campuran beton. Informasi ini nanti dapat digunakan sebagai referensi yang efektif dan berguna. Penelitian ini tidak hanya bertujuan untuk membuat inovasi substitusi pada pembuatan beton, tetapi juga untuk mengurangi pemasalahan pada lingkungan dan eksploitasi pada pasir alam.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh persentase variasi substitusi agregat halus menggunakan limbah bata ringan terhadap karakteristik beton (Slump, berat volume beton keras, kuat tarik belah dan kuat tekan beton) serta hasil analisis statistik menggunakan SPSS?
2. Berapakah persentase substitusi agregat halus menggunakan limbah bata ringan yang memberikan nilai Kuat Tekan beton yang optimum?
3. Bagaimana perbandingan biaya produksi antara beton kontrol dengan beton variasi substitusi agregat halus?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui pengaruh variasi persentase substitusi agregat halus menggunakan limbah bata ringan terhadap karakteristik beton serta hasil analisis statistik menggunakan SPSS.
2. Menentukan persentase substitusi agregat halus menggunakan limbah bata ringan yang menghasilkan Kuat Tekan beton yang paling optimum.
3. Mengetahui perbandingan kelayakan ekonomi beton kontrol dan antar variasi dengan menghitung Rancangan Anggaran Biaya produksi beton.

1.4 Manfaat Penelitian

1. Memberikan solusi pada pengurangan limbah bata ringan yang volumenya besar di Kawasan perkotaan.
2. Menyediakan inovasi konstruksi pada bahan baku (agregat halus) yang ramah lingkungan, sehingga dapat mengurangi ketergantungan pada penambangan pasir alam.
3. Hasil pada persentase substitusi yang optimum dapat digunakan sebagai panduan awal bagi kontraktor dan supplier beton dalam memproduksi beton ringan structural dengan karakteristik beton dengan biaya yang lebih efisien.

1.5 Batasan Masalah

1. Beton yang digunakan di rencanakan memiliki kuat tekan (F'c = 25 MPa
2. Penelitian di lakukan di Laboratorium Sipil Burangkeng
3. Variasi *job mix design* dengan substitusi agregat halus menggunakan limbah bata ringan dengan persentase campuran 0% ,12% , 18% dan 24%. Dan penambahan bahan *aditiv* pada campuran beton yaitu *silica fume* dengan kebutuhan 8% dari berat semen.

Kode sampel	**Substitusi Limbah Bata Ringan (Agregat halus)**	**Bahan tambah (silica fume)**	**Deskripsi campuran**
BK (0%)	0% (Full Pasir)	8% dari berat semen	Beton Kontrol (sampel kontrol)
LBR	12%	8% dari berat semen	Substitusi 12% pasir dengan bata ringan
LBR	18%	8% dari berat semen	Substitusi 18% pasir dengan bata ringan
LBR	24%	8% dari berat semen	Substitusi 24% pasir dengan bata ringan

4. Karakteristik beton yang di tinjau yaitu nilai slump beton segar,berat volume beton keras, kuat tekan dilakukan pada umur 7, 14 dan 28 hari.
5. Sampel uji menggunakan cetakan berbentuk silinder yang memiliki diameter 15 cm dan tinggi 30 cm
6. Nilai slump beton Adalah 12 cm ± 2,5
7. Perawatan beton (curing) di lakukan dengan cara merendam benda uji selama 7,14 dan 28 hari.
8. Campuran beton rencana (*Mix design*) mengacu pada standar SNI 7656-2012.
9. Berikut adalah berbagai macam pengujian material agregat yang akan di lakukan :
   a. Pengujian (berat jenis dan penyerapan air) agregat halus menggunakan Standar SNI 1970:2016

b. Uji (berat jenis dan penyerapan air) pada agregat kasar berdasarkan standar SNI 1971:2016
c. Uji (analisis saringan) untuk agregat kasar dan agregat halus mengacu pada SNI 03-6817-2002
d. Uji (kadar air) agregat halus dan agregat kasar sesuai dengan standar SNI 1968:2016
e. Uji lolos butiran nomor 200 (kadar lumpur agregat halus) menggunakan standar SNI 1979:2016
f. Pengujian berat isi agregat halus dan agregat kasar menggunakan SNI 03- 4804 -1998
g. Pengujian keausan (los angeles) menggunakan standar SNI 2417:2008

10. Macam macam pengujian karakteristik pada beton sebagai berikut :
    a. Pengujian (nilai slump beton) menggunakan standar SNI 7654:2022
    b. Pengujian (berat volume beton keras) yang di tentukan berdasarkan standar SNI 1974:2011.
    c. Pengujian (kuat tekan beton) berdasarkan standar SNI 1974:2011
    d. Pengujian (kuat tarik belah) berdasarkan standar SNI 2491:2014
11. Perbandingan analisa biaya dihitung hanya berdasarkan kebutuhan material dan tenaga pekerjaan dari pembuatan beton kontrol dan beton substitusi limbah bata ringan per $1m^3$.

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan skripsi ini terdiri dari 5 bab dengan beberapa sub bab pembahasan pada setiap bab, untuk lebih mempermudah memahami skripsi ini maka dibuat sistematika penulisan.

1. Bab I Pendahuluan

   Bab ini membahas mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, sistematika penulisan.

2. Bab II Tinjauan Pusataka

   Bab ini membahas mengenai studi literatur, landasan teori beton, material penyusun beton, pengadukan (pencampuran) beton, dan kuat tekan.

3. Bab III Metode Penelitian

   Bab ini membasa mengenai pemaparan dari diagram alir yang sudah di buat mengenai studi literatur, pemilihan bahan, pengujian bahan, mix design, pengadukan campuran, pengujian slump, pembuatan dan perawatan benda uji, pengujian kuat tekan, analisis data, dan analisa perbandingan biaya.

4. Bab IV Hasil Pembahasan

   Bab ini membahas mengenai pengolahan data, pembahasan perencanaan dan analisisnya serta prosedur pengolahan data mulai dari cara pengumpulannya sampai dengan analisis dan perhitungannya hingga di dapat hasil yang ingin di capai.

5. Bab V Penutup

   Bab ini membahas mengenai Kesimpulan (jawaban langsung pada rumusan masalah), Saran (rekomendasi praktis dan penelitian lanjutan).

DAFTAR PUSTAKA

Agung, S. (2021). *Limbah Bata Ringan untuk Bahan Campuran Agregat Halus Terhadap*. *19*(1), 23–31.

Asbiartha, P., Alfa, A., & Sudeska, E. (2022). *DAN LOKAN SEBAGAI PENGGANTI SEBAGIAN SEMEN TERHADAP BERAT VOLUME , KUAT TEKAN DAN KUAT TARIK BELAH BETON*. *8*(1), 48–56.

Bohori, M., & Wiyono, S. (2024). *ANALISIS STRUKTUR PASCA BAKAR MENGGUNAKAN FLEX TAPE TERHADAP KUAT TEKAN BETON MUTU BETON FC ' 20 MPA ANALYSIS OF POST-FIRED STRUCTURE USING FLEX TAPE ON THE COMPRESSIVE STRENGTH OF CONCRETE QUALITY FC ' 20 MPA*. *01*, 37–48.

Daffa kautsar. (2024). *PEMANFAATAN LIMBAH SERBUK KAYU JATI SISA PENGGERGAJIAN MEBEL UNTUK MENINGKATKAN KUAT TEKAN DAN KUAT TARIK BETON DENGAN SUPERPLASTICIZER (UTILIZATION*.

Dewi, S. U., Studi, P., Sipil, T., Teknik, F., Metro, U. M., Ash, F., Tekan, K., Beton, B., Tarik, K., & Beton, B. (2021). *Analisa penambahan bottom ash terhadap kuat tekan dan kuat tarik belah beton*. *02*(02), 31–45.

Fc, M., Kuat, D. A. N., & Beton, T. (2021). *PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH KACA TERHADAP*.

Firjatullah, B. A. (2021). *KARAKTERISTIK BETON MUTU TINGGI DENGAN PENGGUNAAN PASIR BESI SEBAGAI PENGGANTI AGREGAT HALUS DENGAN PENAMBAHAN SILICA FUME DAN SUPERPLASTICIZER*.

Id, S., Rocco, M. V, Giuliani, M., Castelletti, A., & Colombo, E. (2021). *Advancing the representation of reservoir hydropower in energy systems modelling : The case of Zambesi River Basin*. 1–25. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0259876

Indah, P., Sari, L., Sila, A. A., Wibowo, R. A., Program, M., Teknik, S., Teknik, F., Papua, U. Y., Program, D., Teknik, S., Teknik, F., & Papua, U. Y. (n.d.). *CAMPURAN AGREGAT HALUS TERHADAP KUAT TEKAN PADA BETON K-250*. 379–387.

Kurniawan, K. D., Ridwan, A., P, Y. C. S., Teknik, F., & Kadiri, U. (2020). *TALEK*. *3*(1), 1–11.

Lilo, T., Sucipto, A., Utomo, J., Hatmoko, D., & Sumarni, S. (2024). *Kajian*

penerapan. 17–24.

Limbah, P., Ringan, B., Substitusi, S., Terhadap, H., & Beton, C. (2020). *Pengaruh Limbah Bata Ringan Sebagai Substitusi Agregat*. *4*(November 2022), 111–118.

Lingkungan, J. I., & Ainia, D. K. (2021). *Analisis Deep Ecology Arne Naess terhadap Aktivitas Analisis Deep Ecology Arne Naess terhadap Aktivitas Penambangan Pasir (Studi Kasus : Penambangan Pasir Merapi di Sekitar Sungai Gendol Cangkringan Sleman Yogyakarta)*. *November*. https://doi.org/10.14710/jil.19.1.98-106

Lukhvi. (2025). *Analisa penambahan limbah serbuk kaca dan superplasticizier terhadap kuat tekan beton*.

Lubis, A. S., Muis, Z. A., Anas, R., Rambe, A. P., & Sarah, C. A. (2024). *Pengaruh Penambahan Silica Fume terhadap Karakteristik Campuran Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC)*. *2018*.

Ma, N., Setioningsih, R., & Zulaicha, L. (2024). *Pengaruh Perbedaan Agregat Halus Pasir Merapi Dan Pecahan Bata Ringan terhadap Kuat Tekan Beton dengan Bahan Tambah Sikacim dan Damdex 1 % Dan 1 , 5 %*. *8*, 28–33.

Mara, J., & Buarlele, L. (2024). *Penggunaan Limbah Bata Ringan Sebagai Bahan Campuran Pembuatan Beton Normal*. *6*(1), 116–123.

Mochamad Solikin, A. A. (2023). *Pengaruh Penggunaan Silica fume Terhadap Sifat Mekanis Beton Mutu Tinggi High Volume Fly Ash (HVFA) Effect of Use Silica fume on Mechanical Properties of High Strength Concrete*. *7*(2), 151–159. https://doi.org/10.30595/jrst.v7i2.16582

Mohammad Ghozi. (2022). *Pengaruh Limbah Bata Ringan Sebagai Substitusi Agregat*. *4*(November 2022), 111–118.

Nugroho, G., Pujianto, A., & Kania, E. (2023). *Pengaruh Subtitusi Serbuk Karet Ban Bekas Sebagai Pengganti Agregat Halus terhadap Kuat Tekan Beton*. *3*(2), 1–6.

Nur fajrin. (2021). *Penggunaan limbah bata ringan sebagai pengganti agregat halus terhadap kuat tekan beton dengan bahan tambah silica fume*.

Pangouw, J. D., Pandaleke, R., & Mangare, J. B. (2013). *SUBSTITUSI PARSIAL SEMEN DALAM CAMPURAN BETON DITINJAU TERHADAP KUAT TARIK LENTUR DAN MODULUS ELASTISITAS*. *1*(2).

Paulus. (2020). *MUTU DAN BERAT VOLUME BETON MENGUNAKAN BAHAN AGREGAT KASAR DAUR ULANG BONGKARAN BANGUNAN*. 70–75.

Pramudi akbar. (2025). *Analisis Limbah Marmer sebagai Substitusi Pasir pada*

Campuran Beton ditinjau dari Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas Beton. *5*(7), 2663–2679.

Rachman, R. M., Artanto, B., Kristen, U., Toraja, I., & One, L. (2025). *Teknologi Bahan Bangunan* (Issue May).

Soliyansyah, I., & Kurniawati, E. K. (2017). *KARAKTERISTIK SUSUT BETON DENGAN ALWA MURNI*. *7*(2), 609–619.

Uu saepudin. (2022). *Analisis kuat tekan dan kuat lentur beton berserat polymeric sebagai material perkerasan kaku (rigid pavement)*. *09*(01), 88–95.

Valent. (2025). *Analisis kinerja beton berpori dengan bahan tambah vermikulit*.

Zaidayanti, A., Riyanto, S., & Suryadi, A. (2023). *SILICA FUME PADA CAMPURAN BETON TERHADAP KUAT TEKAN*. *4*, 253–258.

Zulkarnain, F., & Kamil, B. (2024). *Perbandingan Kuat Tekan Beton Menggunakan Pasir Sungai sebagai Agregat Halus Dengan Variasi Bahan Tambah Sica Fume Pada Perendaman Air Laut*. 1–10.

Soliyansyah, I., & Kurniawati, E. K. (2017). *KARAKTERISTIK SUSUT BETON DENGAN ALWA MURNI*. *7*(2), 609–619.

Studi, P., Sipil, T., Sarjana, P., Teknik, F., Dan, S., & Indonesia, U. I. (2022). *SUBSTITUSI PARSIAL SEMEN DAN PENAMBAHAN SIKACIM CONCRETE ADDITIVE DALAM CAMPURAN BETON NORMAL MUTU SEDANG (THE EFFECT OF LIGHT BRICK WASTE AS A PARTIAL SUBSTITUTION OF CEMENT AND ADDITION OF SIKACIM CONCRETE ADDITIVE IN NORMAL CONCRETE MIXING OF MEDIUM QUALITY) Rahmat Adi Setianto SIKACIM CONCRETE ADDITIVE DALAM CAMPURAN BETON NORMAL MUTU SEDANG (THE EFFECT OF LIGHT BRICK WASTE AS A PARTIAL SUBSTITUTION OF CEMENT AND ADDITION OF SIKACIM CONCRETE ADDITIVE IN NORMAL CONCRETE MIXING OF MEDIUM Rahmat Adi Setianto*.

Tekan, K., & Beton, P. (2021). *Limbah Bata Ringan untuk Bahan Campuran Agregat Halus Terhadap*. *19*(1), 23–31.

Uu saepudin. (2022). *Analisis kuat tekan dan kuat lentur beton berserat polymeric sebagai material perkerasan kaku (rigid pavement)*. *09*(01), 88–95.

Valent. (2025). *Analisis kinerja beton berpori dengan bahan tambah vermikulit*.

Zaidayanti, A., Riyanto, S., & Suryadi, A. (2023). *SILICA FUME PADA CAMPURAN BETON TERHADAP KUAT TEKAN*. *4*, 253–258.

Zulkarnain, F., & Kamil, B. (2024). *Perbandingan Kuat Tekan Beton*