

No. 36/SKRIPSI/S.Tr-TKG/2025

SKRIPSI

**PEMANFAATAN LIMBAH KARET BAN SEBAGAI
SUBSTITUSI AGREGAT HALUS TERHADAP PANEL
DENGAN LAPIS GRC**



**Disusun untuk melengkapi salah satu syarat kelulusan Program D-IV
Politeknik Negeri Jakarta**

Disusun Oleh :

Daffa Maulana Putra Masloman

NIM. 2101421052

Pembimbing Jurusan :

Lilis Tiyani, S.T., M.Eng.

NIP. 199504132020122025

**PROGRAM STUDI TEKNIK KONSTRUKSI GEDUNG
JURUSAN TEKNIK SIPIL
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA
2025**



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PERSETUJUAN

Skripsi berjudul:

**PEMANFAATAN LIMBAH KARET BAN SEBAGAI
SUBSTITUSI AGREGAT HALUS TERHADAP PANEL
DENGAN LAPIS GRC**

yang disusun oleh **Daffa Maulana Putra Masloman (2101421052)** telah disetujui
dosen pembimbing untuk dipertahankan dalam **Sidang Skripsi Tahap II**

Pembimbing

Lilis Tiyani, S.T., M.Eng.

NIP. 19950413202012202



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi berjudul :

**PEMANFAATAN LIMBAH KARET BAN SEBAGAI
SUBSTITUSI AGREGAT HALUS TERHADAP PANEL
DENGAN LAPIS GRC**

yang disusun oleh **Daffa Maulana Putra Masloman (2101421052)**

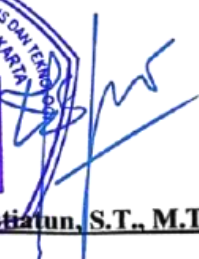
telah dipertahankan dalam **Sidang Skripsi 2** di depan Tim Penguji pada hari Kamis
tanggal 26 Juni 2025

	Nama Tim Penguji	Tanda Tangan
Ketua	Mitsaq Addina Nisa, S.T., M.Eng. NIP. 199412262022032010	
Anggota	Eka Sasmita Mulya, S.T., M.Si. NIP. 196610021990031001	
Anggota	Mudiono Kasmuri, S.T., M.Eng., Ph.D. NIP. 198012042020121001	

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Sipil

Politeknik Negeri Jakarta


Istiatun, S.T., M.T.
NIP. 19660518199010200



HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Daffa Maulana Putra Masloman

NIM : 2101421052

Program Studi : D-IV Teknik Konstruksi Gedung

Alamat Email : daffa.maulana.putra.masloman.ts21@mhsw.pnj.ac.id

Judul Naskah : Pemanfaatan Limbah Karet Ban Sebagai Substitusi Agregat Halus terhadap Panel dengan Lapis GRC

Dengan ini saya menyatakan bahwa seluruh dokumen dan penelitian yang saya sertakan dalam Skripsi Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta Tahun Akademik 2024/2025 adalah benar-benar hasil karya saya sendiri, bukan jiplakan karya orang lain dan belum pernah diikutkan dalam segala bentuk kegiatan akademis. Apabila dikemudian hari ternyata tulisan/naskah saya tidak sesuai dengan pernyataan ini, maka secara otomatis tulisan/naskah saya dianggap gugur dan bersedia menerima sanksi yang ada.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sebenar-benarnya tanpa ada paksaan dari pihak manapun, untuk dipergunakan dengan semestinya

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Depok, 13 Juni 2025

Yang Menyatakan

Daffa Maulana Putra Masloman

NIM 2101421052

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi D4-Teknik Konstruksi Gedung, Politeknik Negeri Jakarta.

Penulis sangat bersyukur bisa dikelilingi orang-orang baik dan hebat yang membantu penulis dalam menyelesaikan laporan ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Mama dan Ayah yang sangat saya cintai, terimakasih sudah selalu memotivasi saya untuk selalu maju dan selalu mendoakan saya disetiap langkah saya. Saya ucapkan terimakasih yang tidak terhingga untuk Mama dan Ayah yang mengiringi saya dengan sabar, selalu memberikan nasihat terbaik dan tidak pernah lelah untuk memberikan yang terbaik kepada saya dalam segala hal serta selalu menunggu saya pulang dengan selamat sampai rumah.
2. Kakak saya terimakasih selalu menghibur ditengah-tengah kesibukan ini.
3. Ibu Lilis Tiyani, S.T., M.Eng.selaku Dosen Pembimbing Skripsi.
4. Teman-teman D4 Teknik Konstruksi Gedung Angkatan 2021.

Penulis juga menyadari bahwa laporan ini masih banyak kekurangan dan jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan juga saran yang membangun untuk memperbaiki laporan ini. Penulis berharap laporan ini dapat bermanfaat bagi para pembaca.

Depok, 2025
Yang menyatakan

Daffa Maulana Putra Masloman



DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Penelitian Terdahulu	6
2.2 Keterbaruan Penelitian	8
2.3 Beton	8
2.4 Beton Ringan.....	9
2.5 Beton Pracetak	9
2.6 Dinding.....	10
2.7 Panel Dinding.....	11

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2.8	Bahan-Bahan Penyusun Panel Dinding Beton	11
2.8.1	Agregat Halus.....	11
2.8.2	Semen.....	13
2.8.3	Air	14
2.9	Limbah Karet (<i>Crumb Rubber</i>).....	15
2.10	<i>Glassfiber Reinforced Concrete</i> (GRC)	16
2.11	Pengujian Panel Dinding.....	17
2.11.1	Pengujian Kuat Tekan	17
2.11.2	Pengujian Kuat Lentur	18
2.11.3	Pengujian Ketahanan Kejut (<i>Impact</i>).....	18
2.11.4	Pola Keruntuhan.....	19
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		21
3.1	Waktu dan Lokasi Penelitian	21
3.2	Objek Penelitian	21
3.3	Perlengkapan K3	22
3.4	Peralatan Penelitian.....	23
3.3.1	Alat Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus	23
3.3.2	Alat Pengujian Bobot Isi Agregat Halus.....	24
3.3.3	Alat Pengujian Analisa Ayak Agregat Halus.....	24
3.3.4	Alat Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus	25
3.3.5	Alat Pengujian Kadar Air Agregat Halus.....	26
3.3.6	Alat Pengujian Berat Jenis Limbah Karet (<i>crumb rubber</i>)	27
3.3.7	Alat Pengujian Bobot Isi Limbah Karet (<i>crumb rubber</i>)	27
3.3.8	Alat Pengujian Kuat Tekan dan kuat Lentur.....	28
3.5	Bahan Penelitian.....	28
3.6	Rancangan Penelitian	29
3.7	Pengumpulan Data	29



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

3.8	Tahapan Penelitian	30
3.8.1	Persiapan Alat dan bahan	30
3.8.2	Pengujian Bahan.....	31
3.9	Pembuatan Panel Dinding	40
3.9.1	Pemodelan Panel Dinding	40
3.9.2	Perencanaan Panel Dinding (<i>Mix Desain</i>)	41
3.9.3	Prosedur Pembuatan Panel Dinding	42
3.9.4	Perawatan Beton (<i>Curing</i>).....	42
3.9.5	Pengujian Kuat Tekan Panel Dinding	43
3.9.6	Pengujian Kuat Lentur Panel Dinding	44
3.9.7	Pengujian Ketahanan Kejut (<i>impact</i>)	46
3.10	Diagram Alir	46
3.11	Analisis Data	48
3.12	Luaran	48
BAB IV DATA DAN PEMBAHASAN.....		49
4.1	Data dan Analisis Pengujian Bahan Penyusun Panel Dinding Beton	49
4.1.1	Data dan Analisis Pengujian Agregat Halus	49
4.1.2	Data dan Analisis Pengujian Limbah Karet (<i>crumb rubber</i>)	54
4.2	Data dan Analisis Pengujian <i>Trial dan Error</i>	55
4.2.1	Data dan Analisis Pengujian Konsistensi.....	56
4.2.2	Data dan Analisis Pengujian Kuat Tekan dan Bobot Isi	57
4.3	Data dan Analisis Pengujian Benda Uji Silinder	58
4.3.1	Data Hasil Bobot Isi dan Kuat Tekan	58
4.3.2	Data dan Analisis Pengujian Modulus Elastisitas	60
4.4	Data dan Analisis Pengujian Panel Dinding	62
4.4.1	Data dan Analisis Bobot Isi.....	63
4.4.2	Data dan Analisis Pengujian Kuat Tekan.....	64



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4.4.3	Data dan Analisis Pengujian Kuat Lentur.....	67
4.4.4	Data dan Analisis Pengujian Ketahanan Kejut (<i>Impact</i>).....	71

BAB V PENUTUP	73
----------------------------	-----------

5.1	Kesimpulan	73
5.2	Saran.....	73

DAFTAR PUSTAKA	75
-----------------------------	-----------





DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Pasir Bangka Putih.....	12
Gambar 2. 2 Semen Tiga Roda.....	14
Gambar 2. 3 Limbah Ban (<i>Crumb Rubber</i>).....	16
Gambar 2. 4 Ilustrasi Pengujian Kuat Tekan.....	18
Gambar 2. 5 Ilustrasi Pengujian Kuat Lentur.....	18
Gambar 2. 6 Ilustrasi Pengujian Ketahanan Kejut (<i>impact</i>).....	19
Gambar 3. 1 Tahapan Penelitian.....	30
Gambar 3. 2 Tahapan Persiapan Alat dan Bahan.....	31
Gambar 3. 3 Tahapan Pengujian Bahan.....	32
Gambar 3. 4 Pemodelan Benda Uji Panel Dinding.....	41
Gambar 3. 5 Ilustrasi Proses <i>Curing</i>	43
Gambar 3. 6 Diagram Alir Penelitian.....	47
Gambar 4. 1 Gradasi Agregat Halus.....	52
Gambar 4. 2 Benda Uji <i>Trial and Error</i>	55
Gambar 4. 3 Grafik Pengujian Konsistensi <i>Trial and Error</i>	56
Gambar 4. 4 Grafik Kuat Tekan dan Bobot Isi <i>Trial and Error</i> FAS 0,4.....	58
Gambar 4. 5 Grafik Bobot Isi Benda Uji Silinder.....	59
Gambar 4. 6 Grafik Pengujian Kuat Tekan Benda Uji Silinder.....	60
Gambar 4. 7 Grafik Pengujian Modulus Elastisitas 0% Benda Uji Silinder.....	62
Gambar 4. 8 Grafik Pengujian Modulus Elastisitas 35% Benda Uji Silinder.....	62
Gambar 4. 9 Grafik Kuat Tekan Panel Dinding tanpa Lapis GRC.....	65
Gambar 4. 10 Grafik Kuat Tekan Panel Dinding dengan Lapis GRC.....	65
Gambar 4. 11 Grafik Perbandingan Kuat Tekan Panel Dinding.....	65
Gambar 4. 12 Grafik Kuat Lentur Panel Dinding tanpa Lapis GRC.....	68
Gambar 4. 13 Grafik Kuat Lentur Panel Dinding dengan Lapis GRC.....	69
Gambar 4. 14 Grafik Perbandingan Kuat Lentur Panel Dinding.....	69

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Berat Jenis Beton.....	9
Tabel 2. 2 Gradasi Agregat Halus	13
Tabel 2. 3 Standar Kuat lentur GRC	17
Tabel 3. 1 Jadwal Waktu Penelitian	21
Tabel 3. 2 Spesifikasi Ukuran dan Jumlah Benda Uji.....	21
Tabel 3. 3 Peralatan K3	22
Tabel 3. 4 Peralatan Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air.....	23
Tabel 3. 5 Peralatan Uji Bobot Isi Agregat Halus	24
Tabel 3. 6 Peralatan Uji Analisa Ayak Agregat Halus	25
Tabel 3. 7 Peralatan Uji Kadar Lumpur Agregat Halus	26
Tabel 3. 8 Peralatan Kadar Air Agregat Halus.....	26
Tabel 3. 9 Peralatan Pengujian Berat Jenis Limbah Karet (<i>Crumb Rubber</i>)	27
Tabel 3. 10 Peralatan Bobot Isi Limbah Karet (<i>Crumb Rubber</i>)	28
Tabel 3. 11 Peralatan pengujian Kuat Tekan dan Kuat Lentur	28
Tabel 3. 12 Bahan-Bahan Penelitian	29
Tabel 4. 1 Data Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus.....	49
Tabel 4. 2 Hasil Data Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus	50
Tabel 4. 3 Data Pengujian Bobot Isi Agregat Halus	50
Tabel 4. 4 Hasil Data Pengujian Bobot Isi Agregat Halus	51
Tabel 4. 5 Data Pengujian Analisa Ayak Agregat Halus	51
Tabel 4. 6 Hasil Data Pengujian Analisa Ayak Agregat Halus	52
Tabel 4. 7 Data Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus.....	53
Tabel 4. 8 Hasil Data Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus	53
Tabel 4. 9 Data Pengujian Kadar Air Agregat Halus	53
Tabel 4. 10 Hasil Data Pengujian Kadar Air Agregat Halus.....	54
Tabel 4. 11 Data Pengujian Berat Jenis Limbah Karet (<i>crumb rubber</i>).....	54
Tabel 4. 12 Hasil Data Pengujian Berat Jenis Limbah Karet (<i>crumb rubber</i>)	54
Tabel 4. 13 Data Pengujian Bobot Isi Limbah Karet (<i>crumb rubber</i>)	55
Tabel 4. 14 Hasil Data Pengujian Bobot Isi Limbah Karet (<i>crumb rubber</i>)	55
Tabel 4. 15 Hasil Pengujian Konsistensi <i>Trial and Error</i>	56
Tabel 4. 16 Hasil Pengujian Kuat tekan dan Bobot Isi <i>Trial and Error</i>	57
Tabel 4. 17 Data Bobot Isi Benda Uji Sillinder.....	58

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Tabel 4. 18 Hasil Data Bobot Isi Benda Uji Silinde.....	59
Tabel 4. 19 Data Pengujian Modulus Elastisitas Benda Uji Silinder.....	60
Tabel 4. 20 Hasil Data Pengujian Modulus Elastisitas Benda Uji Silinder	61
Tabel 4. 21 Data Bobot Isi Panel Dinding.....	63
Tabel 4. 22 Hasil Data Bobot Isi Panel Dinding	63
Tabel 4. 23 Data Pengujian Kuat Tekan Panel Dinding.....	64
Tabel 4. 24 Hasil Data Pengujian Kuat Tekan Panel Dinding	64
Tabel 4. 25 Pola Retak Pengujian Kuat Tekan Panel Dinding.....	66
Tabel 4. 26 Data Pengujian Kuat Lentur Panel Dinding.....	68
Tabel 4. 27 Hasil Data Pengujian Kuat Lentur Panel Dinding.....	68
Tabel 4. 28 Pola Retak Pengujian Kuat Lentur Panel Dinding	69
Tabel 4. 29 Hasil Data Uji <i>Impact</i> Panel Dinding.....	71

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Formulir Pendaftaran Sidang	78
Lampiran 2	Perencanaan Campuran Beton (<i>Mix Desain</i>).....	91
Lampiran 3	Perhitungan Pengujian Bahan	95
Lampiran 4	Perhitungan Pengujian Panel Dinding	99
Lampiran 5	Dokumentasi Pengujian	102





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di era konstruksi modern, perkembangan material bangunan berperan penting dalam meningkatkan efisiensi, keberlanjutan, dan kinerja struktur. Salah satu material yang kini semakin banyak digunakan adalah panel dinding beton ringan, yang memiliki keunggulan dalam kemudahan pemasangan, efisiensi waktu, serta bobot yang lebih ringan dibandingkan dinding konvensional. Menurut Maharani et al. (2016) beton ringan memiliki berat jenis 800 kg/m^3 sampai 2000 kg/m^3 , sehingga lebih efisien untuk berbagai aplikasi konstruksi. Pada awalnya, panel dinding beton ringan lebih umum digunakan sebagai elemen non-struktural yang tidak berperan dalam menahan beban. Namun, seiring perkembangan teknologi dan meningkatnya kebutuhan akan material konstruksi yang ringan, praktis, dan efisien, penggunaannya mulai diarahkan sebagai dinding pemikul beban (*bearing wall*). Selain itu, berbagai inovasi terus dikembangkan untuk meningkatkan performa dan aspek keberlanjutannya, salah satunya dengan memanfaatkan limbah karet sebagai pengganti pasir dalam pembuatan panel dinding berlapis *Glassfiber Reinforced Concrete* (GRC).

Limbah karet merupakan salah satu jenis limbah industri yang jumlahnya terus meningkat setiap tahunnya. Jika tidak dikelola dengan baik, limbah ini berpotensi mencemari lingkungan dan menimbulkan dampak negatif bagi ekosistem. Oleh karena itu, pemanfaatan limbah karet dalam material konstruksi dapat menjadi solusi yang inovatif untuk mengurangi dampak lingkungan sekaligus meningkatkan nilai tambah dari limbah tersebut.

Penggunaan limbah karet dalam konstruksi bertujuan untuk mengurangi ketergantungan terhadap pasir alam serta mengatasi permasalahan meningkatnya volume limbah industri. Substitusi ini diharapkan dapat mempengaruhi karakteristik fisik dan mekanik dinding panel, terutama dalam aspek berat jenis, kekuatan tekan, serta daya lenturnya. Dengan demikian, inovasi ini tidak hanya berkontribusi pada keberlanjutan lingkungan, tetapi juga membuka peluang baru dalam pengembangan material ramah lingkungan yang efisien dan ekonomis.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa beton yang mengandung limbah karet memiliki bobot lebih ringan dibandingkan beton tanpa campuran limbah karet. Namun, beton jenis ini cenderung memiliki kekuatan lentur yang lebih rendah dibandingkan beton konvensional, sehingga perlu dipertimbangkan dalam penggunaannya pada struktur yang membutuhkan ketahanan tinggi terhadap beban lentur. Hal ini dapat mengurangi efektivitas dinding panel dalam menahan gaya yang bekerja tegak lurus terhadap permukaannya, sehingga perlu dipertimbangkan dalam perancangan struktur yang memerlukan ketahanan tinggi terhadap beban lentur. Untuk mengatasi kelemahan ini, diperlukan material tambahan yang dapat meningkatkan ketahanan serta kekuatan struktur panel. Salah satu alternatif yang dapat digunakan adalah penambahan penggunaan *Glassfiber Reinforced Concrete* (GRC), di mana serat kaca berperan dalam meningkatkan ketahanan tarik serta fleksibilitas material, sehingga dinding panel lebih optimal dalam menahan beban yang diterima (Tiyani et al., 2019).

Berdasarkan latar belakang tersebut maka penulis melakukan penelitian yang bertujuan untuk mengkaji sejauh mana pengaruh substitusi limbah karet terhadap berat isi dan kekuatan tekan, lentur dan *impact* dinding panel GRC. Selain itu, penelitian ini juga mengevaluasi efektivitas penggunaan GRC sebagai bahan perkuatan dalam meningkatkan performa mekanik dinding panel yang menggunakan limbah karet sebagai substitusi pasir. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan material ramah lingkungan serta menawarkan alternatif solusi bagi industri konstruksi yang lebih berkelanjutan.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan di atas, permasalahan yang akan diteliti dapat dirumuskan sebagai berikut.

1. Bagaimana hasil kuat tekan serta kuat lentur panel tanpa perkuatan dan dengan perkuatan lapis *Glassfiber Reinforced Concrete* (GRC) dalam penggunaan limbah karet ban sebagai substitusi sebagian agregat halus?
2. Bagaimana hasil kuat *impact* panel tanpa perkuatan dan dengan perkuatan lapis *Glassfiber Reinforced Concrete* (GRC) dalam penggunaan limbah karet ban sebagai substitusi sebagian agregat halus?
3. Bagaimana pola retak yang terjadi pada panel tanpa perkuatan dan dengan perkuatan lapis *Glassfiber Reinforced Concrete* (GRC)?

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

1.3 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini, diperlukan batasan masalah agar fokus penelitian tetap sesuai dengan topik yang dibahas. Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Jenis semen yang digunakan adalah semen *portland* 1 dengan merek Semen Tiga Roda.
2. Agregat halus yang digunakan berupa pasir Bangka putih.
3. Air yang digunakan bersumber dari Laboratorium Teknik Sipil PNJ.
4. Material karet yang digunakan merupakan limbah ban karet dengan berbagai merek dan jenis tanpa memperhitungkan pengujian analisa ayak.
5. Material karet yang digunakan dilakukan pengujian berupa berat jenis dan bobot isi.
6. Karet yang digunakan sebagai substitusi agregat halus sebanyak 35% dari total volume.
7. Dimensi panel dinding yang digunakan 600 x 300 x 50 mm dan dimensi yang digunakan hanya untuk sebatas kemudahan pengujian.
8. *Glassfiber Reinforced Concrete* (GRC) diaplikasikan pada kedua sisi panel dinding dengan ketebalan 40 mm.
9. Penelitian ini tidak menghitung RAB dan tidak memperhitungkan dari segi ekonomis.
10. Pengujian pada panel dinding meliputi uji kuat tekan vertikal, uji kuat lentur dan uji *impact*.
11. Standar mutu yang ditetapkan SNI 03-3122-1992 dalam pengujian ini mencakup batas minimum kuat tekan, di mana berada dalam kisaran 3,45 – 3,95 MPa.
12. Standar mutu yang ditetapkan SNI 03-3122-1992 dalam pengujian ini mencakup batas minimum kuat lentur, di mana berada dalam kisaran 1,37 – 1,72 MPa.
13. Standar mutu yang ditetapkan SNI 03-3122-1992 dalam pengujian ini benda uji tidak mengalami keretakan.

1.4 Tujuan Penelitian

Berikut merupakan tujuan penelitian berdasarkan rumusan masalah yang telah di paparkan di atas.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

1. Mengetahui hasil kuat tekan serta kuat lentur panel tanpa perkuatan dan dengan perkuatan lapis Glassfiber Reinforced Concrete (GRC) dalam penggunaan limbah karet ban sebagai substitusi sebagian agregat halus.
2. Mengetahui hasil kuat *impact* panel tanpa perkuatan dan dengan perkuatan lapis *Glassfiber Reinforced Concrete* (GRC) dalam penggunaan limbah karet ban sebagai substitusi sebagian agregat halus.
3. Mengetahui pola retak yang terjadi pada panel tanpa perkuatan dan dengan perkuatan lapis *Glassfiber Reinforced Concrete* (GRC).

1.5 Manfaat Penelitian

Setelah tujuan penelitian ini tercapai, terdapat beberapa manfaat yang diperoleh dari penelitian ini, yaitu sebagai berikut.

1. Memperluas pengetahuan dan referensi ilmiah mengenai penggunaan limbah karet dalam material konstruksi, khususnya sebagai substitusi agregat halus pada dinding panel lapis GRC.
2. Berkontribusi dalam pengembangan penelitian terkait inovasi material bangunan yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan.
3. Menyediakan alternatif material dinding panel yang berpotensi digunakan secara luas dalam konstruksi bangunan, baik untuk elemen struktural maupun non-struktural.

1.6 Sistematika Penulisan

Rancangan sistematika penulisan secara keseluruhan pada tugas akhir ini terdiri dari 5 (lima) bab, yaitu:

BAB I PENDAHULUAN

Bab 1 memuat pembahasan mengenai Latar Belakang, Perumusan Masalah, Batasan Masalah, Tujuan Penelitian, Manfaat Penelitian, serta Sistematika Penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab 2 berisikan landasan dan dasar dasar teori yang berhubungan dengan Penambahan karet Terhadap Campuran Beton untuk dinding panel.

BAB III METODOLOGI

Bab 3 menguraikan gambaran umum dan metode penelitian yang akan dibahas dan digunakan pada tugas akhir ini.

BAB IV DATA DAN PEMBAHASAN



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Bab 4 berisi tentang hasil analisis dari penelitian dan pengolahan data beserta pembahasan hasil pengujian yang didapat.

BAB V PENUTUP

Bab 5 memuat kesimpulan dan saran yang diperoleh dari penelitian tugas akhir



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan pada bab sebelumnya, penulis dapat menarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan uji coba *trial and error*, benda uji berukuran 5 x 5 x 5 cm dengan campuran karet 35% terbukti paling optimal dengan kuat tekan 29,38 MPa dan bobot isi 2035,47 kg/m³ yang masih tergolong beton ringan karena dibawah 2000 kg/m³ (Maharani et al., 2016).
2. Pada usia 28 hari, panel berukuran 60 x 30 x 5 cm dengan beton 35% karet dan lapisan GRC memiliki bobot isi rata-rata 1976,54 kg/m³, masih tergolong beton ringan karena dibawah 2000 kg/m³ (Maharani et al., 2016). Panel ini lebih ringan dibanding panel tanpa GRC yang berbobot 2003,70 kg/m³.
3. Pada usia 28 hari, panel dinding berukuran 60 x 30 x 5 cm dengan campuran beton 35% karet dan lapisan GRC mencatat kuat tekan vertikal di titik lebar benda uji rata-rata 16,14 MPa, jauh di atas standar SNI 03-3122-1992 (3,45 - 3,95 MPa) dan lebih tinggi dari panel tanpa GRC yang hanya mencapai 13,83 MPa.
4. Pada usia 28 hari, panel dinding berukuran 60 x 30 x 5 cm dengan beton 35% karet dan lapisan GRC mencatat kuat lentur rata-rata 5,07 MPa. Angka ini melebihi standar SNI 03-3122-1992 (1,37 - 1,72 MPa) dan lebih tinggi dari panel tanpa GRC yang hanya mencapai 3,82 MPa.
5. Pada usia 28 hari, panel dinding berukuran 60 x 30 x 5 cm dengan lapisan GRC tidak mengalami kerusakan, sesuai ketentuan SNI 03-3122-1992. Sebaliknya, panel tanpa GRC mengalami kerusakan, menunjukkan bahwa pelapisan GRC meningkatkan daya tahan secara signifikan.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini, penulis menyarankan agar penelitian selanjutnya dapat dikembangkan lebih lanjut dengan mempertimbangkan beberapa hal berikut:



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

1. Penelitian selanjutnya, disarankan untuk mengkaji penggunaan variasi kandungan karet di atas 35% serta mengaplikasikan panel perkuatan GRC yang disambung menggunakan baut.
2. Penelitian selanjutnya, disarankan untuk mengkaji penggunaan busa pada penerapan panel dinding beton ringan, serta perkuatan GRC yang disambung menggunakan baut.
3. Penelitian selanjutnya, disarankan untuk menggunakan limbah karet ban dari merek yang seragam untuk menjaga konsistensi karakteristik material yang digunakan.
4. Penelitian selanjutnya, disarankan untuk menghitung RAB dan memperhitungkan komposisi campuran dari segi ekonomis.
5. Penelitian selanjutnya, disarankan menggunakan dimensi panel dinding sesuai dengan SNI 03-3122-1992.





DAFTAR PUSTAKA

- Afni, N., & Indra. (2025). Indonesian Research Journal on Education Pengujian Kuat Tekan Beton Menggunakan Agregat Halus Danau Towuti dan Agregat Kasar Routa. In *Indonesian Research Journal on Education* (Vol. 5).
- Agung Indrawan, R., & Puspitasari, I. (2022). Studi Perbandingan Merek Semen (Tiga Roda, Dynamic, dan Merah Putih) sebagai Campuran Pembuatan Beton Normal terhadap Biaya dan Kuat Tekan Beton. In *Ira Puspitasari TEDC* (Vol. 16, Issue 2).
- Alfikri, N., Olivia, M., & Wibisono, G. (2022). Karakteristik Beton Crumb Rubber dan Abu Sekam Padi menggunakan Air Gambut sebagai Pencampur dan Perawatan Beton. *Jurnal Teknik*, 16(2), 144–152. <https://doi.org/10.31849/teknik.v16i2>
- Badenpowell, R., Sumajouw, M. D. J., & Windah, R. S. (2014). Analisa Portal dengan Dinding Tembok pada Rumah Tinggal Sederhana Akibat Gempa. *Jurnal Sipil Statik*, 2(6), 310–319.
- Basuki, Warsiyah, Dewi Triastianti, R., & Novianti. (2024). Kuat Lentur dan Daya Serat Air pada Genteng Beton dari Campuran Limbah Padat Ampas Tebu.
- Chasanah, U., Wisnumurti, & Wijatmiko, I. (2014). Pola Retak dan Lebar Retak Dinding Panel Jaring Kawat Baja Tiga Dimensi dengan Variasi Rasio Tinggi dan Lebar (H_w/L_w) terhadap Beban Lateral Statik.
- Fernandes, Y. G., Ishak, & Yusman, A. S. (2022). Analisis Substitusi Agregat Kasar Menggunakan Limbah Ban Bekas pada Campuran Beton terhadap Kuat Tekan Beton.
- Hendrawati, L. K., Ariada, R. M., & Oktavina R, D. (2024). Glass Reinforced Concrete (GRC). *Venus: Jurnal Publikasi Rumpun Ilmu Teknik*, 2(2), 209–218. <https://doi.org/10.61132/venus.v2i2.281>
- Hermawan, F., Sejati, W., Zaki, M., & Jefri Karista D, A. (2022). Estimasi Perbandingan Pekerjaan Dinding Panel GRC Dan Bata Ringan Untuk Partisi Ruangan. *Jalan Kyai Tapai*, 10(2). <https://doi.org/10.35583/js.v10i2.161>
- Jusuf, A. H., Christianto, D., Pranoto, W. A., Leman, S., & Tavo. (2024). Analisis Sambungan Mortise-Tenon Kolom Beton Pracetak dengan Pipa Baja Diisi Beton. *Jurnal Teknik Sipil*, 17(4), 277–288. <https://doi.org/10.24002/jts.v17i4.10119>

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- Kastanya, F. Ch. J., Johannes, V., & Tahapary, D. B. (2022). *Analisa Karakteristik Material Pembentuk Beton Menggunakan Agregat Quarry Pantai Desa Wakpapapi*.
- Kastanya, F. Ch. J., V. Johannes, & Tahapary, D. B. (2022). *Analisa Karakteristik Material Pembentuk Beton Menggunakan Agregat Quarry Pantai Desa Wakpapapi*.
- Maharani, Habsya, C., & Rahmawati, A. (2016). *Pengaruh Penambahan Fly Ash dan Volume Foam terhadap Kuat Tekan, Daya Serap Air dan Berat Jenis Beton Ringan Foam dengan Perbandingan $1P_c : 1P_s$* . <http://lauwtjunnji.weebly.com>
- Maryani, D., Saputra, A., & Triwiyono, A. (2019). *Kuat Tekan Panel Dinding Beton Ringan Expanded Polystyrene dengan Lapis Luar Papan Kalsium Silikat*.
- Muhammad, F. I., & Kusdian, R. D. (2021). *Pengaruh Penggunaan Produk Semen terhadap Nilai Kuat Tekan Beton* (Vol. 3, Issue SIMTEKS).
- Muliani, F., Ismy, R., & Tahrizi, Z. (2023). Peningkatan Kualitas Lingkungan Melalui Lubang Resapan Biopori Sebagai Upaya Penanggulangan Banjir Dengan Menggunakan Sampah Rumah Tangga. *Jurnal Rekayasa Teknik Dan Teknologi*, 7(1). <https://doi.org/10.51179/rkt.v7i1.1831>
- Nurchasanah, Y., Rochman, A., Handayani, N. K., Irianto, R. A., & Sulistyono, A. T. (2022). *Pemanfaatan Crumb Rubber dan Rubber Chip dari Limbah ban Bekas terhadap Sifat Mekanis Beton*. Forgotten Books.
- Santoso, T. H., Shafira Salsabilla, N., & Wicaksono, T. (2024). *Analisis Penggunaan Tras sebagai Pengganti Sebagian Agregat Halus terhadap Nilai Kuat Tekan Beton*. 1–12.
- Septiani, V., Suryan, V., & Amalia, D. (2024). Faktor-Faktor yang mempengaruhi Campuran Beton: Rancangan beton Kekuatan beton, dan Karakteristik beton. In *Journal of Engineering and Transportation (JET)* (Vol. 2, Issue 1).
- Setiawan, A., Sugiarto, A., & Riyanto, S. (2021). *Penggunaan Limbah Ban Bekas sebagai Substitusi Pasir pada Campuran Bata Beton Ringan Ditinjau Kuat Tekannya* (Vol. 2, Issue 3). <http://jos-mrk.polinema.ac.id/>
- Shalahuddin, M., & Azhari. (n.d.). *Analisa Karakteristik Beton Non Struktural Menggunakan Cangkar Sawit sebagai Agregat Kasar*.
- SNI 03 -1971- 1990. (n.d.). *Metode pengujian kadar air agregat*.
- SNI 03-1968-1990. (n.d.). *Analisis saringan agregat halus dan kasar*.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- SNI 03-2847-2002. (n.d.). *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (Beta Version)*.
- SNI 03-3122-1992. (n.d.). *Panel Beton Ringan Berserat*.
- SNI 03-4142-1996. (n.d.). *Metode Pengujian Jumlah Bahan dalam Agregat yang Lolos Saringan No. 200 (0,075 mm)*.
- SNI 03-4804-1998. (n.d.). *Metode Pengujian Berat Isi dan Rongga udara dalam agregat*.
- SNI 03-6820-2002. (n.d.). *Spesifikasi agregat halus untuk pekerjaan adukan dan plesteran dengan bahan dasar semen*.
- SNI 15-2049-2004. (n.d.). *SNI 15-2049-2004*.
- SNI 1970-2008. (n.d.). *Standar Nasional Indonesia Cara uji berat jenis dan penyerapan air agregat halus*.
- SNI 2847 - 2019. (n.d.). *SNI-2847 - 2019*.
- Tiyani, L., Satyanto, I., & Saputra, A. (2019). *Kuat Lentur Panel Dinding Beton Busa dengan Lapis GRC dan Wiremesh*.
- Tri Juan Simon, E., Phengkarsa, F., & Jujun Sanggaria, O. (2024). Pengaruh Penambahan Remahan Karet (Crumb Rubber) Pada Campuran Beton Normal. In *Paulus Civil Engineering Journal* (Vol. 6).
- Wibowo, Safitri, E., & Arsanto, B. D. (2024). Kajian Kuat Lentur pada Beton Beton Bubuk Reaktif Dengan Silica Fume 15% dan Variasi Pasir Kuarsa. *Matriks Teknik Sipil*, 11(3), 299. <https://doi.org/10.20961/mateksi.v11i3.76577>
- Winarto, Tanijaya, J., & Sandy, D. (2024). *Paulus Civil Engineering Journal (PCEJ) Penggunaan Crumb Rubber Pada Pembuatan Paving Block*.
- Zulkarnain, F., & Kamil, B. (2021). *Seminar Nasional Penelitian LPPM UMJ Website: <http://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnaslit> Perbandingan Kuat Tekan Beton Menggunakan Pasir Sungai sebagai Agregat Halus Dengan Variasi Bahan Tambah Silica Fume Pada Perendaman Air Laut. <http://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnaslit>*