

No. 23/SKRIPSI/S.Tr-TKG/2024

SKRIPSI

PENGARUH PENAMBAHAN *MACRO SYNTHETIC FIBER* PP54+, *MICRO SYNTHETIC FIBER*, DAN *HYPERPLASTICIZER* TERHADAP KARAKTERISTIK BETON FC' 35 DENGAN PEREKAT HIDOLIS PCC



Disusun Oleh :

Muhammad Faris Ramzi

NIM. 2001421037

Dosen Pembimbing :

Yanuar Setiawan, S.T., M.T.

NIP. 199001012019031015

PROGRAM STUDI D-IV TEKNIK KONSTRUKSI GEDUNG

JURUSAN TEKNIK SIPIL

POLITEKNIK NEGERI JAKARTA

2024



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 mengumumkkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PERSETUJUAN

Skripsi berjudul:

PENGARUH PENAMBAHAN *MACRO SYNTHETIC FIBER* PP54+, *MICRO SYNTHETIC FIBER*, DAN *HYPERPLASTICIZER* TERHADAP KARAKTERISTIK BETON FC' 35 DENGAN PEREKAT HIDOLIS PCC

yang disusun oleh **Muhammad Faris Ramzi (NIM 2001421037)** telah disetujui dosen pembimbing untuk dipertahankan dalam

Sidang Skripsi Tahap II

Pembimbing




Yanuar Setiawan, S.T., M.T.
NIP 199001012019031015

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi berjudul:

PENGARUH PENAMBAHAN *MACRO SYNTHETIC FIBER* PP54+, *MICRO SYNTHETIC FIBER*, DAN *HYPERPLASTICIZER* TERHADAP KARAKTERISTIK BETON FC' 35 DENGAN PEREKAT HIDOLIS PCC

yang disusun oleh **Muhammad Faris Ramzi (NIM 2001421037)** telah dipertahankan dalam **Sidang Skripsi Tahap II** di depan Tim Penguji pada hari **Senin** tanggal **5 Agustus 2024**.

	Nama Tim Penguji	Tanda Tangan
Ketua	Pratikto, Ir., M.Si. NIP 196107251989031002	
Anggota	Agus Murdiyoto R., Drs., S.T., M.Si. NIP 195908191986031002	
Anggota	Lilis Tiyani, S.T., M.Eng. NIP 199504132020122015	

Mengetahui,

**Ketua Jurusan Teknik Sipil
Politeknik Negeri Jakarta**



Dr. Dyah Nurwidyaningrum, S.T., M.M., M. Ars.

NIP 197407061999032001

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





HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Muhammad Faris Ramzi
NIM : 2001421037
Program Studi : D4 Teknik Konstruksi Gedung
Alamat Email : muhammad.farisramzi.ts20@mhs.wpnj.ac.id
Judul Naskah : Pengaruh Penambahan *Macro Synthetic Fiber* PP54+, *Micro Synthetic Fiber*, dan *Hyperplasticizer* Terhadap Karakteristik Beton FC' 35 dengan Perekat Hidolis PCC

Dengan ini saya menyatakan bahwa tulisan yang saya sertakan dalam Skripsi Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta Tahun Akademik 2023/2024 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 sebenarnya.

Depok, ...2024
Yang menyatakan,

Muhammad Faris Ramzi

- 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 mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



KATA PENGANTAR

Puja dan puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan naskah skripsi yang berjudul **PENGARUH PENAMBAHAN *MACRO SYNTHETIC FIBER PP54+*, *MICRO SYNTHETIC FIBER*, DAN *HYPERPLASTICIZER* TERHADAP KARAKTERISTIK BETON FC' 35 DENGAN PEREKAT HIDROLIS PCC** ini dengan baik dan tepat pada waktunya.

Penyusunan naskah skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk dapat menyelesaikan jenjang pendidikan Program Diploma IV pada Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta. Penulis sangat bersyukur bisa dikelilingi orang-orang baik dan hebat yang membantu penulis dalam menyelesaikan naskah skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Orangtua dan keluarga penulis yang selalu memberikan doa dan dukungan selama penyusunan naskah skripsi ini.
2. Bapak Yanuar Setiawan, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing penulis yang senantiasa meluangkan waktu, tenaga, dan pikirannya dari awal hingga akhir untuk membimbing penulis dengan penuh kesabaran dan ketelitian.
3. Ibu Dr. Dyah Nurwidyaningrum, S.T., M.M., M.Ars. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta.
4. Bapak Mudiono Kasmuri, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku Kepala Program Studi D-IV Teknik Konstruksi Gedung.
5. Bapak Agung Budi Broto, S.T., M.T. selaku Pembimbing Akademik D-IV Teknik Konstruksi Gedung
6. Para dosen, tenaga kependidikan, serta staff administrasi Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta.
7. Kepada Elvira Febri Kartikasari yang terlibat dan selalu mendukung penulis selama penulisan naskah skripsi ini.

Penulis juga menyadari bahwa naskah skripsi ini masih banyak kekurangan dan jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan juga saran yang membangun untuk menyempurnakan naskah skripsi ini. Penulis berharap skripsi ini dapat mencapai maksud dan tujuan dalam bidang keilmuan dan penelitian serta dapat bermanfaat bagi para pembaca.

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 ISI

HALAMAN PERSETUJUAN.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	i
KATA PENGANTAR	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT.....	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan masalah	2
1.3. Pembatasan Masalah	2
1.4. Tujuan Penelitian.....	3
1.5. Manfaat Penelitian.....	3
1.6. Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Beton	5
2.2. Beton Serat	6
2.2.1. Serat Polypropylene	7
2.3. Bahan Penyusun Beton.....	7
2.3.1. Semen.....	7
2.3.2. Agregat Halus.....	8
2.3.3. Agregat Kasar.....	9

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

2.3.4. Air.....	9
2.3.5. Faktor Air Semen	10
2.4. <i>Hyperplasticizer</i> (Devcon P765).....	10
2.5. <i>Micro Synthetic Fiber</i> (Kratos <i>Micro Plastic Shrinkage</i>).....	11
2.6. <i>Macro Synthetic Fiber</i> (Kratos <i>Macro PP54+</i>).....	12
2.7. Hipotesis.....	15
2.8. Penelitian Terdahulu.....	15
2.9. Keterbaruan Penelitian	17
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	18
3.1. Gambaran Umum	18
3.2. Lokasi Penelitian dan Waktu Penelitian.....	18
3.3. Peralatan dan Bahan Penelitian	18
3.3.1. Peralatan Penelitian	18
3.3.2. Bahan Penelitian.....	20
3.4. Objek Penelitian	20
3.5. Rancangan Penelitian	20
3.6. Tahapan Penelitian	23
3.6.1. Tahap Persiapan Penelitian	24
3.6.2. Tahap Pengujian Bahan.....	24
3.7. Perancangan Campuran (Mix Design)	33
3.8. Pengujian Beton Segar	33
3.8.1. Pengujian <i>Slump</i>	33
3.8.2. Pengujian Berat Isi	34
3.8.3. Pengujian Waktu Ikat.....	35
3.9. Tahapan Pembuatan Benda Uji	35
3.10. Tahap Pengujian Benda Uji	37



- 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

3.11.	Metode Analisis Data.....	40
3.12.	Luaran	40
BAB IV DATA DAN PEMBAHASAN		41
4.1.	DATA dan Pembahasan Pengujian Bahan Penyusun Beton.....	41
4.1.1.	Data dan Pembahasan Pengujian Agregat Halus	41
4.1.2.	Data dan Pembahasan Pengujian Agregat Kasar	50
4.1.3.	Pengujian Berat Jenis Semen	59
4.2.	Rancangan Campuran.....	62
4.2.1.	Penyesuain Rancangan Campuran	73
4.2.2	Menghitung Kebutuhan Bahan Tambah.....	74
4.3.	Pengujian Beton Segar	75
4.3.1.	Pengujian Slump	75
4.3.2.	Pengujian Bobot Isi	78
4.3.3	Pengujian Waktu Ikat	80
4.4.	Pengujian Beton Keras	83
4.4.1.	Pengujian Kuat Tekan Umur 1 Hari.....	83
4.4.2.	Pengujian Kuat Tekan Umur 7 Hari.....	85
4.4.3.	Pengujian Kuat Tekan Umur 14 Hari.....	86
4.4.4.	Pengujian Kuat Tekan Umur 28 Hari.....	87
4.4.5.	Pengujian Kuat Tarik Belah	88
4.4.6.	Pengujian Kuat Lentur	91
4.4.7.	Pengujian Modulus Elastisitas	94
4.5.	Analisis Data Perbandingan	98
4.5.1.	Perbandingan Nilai Kuat Tekan	98
4.5.2.	Perbandingan Kuat Tarik Belah	102
4.5.3.	Perbandingan Nilai Kuat Lentur	103



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

4.5.4. Perbandingan Modulus Elastisitas	104
BAB V PENUTUP.....	105
5.1. Kesimpulan.....	105
5.2. Saran.....	106
DAFTAR PUSTAKA	107





DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Spesifikasi Devcon P765.....	10
Tabel 2. 2 Spesifikasi <i>Kratos Micro PS</i>	11
Tabel 2. 3 Spesifikasi <i>Kratos Macro PP54+</i>	13
Tabel 3. 1 Jumlah Benda Uji Silinder	21
Tabel 3. 2 Jumlah Benda Uji Balok	22
Tabel 4. 1 Data Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus.....	41
Tabel 4. 2 Data Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus	42
Tabel 4. 3 Data Pengujian Berat Isi Lepas pada Agregat Halus	43
Tabel 4. 4 Data Hasil Pengujian Berat Isi Lepas pada Agregat Halus	44
Tabel 4. 5 Data Pengujian Berat Isi Padat Agregat Halus.....	45
Tabel 4. 6 Data Hasil Pengujian Berat Isi Padat pada Agregat Halus.....	46
Tabel 4. 7 Data Pengujian Analisa Ayak Agregat Halus	47
Tabel 4. 8 Data Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus.....	48
Tabel 4. 9 Data Hasil Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus	49
Tabel 4. 10 Data Hasil Pengujian Kadar Air Agregat Halus.....	50
Tabel 4. 11 Data Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar.....	51
Tabel 4. 12 Data Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar ..	52
Tabel 4. 13 Data Pengujian Berat Isi Lepas pada Agregat Kasar	53
Tabel 4. 14 Data Hasil Pengujian Berat Isi Lepas pada Agregat Kasar	54
Tabel 4. 15 Data Pengujian Berat Isi Padat pada Agregat Kasar	54
Tabel 4. 16 Data Hasil Pengujian Berat Isi Padat pada Agregat Kasar.....	55
Tabel 4. 17 Data Pengujian Analisa Ayak Agregat Kasar	56
Tabel 4. 18 Data Pengujian Kadar Lumpur Agregat Kasar.....	57
Tabel 4. 19 Data Hasil Pengujian Kadar Lumpur Agregat Kasar	58
Tabel 4. 20 Data Hasil Pengujian Kadar Air Agregat Kasar.....	59

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 milik 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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Tabel 4. 21	Data Pengujian Berat Jenis Semen OPC	60
Tabel 4. 22	Data Hasil Pengujian Berat Jenis Semen OPC.....	60
Tabel 4. 23	Data Pengujian Berat Jenis Semen PCC	61
Tabel 4. 24	Data Hasil Pengujian Berat Jenis Semen PCC.....	61
Tabel 4. 25	Data Hasil Pengujian Agregat Halus.....	62
Tabel 4. 26	Data Hasil Pengujian Agregat Kasar.....	62
Tabel 4. 27	Perkiraan kebutuhan air pencampur dan kadar udara untuk berbagai slump dan ukuran nominal agregat maksimum batu pecah	63
Tabel 4. 28	Hubungan antara rasio air-semen (w/c) atau rasio air-bahan bersifat semen {w/(c+p)} dan kekuatan beton	64
Tabel 4. 29	Volume agregat kasar per satuan volume beton.....	65
Tabel 4. 30	Perkiraan awal berat beton segar.....	66
Tabel 4. 31	Perbandingan berat campuran satu meter kubik beton.....	68
Tabel 4. 32	Berat campuran per satu 1 m ³	72
Tabel 4. 33	Data Total Kebutuhan Bahan Menggunakan Silinder Besar + Balok....	73
Tabel 4. 34	Data Total Kebutuhan Bahan Menggunakan Silinder Kecil + Balok	73
Tabel 4. 35	Data Kebutuhan Tambah Untuk Setiap Variasi	74
Tabel 4. 36	Data Hasil Pengujian Slump	75
Tabel 4. 37	Data Hasil Pengujian Bobot Isi	78
Tabel 4. 38	Data Hasil Pengujian Waktu Ikat	80
Tabel 4. 39	Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Umur 1 Hari.....	83
Tabel 4. 40	Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Umur 7 Hari.....	85
Tabel 4. 41	Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Umur 14 Hari.....	86
Tabel 4. 42	Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Umur 28 Hari.....	87
Tabel 4. 43	Data Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Umur 28 hari.....	89
Tabel 4. 44	Data Hasil Pengujian Kuat Lentur Umur 28 Hari	91



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 GAMBAR

Gambar 2. 1	<i>Kratos Micro PS</i>	11
Gambar 2. 2	<i>Kratos Macro PP54+</i>	13
Gambar 3. 1	Diagram Alir Penelitian	23
Gambar 4. 1	Grafik gradasi agregat halus	48
Gambar 4. 2	Grafik gradasi agregat kasar	57
Gambar 4. 3	Grafik Nilai Slump	75
Gambar 4. 4	Grafik Nilai Pengujian Bobot Isi	78
Gambar 4. 5	Grafik Hasil Pengujian Waktu Ikat	81
Gambar 4. 6	Grafik Nilai Kuat Tekan Umur 1 Hari	84
Gambar 4. 7	Grafik Nilai Kuat Tekan Umur 7 Hari	86
Gambar 4. 8	Grafik Nilai Kuat Tekan Umur 14 Hari	87
Gambar 4. 9	Grafik Nilai Kuat Tekan Umur 28 Hari	88
Gambar 4. 10	Grafik Nilai Kuat Tarik Belah Umur 28 Hari	89
Gambar 4. 11	Grafik Nilai Kuat Lentur Umur 28 Hari	92
Gambar 4. 12	Grafik Nilai Modulus Elastisitas	95
Gambar 4. 13	Grafik Perbandingan Nilai Kuat Tekan Antara OPC dengan Beton PCC Normal	99
Gambar 4. 14	Grafik Perbandingan Nilai Kuat Tekan Antara Beton PCC Normal dengan Beton PCC Variasi	100
Gambar 4. 15	Grafik Perbandingan Nilai Kuat Tekan Antara Beton OPC dengan Beton PCC Variasi	101
Gambar 4. 16	Grafik Perbandingan Nilai Kuat Tarik Belah	102
Gambar 4. 17	Grafik Perbandingan Nilai Kuat Lentur	103
Gambar 4. 18	Grafik Perbandingan Nilai Modulus Elastisitas	104

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



DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 FORMULIR SI-1 PERNYATAAN CALON PEMBIMBING.....	110
LAMPIRAN 2 FORMULIR SI-2 LEMBAR PENGESAHAN	112
LAMPIRAN 3 FORMULIR SI-3 LEMBAR ASISTENSI.....	114
LAMPIRAN 4 FORMULIR SI-4 LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING ..	117
LAMPIRAN 5 FORMULIR SI-5 LEMBAR PERSETUJUAN PENGUJI.....	119
LAMPIRAN 6 FORMULIR SI-6 KARTU KOMPENSASI.....	123
LAMPIRAN 7 FORMULIR SI-7 LEMBAR BEBAS PINJAMAN DAN URUSAN ADMINISTRASI.....	125
LAMPIRAN 8 PERHITUNGAN DAN GRAFIK MODULUS ELASTISITAS	127
LAMPIRAN 9 DOKUMENTASI PEMBUATAN BENDA UJI.....	138
LAMPIRAN 10 DOKUMENTASI PENGUJIAN BENDA UJI.....	140

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

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia merupakan negara dengan jumlah penduduk terbesar keempat di dunia setelah Tiongkok, India, dan Amerika Serikat. Seiring bertambahnya jumlah penduduk Indonesia, infrastruktur dan konstruksinya juga meningkat. Sudah diterima secara luas bahwa penggunaan beton sebagai pilihan konstruksi menawarkan banyak keuntungan.

Beton memiliki sifat kuat tekan yang tinggi. Namun kelemahan beton adalah kuat tariknya yang relatif rendah (Al Faritzie et al., 2023). Oleh karena itu, penting untuk meningkatkan kekuatan tarik beton dengan cara menggunakan bahan tambah seperti serat mikro dan serat makro sebagai substitusi dalam perancangan beton. Akan tetapi, dalam penggunaan serat dapat membuat partikel semen dalam air cenderung untuk berkohepsi satu sama lainnya dan partikel semen akan menggumpal (*flokulasi*). Dengan demikian, penambahan *hyperplasticizer* mengakibatkan partikel semen ini akan saling melepaskan diri dan *terdispersi* (menolak). Fenomena dispersi partikel semen dengan penambahan *hyperplasticizer* dapat menurunkan viskositas pasta semen sehingga pasta semen lebih fluid/alir.

Dalam penelitian kali ini saya mendukung adanya pengurangan zat emisi karbon. (Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 21 Tahun 2022 Tentang Tata Laksana Penerapan Nilai Ekonomi Karbon, 2022) dan (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) Nomor 9 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Konstruksi Berkelanjutan, 2021) Salah satu ketentuan dalam regulasi tersebut adalah penggunaan material konstruksi hijau (*green material*) yang terbuat dari bahan-bahan berdampak lingkungan lebih rendah dibandingkan dengan material konvensional sehingga ramah lingkungan. Produksi material konstruksi hijau masih terbatas di Indonesia, tidak sebanyak material konvensional.

Oleh Karena itu, pentingnya penggunaan semen *non-ordinary portland cement* (NOPC), Terkait semen rendah emisi atau NOPC, sebelumnya telah diterbitkan Instruksi (Kementrian PUPR Nomor 02/IN/M/2020, 2020) tentang Penggunaan



Semen NOPC pada pekerjaan konstruksi di Kementerian PUPR. Beberapa contoh jenis semen rendah emisi itu, di antaranya *portland composite cement* (PCC), *portland pozzoland cement* (PPC), dan *portland slag cement* (PSC).

Pada skripsi penulis akan melakukan penelitian dengan judul “Pengaruh Penambahan *Macro Synthetic Fiber PP54+*, *Micro Synthetic Fiber*, Dan *Hyperplasticizer* Terhadap Karakteristik Beton FC’ 35 Dengan Perekat Hidrolis PCC. Dengan adanya penelitian ini diharapkan dari ketiga penambahan bahan tersebut dapat memberikan hasil yang optimal dalam penggunaan beton yang ramah lingkungan.

1.2. Perumusan masalah

Berikut masalah yang akan diuraikan pada penelitian ini:

- Bagaimana karakteristik beton FC’ 35 menggunakan OPC?
- Bagaimana karakteristik beton FC’ 35 menggunakan PCC?
- Bagaimana karakteristik beton yang dihasilkan ketika menggunakan *Macro Synthetic Fiber*, *Micro Synthetic Fiber*, dan *Hyperplasticizer* bersama dengan perekat hidrolis PCC terhadap karakteristik beton FC’ 35?
- Bagaimana perbandingan penggunaan *Macro Synthetic Fiber*, *Micro Synthetic Fiber*, dan *Hyperplasticizer* bersama dengan perekat hidrolis PCC terhadap beton yang menggunakan OPC dalam upaya mengurangi emisi karbon?

1.3. Pembatasan Masalah

Batasan penelitian ini bertujuan agar penelitian lebih terarah dan tidak menyimpang dari tujuan penelitian. Adapun Batasan dalam penelitian ini, yaitu:

- Penelitian ini menggunakan mutu beton 35 Mpa.
- Karakteristik beton yang akan dilakukan pengujian, yaitu : kuat tekan, kuat tarik belah, kuat tarik lentur, dan modulus elastisitas.
- Bentuk benda uji silinder besar tinggi 30 cm dan diameter 15 cm.
- Bentuk benda uji silinder kecil tinggi 20 cm dan diameter 10 cm
- Bentuk benda uji beton balok diameter 10 x 10 x 50 cm.
- Produk *Macro synthetic fiber* yang digunakan adalah *Kratos Macro PP54+*.
- Produk *Micro synthetic fiber* yang digunakan adalah *Kratos Micro Plastic Shrinkage*.

Hak Cipta :

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

- h. Produk *Hyperplasticizer* yang digunakan adalah *Devcon P765* dari PT. Devchem
- i. Semen yang digunakan adalah *Portland Composite Cement (PCC)* dan *Ordinary Portland Cement (OPC)*.
- j. Standar perhitungan mix design menggunakan SNI-7656-2012.
- k. Pengujian dilakukan pada bahan uji beton berumur 1, 7, 14, dan 28 hari.
 - l. Nilai Slump yang direncanakan 75 – 100 mm.
 - m. Menggunakan ukuran nominal agregat maksimum 19 mm.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

- a. Mendapatkan karakteristik beton FC' 35 dengan menggunakan semen OPC.
- b. Mendapatkan karakteristik beton FC' 35 dengan menggunakan semen PCC.
- c. Menganalisis penggunaan bahan tambah dengan menggunakan *Macro Synthetic Fiber*, *Micro Synthetic Fiber*, dan *Hyperplasticizer* bersama dengan perekat hidrolis PCC terhadap karakteristik beton FC' 35?
- d. Menganalisis penggunaan bahan tambah *Macro Synthetic Fiber*, *Micro Synthetic Fiber*, dan *Hyperplasticizer* bersama dengan perekat hidrolis PCC terhadap beton OPC?

1.5. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

- a. Penelitian ini dapat digunakan sebagai referensi bagi penelitian mendatang atau oleh pihak-pihak yang tertarik untuk melakukan studi serupa mengenai dampak penambahan *Macro Synthetic Fiber*, *Micro Synthetic Fiber*, dan *Hyperplasticizer* terhadap beton FC' 35 MPa.
- b. Hasil penelitian ini diharapkan menjadi wawasan dan referensi dalam literatur ilmiah, khususnya dalam pengembangan ilmu Rekayasa Teknologi Bahan.
- c. Penelitian ini juga diharapkan dapat memberikan wawasan dan informasi tambahan penting mengenai rekayasa material dalam konteks konstruksi, serta mendukung upaya untuk mencapai *Zero Carbon Emissions* atau Nol Emisi Karbon dalam industri konstruksi.



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

1.6. Sistematika Penulisan

a. BAB I. PENDAHULUAN

Bagian ini menguraikan latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, pembatasan masalah, dan sistematika penulisan.

b. BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

Bagian ini mengulas teori-teori yang relevan dengan studi yang dilakukan, termasuk penelitian sebelumnya tentang dampak penggunaan *Macro Synthetic Fiber*, *Micro Synthetic Fiber*, dan *Hyperplasticizer* terhadap karakteristik beton FC' 35 MPa, serta emisi CO² dalam pembuatan beton dan upaya pengurangannya.

c. BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

Bagian ini menjelaskan jenis dan sumber data penelitian, bahan dan material yang digunakan, prosedur perancangan campuran beton, proses pembuatan dan pengujian beton, serta teknik analisis data.

d. BAB IV. HASIL DAN ANALISIS

Bagian ini mempersembahkan hasil pengujian beton seperti kekuatan tekan, kekuatan tarik belah, dan kekuatan lentur. Hasil tersebut kemudian dianalisis untuk mengevaluasi pengaruh penggunaan *Macro Synthetic Fiber*, *Micro Synthetic Fiber*, dan *Hyperplasticizer* terhadap sifat beton FC' 35 MPa, serta untuk menetapkan proporsi yang optimal.

e. BAB V. PENUTUP

Bagian ini merangkum kesimpulan penelitian berdasarkan temuan dan analisis hasil penelitian. Selain itu, bab ini juga memberikan rekomendasi untuk penelitian berikutnya.

BAB V PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa pada pembahasan di bab iv didapatkan hasil sebagai berikut:

Karakteristik Beton OPC yang didapatkan, kuat tekan yang didapat sebesar 35,07 MPa, kuat tarik belah 3,70 MPa, kuat lentur 5,41 MPa, dan modulus elastisitas 22.097,46 MPa menunjukkan bahwa beton OPC memiliki kekuatan yang cukup tinggi untuk menahan berbagai beban, baik dalam bentuk tekanan, tarikan, maupun lenturan. Modulus elastisitas yang cukup besar juga mengindikasikan kekakuan beton OPC yang baik, menjadikannya material yang andal dalam aplikasi struktural.

Karakteristik Beton PCC tanpa bahan tambah yang didapatkan, kuat tekan yang dihasilkan adalah sebesar 33,53 MPa, dengan kuat tarik belah 3,60 MPa, kuat lentur 4,45 MPa, dan modulus elastisitas sebesar 18.454,68 MPa. Meski sedikit lebih rendah dibandingkan dengan beton OPC, beton PCC tanpa bahan tambah masih menunjukkan performa yang cukup baik, terutama dalam konteks konstruksi yang tidak memerlukan kekuatan yang sangat tinggi.

Pengaruh penambahan bahan tambah pada Beton PCC, Penambahan bahan tambah terbukti memberikan peningkatan signifikan pada sifat mekanisnya. Kuat tekan meningkat menjadi 35,95 MPa pada variasi 7 kg/m³, sementara kuat tarik belah meningkat menjadi 3,93 MPa, kuat lentur menjadi 5,98 MPa, dan modulus elastisitas mencapai 22.329,74 MPa. Penambahan *Macro Synthetic Fiber*, *Micro Synthetic Fiber*, dan *Hyperplasticizer* pada beton PCC secara keseluruhan meningkatkan kekuatan dan kekakuan beton, menjadikannya lebih unggul dibandingkan dengan beton tanpa bahan tambah.

Analisis perbandingan Beton PCC dan OPC, kuat tekan beton PCC pada variasi 7 kg/m³ dengan hasil yang optimal sebesar 35,95 MPa melebihi beton OPC dengan nilai sebesar 35,07 MPa. Kuat tarik belah beton PCC pada variasi 7 kg/m³ dengan hasil yang optimal sebesar 3,93 MPa melebihi beton OPC dengan nilai sebesar 3,70 MPa. Kuat lentur beton PCC pada variasi 7 kg/m dengan hasil yang optimal sebesar 5,98 MPa melebihi beton OPC dengan nilai sebesar 5,41 MPa. Modulus elastisitas beton

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 mengumumkannya 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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

PCC pada variasi 7 kg/m³ dengan hasil yang optimal sebesar 22.329,74 MPa melebihi beton OPC dengan nilai sebesar 22.097,46 MPa.

Jadi, dapat dikatakan bahwa penambahan *macro fiber*, *micro fiber*, dan *hyperplasticizer* pada beton PCC meningkatkan semua aspek kekuatan dan kekakuan, menjadikannya alternatif yang lebih unggul dibandingkan beton OPC. Penggunaan beton PCC dapat mengurangi emisi karbon, menawarkan solusi yang lebih ramah lingkungan tanpa mengorbankan kualitas struktural.

5.2. Saran

1. Pada penelitian selanjutnya dapat mengeksplorasi dosis penambahan *macro fiber* dan *micro fiber*. Hal ini dapat memberikan wawasan lebih dalam mengenai kombinasi optimal untuk berbagai aplikasi konstruksi.
2. Pada penelitian selanjutnya dapat mengeksplorasi dosis penambahan *hyperplasticizer*. Hal ini dapat memberikan wawasan lebih dalam mengenai kombinasi optimal untuk berbagai aplikasi konstruksi.



POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA



DAFTAR PUSTAKA

- ACI Commitee 544. (2008). *Guide for specifying, proportioning, and production of fiber-reinforced concrete*. American Concrete Institute.
- Ahmad, J., Burduhos-Nergis, D. D., Arbili, M. M., Alogla, S. M., Majdi, A., & Deifalla, A. F. (2022). A Review on Failure Modes and Cracking Behaviors of Polypropylene Fibers Reinforced Concrete. In *Buildings* (Vol. 12, Issue 11). MDPI. <https://doi.org/10.3390/buildings12111951>
- Al Faritzie, H., Fuad, I. S., & Akbar, I. (2023). *Pengaruh Penambahan Serat Polypropylene Serta Super Plasticizer Terhadap Kuat Tekan Dan Tarik Belah Beton*. 8.
- ASTM C33.2013. (2013). *Standard Specification for Concrete Aggregates 1*. https://doi.org/10.1520/C0033_C0033M-13
- ASTM C33-ACI Education Bulletin E1-07*. (2007). www.concrete.org
- Badan Standardisasi Nasional. (1989). Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A (Bahan bangunan bukan logam). *SK SNI S-04-1989-F*.
- British Standard Institution, & EN 14889-2. (2006). *Fibres for concrete. Part 2, Polymer fibres - definitions, specifications and conformity*. British Standards Institution.
- Faldo, F., Hudori, M., Kunci, K., Campuran, B., Beton, T., & Polypropylene, S. (2021). PENGARUH EFEKTIFITAS PENGGUNAAN SERAT POLYPROPYLENE TERHADAP KUAT TEKAN BETON NORMAL. *Journal of Civil Engineering and Planning*, 2(1).
- Gunawan, P. dkk. (2014). Pengaruh Penambahan Serat Polypropylene Pada Beton Ringan Dengan Teknologi Foam Terhadap Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah dan Modulus Elastisitas. *Matriks Teknik Sipil*, 2(2), 206–213.
- Hasan, dkk. (2013). Pengaruh Penambahan Polypropylene Fiber Mesh Terhadap Sifat Mekanis Beton. *Mektek*, 15(1).
- Hasanr, H., Tatong, B., & Tole, J. (2013). *Pengaruh Penambahab Polypropylene Fiber Mesh Terhadap Sifat Mekanis Beton*.
- Kementrian PUPR Nomor 02/IN/M/2020. (2020). 24. *InmenPUPR02-2020*.

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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Khairizal, Y., Kurniawandy, A., & Kamaldi, A. (2015). Pengaruh Penambahan Serat Polypropylene Terhadap Sifat Mekanis Beton Normal. In *Jom FTEKNIK* (Vol. 2, Issue 2).

Kratos Macro PP54+. (n.d.). *02-Kratos_PP-54-TDS_METRICIMPERIAL*.

Kratos Micro PS. (n.d.). *Kratos_Micro-PS_TDS_*.

Nugroho, A. F. (2012). *Study Compressive Strength and Modulus Elasticity of Normal Concrete with ingredient added Metakaolin and Galvalum AZ150 Fibre*.

Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 21 Tahun 2022 Tentang Tata Laksana Penerapan Nilai Ekonomi Karbon. (2022). *permen-lhk-no.-21-tahun-2022-1*.

Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) Nomor 9 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Konstruksi Berkelanjutan. (2021). *PermenPUPR9_part_2*.

Prasetyo, H. P. (2019). Kuat Tekan Beton pada Cold Joint Horizontal Cast dengan Perkuatan Serat Polypropylene. *Tugas Akhir*.

PT DEVCHEM. (n.d.). *PDS Devcon P765*.

SNI 03-1968. (1990). *Metode pengujian analisis saringan agregat halus dan kasar*.

SNI 03-1971. (1990). *Metode pengujian kadar air agregat*.

SNI 03-2847. (2002). *Standar Nasional Indonesia*.

SNI 03-4142. (1996). *Metode pengujian jumlah bahan dalam agregat yang lolos saringan nomor 200 (0,0075 mm)*.

SNI 03-4431. (1997). *Uji lentur*.

SNI 03-4804. (1998). *metode-pengujian-berat-isi-dan-rongga-udara-dalam-agregat*.

SNI 15-2049. (2004). *Standar Nasional Indonesia Semen portland ICS 91.100.10 Badan Standardisasi Nasional*.

SNI 1969. (2016). *Cara uji berat jenis dan penyerapan air agregat 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 kritikan 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

- SNI 1970. (2016). *Cara uji berat jenis dan penyerapan air agregat halus*.
- SNI 1971. (2011). *Cara uji kadar air total agregat dengan pengeringan*.
www.bsn.go.id
- SNI 1972. (2008). *Cara uji slump beton*.
- SNI 1974. (2011). *Cara uji kuat tekan beton dengan benda uji silinder*.
www.bsn.go.id
- SNI 2491. (2014). *Metode uji kekuatan tarik belah spesimen beton silinder Standard Test Method for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens*. www.bsn.go.id
- SNI 2493. (2011). *Tata cara pembuatan dan perawatan benda uji beton di laboratorium*. www.bsn.go.id
- SNI 2847. (2013). *Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung Badan Standardisasi Nasional*. www.bsn.go.id
- SNI 4142. (1996). *Cara uji kadar lumpur*.
- SNI 7656. (2012). *Standar Nasional Indonesia*. www.bsn.go.id
- SNI ASTM C136. (2012). *Metode uji untuk analisis saringan agregat halus dan agregat kasar (ASTM C 136-06, IDT)*. www.bsn.go.id
- SNI-15-2531. (1991). *Pengujian berat jenis semen*.
- Titiksh, A., & Wanjari, S. P. (2022). Hyper-plasticizer dosed concrete pavers containing fly ash in lieu of fine aggregates - A step towards sustainable construction. *Case Studies in Construction Materials*, 17. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e01338>
- Tjokrodiluljo, K. (2021). *Teknologi Beton*. Biro Penerbit KMTS Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada.