

53/SKRIPSI/S.Tr-TKG/2025

SKRIPSI

**KINERJA LENTUR DAN MEKANISME RETAK BALOK BETON
BERTULANG DENGAN CAMPURAN *GROUND GRANULATED BLAST
FURNACE SLAG* DAN *STEEL FIBER***



Disusun untuk melengkapi salah satu syarat kelulusan Program D-IV

Politeknik Negeri Jakarta

Disusun Oleh:

Chintya Amalia Putri

NIM 2101421008

Dosen Pembimbing:

Amalia, S.Pd., S.S.T., M.T.

NIP 197401311998022001

PROGRAM STUDI D-IV 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 :

**KINERJA LENTUR DAN MEKANISME RETAK BALOK BETON
BERTULANG DENGAN CAMPURAN *GROUND GRANULATED BLAST
FURNACE SLAG* DAN *STEEL FIBER***

yang disusun oleh **Chintya Amalia Putri (NIM 2101421008)** telah disetujui dosen
pembimbing untuk dipertahankan dalam Sidang Skripsi

Pembimbing

AMALIA., S.Pd., S.ST., M.T.

NIP 197401311998022001



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:

**KINERJA LENTUR DAN MEKANISME RETAK BALOK BETON
BERTULANG DENGAN CAMPURAN *GROUND GRANULATED BLAST
FURNACE SLAG* DAN *STEEL FIBER* yang disusun oleh Chintya Amalia
Putri (2101421008) telah dipertahankan dalam Sidang Skripsi di depan Tim
Penguji pada hari Rabu, 02 Juli 2025.**

	Nama Tim Penguji	Tanda Tangan
Ketua	Rafie Itharani Ulkhaq, S.T., M.T. NIP 199510112024062001	
Anggota	Sukarman, S.Pd., M.Eng. NIP 199306052020121013	
Anggota	Dr. Anis Rosyidah., S.Pd., S.S.T., M.T. NIP 197303181998022004	

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Sipil
Politeknik Negeri Jakarta




Istiatun, S.T., M.T.
NIP 196605181990102001



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 PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Chintya Amalia Putri

NIM : 2101421008

Program Studi : D-IV Teknik Konstruksi Gedung

Alamat *E-mail*: chintya.amalia.putri.ts21@mhsw.pnj.ac.id

Judul Naskah : Kinerja Lentur dan Mekanisme Retak Balok Beton Bertulang dengan
Campuran *Ground Granulated Blast Furnace Slag* dan *Steel fiber*

Dengan ini saya menyatakan bahwa tulisan 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.

Tangerang, 12 Juni 2025

Yang menyatakan,

Chintya Amalia Putri



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

Dengan penuh rasa syukur kehadiran Allah Subhanahu Wa Ta'ala atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Kinerja Lentur dan Mekanisme Retak Balok Beton Bertulang dengan Campuran *Ground Granulated Blast Furnace Slag* dan *Steel fiber*” dengan baik dan tepat waktu. Dalam perjalanan penyusunan skripsi ini tentunya tidak lepas dari doa, dukungan moral, semangat, serta arahan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, melalui kata pengantar ini, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar – besarnya kepada:

1. Ibu Amalia, S.Pd., S.S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing yang dengan penuh kesabaran, ketelitian, dan ketulusan telah membimbing penulis dari awal hingga akhir proses penyusunan skripsi ini.
2. Ibu Istiatun, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Jakarta.
3. Bapak Mudiono Kasmuri, S.T., M.Eng., Ph.D., selaku Kepala Program Studi Teknik Konstruksi Gedung, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Jakarta.
4. Bapak dan Ibu dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta yang telah memberikan ilmu – ilmu selama penulis mengemban pendidikan di Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta.
5. Seluruh karyawan dan staf PT Nexco Indonesia yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk melakukan penelitian serta membantu dalam segala keperluan selama proses penelitian berlangsung.
6. Keluarga tercinta yang selalu menjadi sumber kekuatan dan semangat, yang tak pernah lelah mendoakan, memberikan dukungan penuh, dan menjadi tempat kembali dalam setiap perjalanan penulis.
7. Khusus kepada mending Oma dan Opa tercinta, terima kasih karena melalui kasih sayang, nilai-nilai kehidupan, dan keteladanan kalianlah penulis dapat tumbuh menjadi pribadi yang bertanggung jawab, penuh cinta, dan tidak mudah menyerah. Meski kini kalian telah tiada, cinta kalian tetap hidup dalam setiap langkah penulis. Rasa rindu dan terima kasih ini tak akan pernah cukup diungkapkan dengan kata-kata.



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

8. Sahabat seperjuangan Ibanes Jean, Haudyah Hakim, Muhammad Ihsan, Omar Agustiano, dan Hakam Muhammad Dany yang selalu ada, membantu dalam proses penelitian dan penulisan, serta memberikan waktu, tenaga, dan semangat yang luar biasa.
9. Sahabat - sahabat tersayang Syahla Khairunnisa, Divya Jhiehania, Karida Amabel, dan Mochamad Rizki Ramadhan yang telah kebersamaan penulis di setiap suka dan duka, memberikan doa, dukungan, dan kehangatan yang tak ternilai.
10. Serta semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu, tetapi telah membantu dan memberikan kontribusi yang berarti hingga tersusunnya skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak untuk perbaikan. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis dan bagi Masyarakat pada umumnya.

Tangerang, 12 Juni 2025

Yang menyatakan,

Chintya Amalia Putri

**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 ISI

HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
KATA PENGANTAR	iii
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah.....	3
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Balok Beton Bertulang.....	5
2.2 <i>Self Compacting Concrete</i>	6
2.1.1 Karakteristik <i>Self Compacting Concrete</i>	6
2.1.2 Material Penyusun <i>Self Compacting Concrete</i>	8
2.3 Beton Serat.....	12
2.4 Beton <i>Steel Fiber</i>	13
2.5 <i>Ground Granulated Blast Furnace Slag (GGBFS)</i>	14
2.6 Baja Tulangan	14
2.7 Sifat – Sifat Mekanis Beton	16
2.7.1 Kuat Tekan Beton	16
2.7.2 Kuat Tarik Lentur.....	17
2.8 Uji Tarik Baja.....	17
2.9 Analisis Balok Lentur dengan Tinjauan <i>Single Reinforced</i>	17
2.10 Hubungan Beban – Lendutan Balok Beton Bertulang.....	18



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

2.11	Pola Keruntuhan.....	19
2.12	Penelitian Terdahulu	20
2.13	Keterbaruan Penelitian	23
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		24
3.1	Jenis dan Variasi Benda Uji	24
3.2	Lokasi dan Waktu Penelitian	25
3.3	Tahapan Penelitian	26
3.4	Alat dan Bahan Penelitian.....	27
3.4.1	Alat Pelindung Diri	27
3.4.2	Alat Pembuatan Prototype.....	27
3.4.3	Alat Pengujian <i>Prototype</i>	28
3.4.4	Bahan <i>Prototype</i>	28
3.5	Perencanaan Mutu Beton (<i>Mix Design</i>)	29
3.6	Pengujian Tarik Tulangan	33
3.7	Pengujian Beton Segar	33
3.7.1	Pengujian <i>Slump Flow T50</i>	33
3.7.2	Pengujian <i>L-Box</i>	33
3.8	Pembuatan <i>Prototype</i>	34
3.9	Pengujian Kuat Tekan	34
3.10	Pengujian Kuat Lentur	35
3.11	Analisis Data	37
3.12	Luaran	37
BAB IV DATA DAN PEMBAHASAN		38
4.1	Data Hasil Pengujian Material Penyusun Beton	38
4.1.1	Data Pengujian Agregat Kasar	38
4.1.2	Data Pengujian Agregat Halus	38
4.2	Data Hasil Pengujian Baja Tulangan	39
4.2.1	Baja Tulangan D13	39
4.2.2	Baja Tulangan D10	39
4.3	Rancangan Campuran (<i>Mix Design</i>)	40
4.4	Pengujian Beton Segar	42
4.4.1	<i>Slump Flow T-50</i>	42
4.4.2	Pengujian <i>L-Box</i>	43
4.5	Pengujian Sifat Mekanis Beton	44
4.5.1	Pengujian Kuat Tekan Silinder Beton	44



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

4.6	Hasil Pengujian Lentur Balok Beton Bertulang	47
4.6.1	Hasil Pembacaan <i>Dial Gauge</i>	47
4.6.2	Indeks Kekakuan Balok Beton Bertulang	53
4.7	Kapasitas Momen Lentur Balok Beton Bertulang	54
4.7.1	Momen Retak Pertama.....	54
4.7.2	Momen Kondisi <i>Yield</i>	57
4.8	Perbandingan Kapasitas Momen Lentur Balok Beton Bertulang	60
4.9	Analisis Pola Retak dan Kuat Lentur pada Balok	62
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		66
5.1	Kesimpulan	66
5.2	Saran.....	66
DAFTAR PUSTAKA		68



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 Grafik Beban dan Lendutan	5
Gambar 2. 2 Slump Flow Test	6
Gambar 2. 3 L - Box Test	7
Gambar 2. 4 J-Ring Test	7
Gambar 2. 5 V – Funnel Test	8
Gambar 2. 6 Balok Lentur dengan Tinjauan Single Reinforced	18
Gambar 2. 7 Grafik Hubungan Beban - Lendutan	19
Gambar 2. 8 Jenis Retak.....	20
Gambar 3. 1 Detail Balok.....	24
Gambar 3. 2 Potongan Memanjang Balok	24
Gambar 3. 3 Diagram Alur Penelitian.....	26
Gambar 3. 4 Ilustrasi Pengujian Kuat Lentur Balok	35
Gambar 3. 5 Garis Perletakan Pembebanan.....	35
Gambar 3. 6 Patah pada 1/3 Tengah Bentang	36
Gambar 3. 7 Patah di Luar 1/3 Bentang, pada <5% dari Bentang	36
Gambar 3. 8 Patah di Luar 1/3 Bentang, pada >5% dari Bentang	36
Gambar 4. 1 Grafik Uji Tulangan D13	39
Gambar 4. 2 Grafik Uji Tulangan D10	40
Gambar 4. 3 Grafik Perbandingan Kuat Tekan Beton	46
Gambar 4. 4 Grafik Hubungan Beban Lendutan Balok 0% Steel Fiber	49
Gambar 4. 5 Grafik Hubungan Beban Lendutan Balok 1% Steel Fiber	52
Gambar 4. 6 Titik Berat Penampang Balok	55
Gambar 4. 7 Grafik Perbandingan Kapasitas Lentur Balok Analitis	60
Gambar 4. 8 Grafik Perbandingan Kapasitas Lentur Balok Pengujian.....	61
Gambar 4. 9 Pola Retak pada Balok Beton 0% Steel Fiber A	62
Gambar 4. 10 Pola Retak pada Balok Beton 0% Steel Fiber B	62
Gambar 4. 11 Pola Retak pada Balok Beton 0% Steel Fiber C	63
Gambar 4. 12 Pola Retak pada Balok Beton 1% Steel Fiber A	63
Gambar 4. 13 Pola Retak pada Balok Beton 1% Steel Fiber B	64
Gambar 4. 14 Pola Retak pada Balok Beton 1% Steel Fiber C	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

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Syarat Gradasi Agregat Kasar	9
Tabel 2. 2 Syarat Gradasi Agregat Halus	9
Tabel 2. 3 Ketentuan Minimum untuk Beton Bertulang Kedap Air	10
Tabel 2. 4 Sifat Kawat	13
Tabel 2. 5 Sifat Fisik Ground Granulated Blast Furnace Slag ..	Error! Bookmark not defined.
Tabel 2. 6 Sifat Mekanis Baja Tulangan	14
Tabel 3. 1 Nilai slump yang dianjurkan untuk berbagai pekerjaan konstruksi	29
Tabel 3. 2 Nilai slump yang dianjurkan untuk berbagai pekerjaan konstruksi	29
Tabel 3. 3 Perkiraan kebutuhan air pencampur dan kadar udara	30
Tabel 3. 4 Perkiraan kebutuhan air pencampur dan kadar udara	30
Tabel 3. 5 Hubungan antara rasio air semen dengan kekuatan beton	31
Tabel 3. 6 Hubungan antara rasio air semen dengan kekuatan beton	31
Tabel 3. 7 Volume agregat kasar per satuan volume beton	32
Tabel 3. 8 Volume agregat kasar per satuan volume beton	32
Tabel 3. 9 Perkiraan berat awal beton segar	32
Tabel 3. 10 Perkiraan berat awal beton segar	32
Tabel 4. 1 Data Hasil Pengujian Agregat Kasar	38
Tabel 4. 2 Data Hasil Pengujian Agregat Halus	38
Tabel 4. 3 Mix Design Beton	40
Tabel 4. 4 Kebutuhan Bahan	42
Tabel 4. 5 Hasil Pengujian Slump Flow T50	43
Tabel 4. 6 Hasil Pengujian L-Box	43
Tabel 4. 7 Hasil Pengujian Kuat Tekan Umur 7 Hari	44
Tabel 4. 8 Hasil Pengujian Kuat Tekan Umur 14 Hari	45
Tabel 4. 9 Hasil Pengujian Kuat Tekan Umur 28 Hari	45
Tabel 4. 10 Hasil Pembacaan Dial Gauge Balok 0% Steel Fiber	47
Tabel 4. 11 Hasil Pembacaan Dial Gauge Balok 1% Steel Fiber	50
Tabel 4. 12 Indeks Kekakuan Balok Beton Bertulang	53
Tabel 4. 13 Rekapitulasi Momen Retak Pertama	57



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

Tabel 4. 14 Rekapitulasi Beban dan Momen pada Kondisi Yield	59
Tabel 4. 15 Perbandingan Kapasitas Momen Lentur	60
Tabel 4. 16 Rekapitulasi Performa Balok Beton Bertulang	65





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 Hasil Pengujian Material Agregat Halus & Agregat Kasar.....	71
Lampiran 2 Spesifikasi Produk GGBFS, Semen, dan Superplasticizer.....	76
Lampiran 3 Mix Design Beton (SNI 7656 : 2012)	79
Lampiran 4 Rincian Perhitungan	83
Lampiran 5 Hasil Pengujian.....	86
Lampiran 6 Alat dan Bahan	90
Lampiran 7 Dokumentasi Kegiatan	95
Lampiran 8 Formulir SI-1 Pernyataan Calon Pembimbing	101
Lampiran 9 Formulir SI-2 Lembar Pengesahan.....	103
Lampiran 10 Formulir SI-3 Lembar Asistensi	105
Lampiran 11 Formulir SI-4 Lembar Persetujuan Pembimbing.....	111
Lampiran 12 Formulir SI-7 Lembar Bebas Pinjaman dan Urusan Administrasi.....	117

**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

Beton bertulang merupakan salah satu material utama dalam konstruksi karena memadukan keunggulan beton dalam menahan gaya tekan dan baja tulangan dalam menahan gaya tarik. Namun, retak masih menjadi permasalahan signifikan yang dapat mengurangi kekuatan dan umur layan struktur. Dalam beberapa dekade terakhir, muncul kebutuhan akan inovasi material yang tidak hanya kuat, tetapi juga ramah lingkungan dan efisien secara struktural. Salah satu pendekatan yang banyak diteliti adalah modifikasi campuran beton melalui penambahan bahan aditif tertentu untuk memperbaiki sifat mekanik, khususnya dalam ketahanan terhadap retak dan kinerja lentur.

Penambahan bahan tambah seperti *Ground Granulated Blast Furnace Slag* (GGBFS) dan *steel fiber* telah terbukti dapat meningkatkan sifat mekanis beton, termasuk kekuatan tekan dan lentur. GGBFS merupakan produk sampingan dari proses peleburan industri baja yang dapat mengurangi ketergantungan pada semen *portland*, mengurangi emisi karbon, konsumsi energi, serta eksploitasi sumber daya alam seperti pasir sungai (Dyavappanavar et al., 2024). Selain itu, penambahan GGBFS dalam campuran beton tidak hanya meningkatkan kekuatan tekan, tetapi juga memberikan ketahanan yang lebih baik terhadap retak dan deformasi. Hal ini menunjukkan bahwa GGBFS dapat berkontribusi pada umur dan keandalan struktur beton (Lee et al., 2021).

Steel fiber juga telah diakui sebagai bahan tambah yang efektif untuk meningkatkan kinerja lentur beton. Penggunaan *steel fiber* dalam beton dapat meningkatkan kekuatan lentur dan mengurangi kerentanan terhadap retak, terutama pada kondisi beban tinggi (Koksal et al., 2021). *Steel fiber* berfungsi untuk mendistribusikan beban secara lebih merata dalam matriks beton, sehingga mengurangi konsentrasi tegangan yang dapat menyebabkan retak (Tan et al., 2020). Kombinasi antara GGBFS dan *steel fiber* dalam campuran beton bertulang dapat memberikan solusi yang lebih baik untuk meningkatkan kinerja struktural dan mengurangi risiko kerusakan.



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

Meskipun beberapa studi telah mengulas manfaat dari masing-masing bahan tersebut, masih terdapat keterbatasan dalam pemahaman mengenai interaksi keduanya dalam beton bertulang, terutama dalam konteks pengujian lentur dan pola retak. Sebagian besar penelitian hanya meninjau efek dari satu bahan tambah tanpa memperhatikan efek gabungannya. Oleh karena itu, diperlukan kajian eksperimental yang lebih komprehensif untuk mengevaluasi pengaruh kombinasi GGBFS dan *steel fiber* terhadap kinerja balok beton bertulang.

1.2 Rumusan Masalah

1. Berapa besar beban yang mampu ditahan oleh balok beton bertulang dengan campuran GGBFS dan *steel fiber* hingga mencapai kondisi *yield*?
2. Berapa lendutan yang terjadi pada balok beton bertulang dengan campuran GGBFS dan *steel fiber* akibat pembebanan hingga kondisi *yield*?
3. Bagaimana kurva hubungan antara beban (P) dan lendutan (y) yang dihasilkan dari uji lentur pada balok beton bertulang dengan campuran GGBFS dan *steel fiber* hingga kondisi *yield*?
4. Bagaimana pola retak yang terbentuk pada balok beton bertulang selama proses pembebanan dengan campuran GGBFS dan *steel fiber*?
5. Berapa tegangan lentur yang terjadi pada balok beton bertulang dengan campuran GGBFS dan *steel fiber* pada kondisi *yield*?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Meneliti besar beban yang mampu ditahan oleh balok beton bertulang dengan campuran GGBFS dan *steel fiber* hingga mencapai kondisi *yield*.
2. Meneliti lendutan yang terjadi pada balok beton bertulang dengan campuran GGBFS dan *steel fiber* akibat pembebanan hingga kondisi *yield*.
3. Membuat kurva hubungan antara beban (P) dan lendutan (y) yang dihasilkan dari uji lentur pada balok beton bertulang dengan campuran GGBFS dan *steel fiber* hingga kondisi *yield*.
4. Menganalisis pola retak yang terbentuk pada balok beton bertulang selama proses pembebanan dengan campuran GGBFS dan *steel fiber*.
5. Menghitung tegangan lentur yang terjadi pada balok beton bertulang dengan campuran GGBFS dan *steel fiber* pada kondisi *yield*.



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

1.4 Manfaat Penelitian

1. Manfaat Teoritis

Penelitian ini diharapkan dapat memperkaya literatur ilmiah dalam bidang teknologi beton, khususnya mengenai pengaruh gabungan GGBFS dan *steel fiber* terhadap karakteristik lentur dan pola retak balok beton bertulang.

2. Manfaat Praktis

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar pertimbangan dalam praktik konstruksi, khususnya dalam optimalisasi penggunaan GGBFS dan *steel fiber* untuk meningkatkan kinerja lentur serta mengendalikan mekanisme retak pada balok beton bertulang, sehingga mendukung perencanaan struktur yang lebih efisien

1.5 Batasan Masalah

1. Penelitian ini dilakukan pada Laboratorium Uji Bahan Teknik Sipil PNJ dan Laboratorium Teknologi Bahan PT Nexco Indonesia.
2. Variasi penggunaan yang digunakan adalah *steel fiber* 0% dan 1% dari berat beton.
3. Pengujian karakteristik semen tidak dilakukan karena semen yang digunakan sudah sesuai dengan SNI.
4. Benda uji dari penelitian ini merupakan beton silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm, dengan diameter serat 1 mm, panjang 4 cm, dan rasio serat 40. Benda uji untuk kuat lentur menggunakan balok dengan ukuran 15 x 25 x 120 cm. Penambahan Polynex SPN11 sebanyak 0,8 % dari berat semen.
5. Pengujian dilakukan pada umur beton 28 hari untuk uji kuat tekan dan kuat lentur.
6. Parameter beton segar yang diuji meliputi *slump flow T50* dan *L-Box*.
7. Pengujian komposisi kimia pada GGBFS tidak dilakukan dan menggunakan hasil pengujian GGBFS dari PT Krakatau Semen Indonesia.
8. Uji lentur dilakukan hingga balok beton bertulang mencapai kondisi *yield* (leleh) tulangan.



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

1.6 Sistematika Penulisan

Skripsi ini disusun secara sistematis dengan pembagian sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menguraikan latar belakang, rumusan masalah, tujuan, manfaat, batasan, dan sistematika penulisan

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas teori tentang balok beton bertulang, *self-compacting concrete*, GGBFS, *steel fiber*, pola keruntuhan, serta kajian penelitian terdahulu.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini membahas tentang rancangan penelitian, alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian serta tahapan pelaksanaan penelitian.

BAB IV DATA DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan data hasil pengujian dan analisis pengaruh kombinasi GGBFS dan *steel fiber* terhadap performa lentur balok.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini menyimpulkan hasil penelitian dan memberikan saran untuk pengembangan selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

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

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian lentur terhadap balok beton bertulang dengan campuran GGBFS dan variasi penambahan *steel fiber*, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

- a. Balok dengan tambahan *steel fiber* 1% mampu menahan beban lebih besar dibandingkan balok tanpa *steel fiber*. Rata-rata peningkatan kapasitas beban maksimum mencapai 24% lebih tinggi hingga kondisi *yield*.
- b. Lendutan balok meningkat secara signifikan pada kondisi *yield*. Balok dengan *steel fiber* menunjukkan lendutan yang lebih stabil dan rata-rata 17% lebih besar dibanding balok tanpa *steel fiber*, menunjukkan sifat deformasi yang lebih baik.
- c. Kurva hubungan beban dan lendutan menunjukkan respon yang lebih stabil pada balok dengan *steel fiber*. Balok ini mampu menahan beban lebih lama sebelum mengalami deformasi berlebih.
- d. Penambahan *steel fiber* berperan dalam memperlambat dan membatasi perkembangan retak. Pola retak pada balok 1% *steel fiber* terlihat lebih terkendali dan menyebar merata, dibandingkan balok tanpa *steel fiber* yang memiliki retak lebih cepat dan dominan di tengah bentang.
- e. Tegangan lentur pada balok dengan *steel fiber* lebih tinggi, yaitu 13,31 MPa, dibandingkan 10,69 MPa pada balok tanpa *steel fiber*. Ini menunjukkan bahwa *steel fiber* meningkatkan kapasitas lentur balok secara signifikan.

5.2 Saran

Untuk meningkatkan mutu penelitian ini, perlu dilakukan saran – saran demi mendapatkan hasil yang lebih baik. Adapun saran untuk penelitian selanjutnya antara lain :

- a. Perlu penelitian lebih lanjut mengenai kapasitas lentur balok beton bertulang dengan campuran GGBFS maupun *steel fiber* dengan umur pengujian yang lebih lama.



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

- b. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai perilaku elemen struktur lain seperti kolom dan pelat lantai yang menggunakan campuran GGBFS maupun *steel fiber*, khususnya terhadap kapasitas aksial dan lentur,
- c. Menambah variasi persentase *steel fiber* (misalnya 0,5%, 1,5%, atau 2%) untuk memperoleh pemahaman yang lebih luas tentang pengaruh kandungan *steel fiber* terhadap kapasitas lentur dan pola retak.



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 PUSTAKA

- ASTM C33/C33M-18 : Standard Specification for Concrete Aggregates (2023).
- ASTM C150. (2012). *ASTM C150-07 Standard Specification for Portland Cement* (Patent 150).
- Badan Standarisasi Nasional. (2011). *SNI 4431:2011 Cara Uji Kuat Lentur Beton Normal dengan Dua Titik Pembebanan*.
- Badan Standarisasi Nasional. (2012). *SNI 7656 : 2012 Tata Cara Pemilihan Campuran untuk Beton Normal, Beton Berat, dan Beton Massa*. In *BSN 2012*. BSN.
- Chowdhury, Md. R., & Mondal, D. (2024). Flexural Behavior of Recycled Aggregate Concrete Beam with Varying Dosage of Steel Fiber. *Journal of Engineering Research and Reports*, 26(12), 141–152. <https://doi.org/10.9734/jerr/2024/v26i121347>
- Dyavappanavar, S. P., Kulkarni, D. K., Channagoudar, S., Wali, S., Vijapur, G., Patil, S., Sathyanarayana, A., & Shwetha, G. C. (2024). Enhancing Concrete Performance: Utilizing Industrial Waste GGBFS as an Admixture in Self-Compacting Concrete. *Journal of Applied Engineering Sciences*, 14(2), 246–251. <https://doi.org/10.2478/jaes-2024-0030>
- EFNARC. (2002). *Specification and Guidelines for Self-Compacting Concrete*. www.efnarc.org
- Eka Raza Pradesta, Jits., Rivi Hendaridi, A., Nurdianto, R., & Raza Pradesta, E. (n.d.). *PENGARUH ZAT ADDITIVE TIPE F UNTUK BETON FAST TRACK OPEN TRAFFIC DALAM 7 HARI* (Vol. 5, Issue 1).
- Ghosh, D., Abd-Elssamd, A., Ma, J., & Hun, D. (2020). *Development of High Early Strength Fiber Reinforced Self Compacting Concrete*.
- Gupta, N., Siddique, R., & Belarbi, R. (2021). Sustainable and Greener Self-Compacting Concrete incorporating Industrial By-Products: A Review. *Journal of Cleaner Production*, 284.
- Koksal, F., Srinivasa, K., Babayev, Z., & Kaya, M. (2021). Effect of Steel Fibres on Flexural Toughness of Concrete and RC Beams. *Arabian Journal for Science and Engineering*.
- Kurniawan, E., Suryanita, R., & Djauhari, Z. (2019). *Perilaku Mekanik Balok Beton Bertulang Tanpa dan Dengan Sengkang Pascabakar* (Vol. 7, Issue 1).
- Lee, Y. J., Kim, H. G., & Kim, K. H. (2021). Effect of ground granulated blast furnace slag replacement ratio on structural performance of precast concrete beams. *Materials*, 14(23). <https://doi.org/10.3390/ma14237159>



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

- Miralami, S. M., Ziabari, S. H., & Esfahani, M. R. (2023). *The Effect of GGBFS with Steel and Carbon Fibers on the Mechanical Properties and Durability of Concrete*. <https://doi.org/10.22060/ajce.2023.21616.5806>
- PT Nexco Indonesia. (2024). *Polynex SPN11 Water Reducing and High Range Admixture LEMBAR DATA SHEET*.
- Puspita, N., Hani'A, A. I., & Fauzi, M. (2020). The effect of Ground Granulated Blast Furnace Slag (GGBFS) on Portland cement type II to compressive strength of high quality concrete. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 830(2). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/830/2/022068>
- Rizkya, V., Amalia, & Saputra, J. (2024). *Pengaruh Penggunaan Ground Granulated Blast Furnace Slag pada Steel Fiber Concrete*. Politeknik Negeri Jakarta.
- Santa, L., & Hutaajulu, N. (2023). *Analisis Tegangan Lentur pada Balok Beton Bertulang Dengan Beban Terpusat*. 9(2), 38–43.
- Setiya Budi, A., Safitri, E., & Shelina, S. (2020). *KAPASITAS GESER-LENTUR BALOK BETON BERTULANG HIGH VOLUME FLY ASH SELF COMPACTING CONCRETE (HVFA-SCC) DENGAN KADAR FLY ASH 60% DAN BALOK BETON BERTULANG NORMAL*. 8(3). <https://doi.org/10.20961/mateksi.v8i3>
- Shirke, R. A. (2022). Effect on Flexural Strength of Steel Fiber Reinforced Self Compacting Concrete. In *Multidisciplinary Peer Reviewed Journal ISSN* (Vol. 8).
- SNI 2052:2017. (2017). *SNI 2052:2017 Baja Tulangan Beton*. Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 2834:2000. (2000). *SNI 2834:2000 Tata Cara Campuran Beton Normal*. Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 7656:2012. (2012). *SNI 7656:2012 Tata cara pemilihan campuran untuk beton normal, beton berat dan beton massa*. Badan Standarisasi Nasional.
- Tan, Y., Zhou, C., & Zhou, J. (2020). Influence of the Steel Fiber Content on the Flexural Fatigue Behavior of Recycled Aggregate Concrete. *Advances in Civil Engineering*, 2020. <https://doi.org/10.1155/2020/8839271>
- Wijatmiko, I., Wibowo, A., & Nainggolan, C. R. (2020). *Analisis Pengaruh Panjang dan Bentuk Fiber Kaleng Bekas Terhadap Kuat Lentur dan Lebar Retak Balok Beton Bertulang*.
- Zao, C., Wang, Z., Zhu, Z., & Zhao, R. (2023). Research on different types of fiber reinforced concrete in recent years: An overview. *Construction and Building Materials*, 365(130075).