PENGARUH METODE PEMADATAN PADA CAMPURAN BETON MUTU TINGGI DENGAN SERBUK KACA SEBAGAI SUBTITUSI SEMEN

SKRIPSI

Program Studi Sarjana Teknik Sipil
Jurusan Teknik Sipil

Oleh:
ALMA ANANDA RISTYA
NIM D1011201071

FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
PONTIANAK
2025

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Alma Ananda Ristya

NIM : D1011201071

menyatakan bahwa dalam SKRIPSI yang berjudul “Pengaruh Metode Pemadatan Pada Campuran Beton Mutu Tinggi Dengan Serbuk Kaca Sebagai Subtitusi Semen” tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar sarjana di suatu perguruan tinggi mana pun. Sepanjang pengetahuan Saya, tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atas diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah inidan disebutkan dalam Daftar Rujukan.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sebenar-benarnya. Saya sanggup menerima konsekuensi akademis dan hukum dikemudian hari apabila ditemukan pernyataan yang dibuat tidak benar.

Pontianak, 31 Juli 2025



Alma Ananda Ristya
NIM. D1011201071

KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
FAKULTAS TEKNIK
Jalan Prof. Dr. H. Hadari Nawawi Pontianak 78124
Telepon (0561) 740186 WA: +6282152280907
Email : ft@untan.ac.id Website : http://teknik.untan.ac.id

HALAMAN PENGESAHAN

PENGARUH METODE PEMADATAN PADA CAMPURAN BETON MUTU TINGGI DENGAN SERBUK KACA SEBAGAI SUBTITUSI SEMEN

Jurusan Teknik Sipil
Program Studi Sarjana Teknik Sipil

Oleh:

Alma Ananda Ristya
NIM. D1011201071

Telah dipertahankan di depan Penguji Skripsi pada tanggal 31 Juli 2025 dan diterima sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar sarjana teknik

Susunan Penguji Skripsi :

Dosen Pembimbing Utama	: Ir. Gatot Setya Budi, S.T., M.T., IPM NIP. 197211242000121002
Dosen Pembimbing Kedua	: Ir. Erwin Sutandar, S.T., M.T., IPM, CRMP NIP. 197209301997021002
Dosen Penguji Utama	: Asep Supriyadi, S.T., M.T. NIP. 197503011999031002
Dosen Penguji Kedua	: Ir. Elvira, M.T., Ph.D., IPM NIP. 196707141993031002

Pontianak, 31 Juli 2025

Dekan,

Dr.-Ing. Ir. Slamet Widodo, M.T., IPM
NIP. 196712231992031002

Pembimbing Utama

Ir. Gatot Setya Budi, S.T., M.T., IPM
NIP. 197211242000121002

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah Subhanahu Wata'ala atas berkat dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal tugas akhir yang berjudul "Pengaruh Metode Pemadatan Pada Campuran Beton Mutu Tinggi Dengan Serbuk Kaca Sebagai Subtitusi Semen" ini dengan baik dan lancar.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa dalam proses penulisan proposal tugas akhir ini penulis banyak menerima bantuan yang sangat berarti dari berbagai pihak. Untuk itu dalam kesempatan ini izinkan penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Dr.-Ing. Ir. Slamet Widodo, M.T., IPM, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura Pontianak.
2. Bapak Dr. Herwani, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Tanjungpura Pontianak.
3. Ibu Dr. Elsa Tri Mukti, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Tanjungpura Pontianak.
4. Bapak Ir. Gatot Setya Budi, S.T., M.T., IPM, selaku Dosen Pembimbing Utama yang sudah sabar membimbing dan memberikan arahan yang sangat berarti dari awal hingga akhir dalam penyusunan proposal tugas akhir ini.
5. Bapak Ir. Erwin Sutandar, S.T., M.T., IPM, CRMP, selaku Dosen Pembimbing Kedua yang banyak membantu dan membimbing dalam penyusunan proposal tugas akhir dari awal hingga akhir.
6. Bapak Asep Supriyadi, S.T., M.T., selaku Dosen Penguji Utama sekaligus Dosen Pembimbing Akademik penulis yang telah memberikan bimbingan dan arahan selama penyusunan proposal ini.
7. Bapak Ir. Elvira, M.T., Ph. D., IPM, selaku Dosen Penguji Kedua yang telah memberikan bimbingan dan arahan selama penyusunan proposal ini.
8. Bapak/Ibu Dosen Program Studi Teknik Sipil, yang telah memberikan banyak ilmu yang bermanfaat selama penulis menempuh pendidikan di Universitas Tanjungpura Pontianak.

9. Segenap Staff Program Studi Teknik Sipil Universitas Tanjungpura Pontianak, yang banyak membantu dan memudahkan segala urusan penulis selama berkuliah.
10. Kedua Orang Tua Penulis, yang telah merawat, menyayangi serta memberikan dukungan dan doa yang tiada habis-habisnya untuk penulis. Penulis hanya bisa menyampaikan “Doa dan restu kalian adalah kekuatan terbesarku.”
11. Okto yang telah banyak membantu penulis dari awal sampai akhir, selalu mendukung penulis untuk menyelesaikan proposal tugas akhir ini, dan telah menjadi teman bekerja yang seru.
12. Okto, Dika, Listy dan anak skripsi bahan 2021 yang telah membantu penulis pada saat penelitian dan mendukung penulis untuk menyelesaikan proposal tugas akhir ini.
13. Ewin yang telah mendukung dan mendengarkan keluh kesah penulis dalam menghadapi proposal tugas akhir ini.
14. Sari, Endah, Pija, Nanda, Pina dan Nur, yang telah menjadi teman seperjuangan pada saat penulis melaksanakan perkuliahan dari awal hingga akhir.
15. Teman-teman Sipil Angkatan 2020, yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu.

Penulis mengakui bahwa proposal ini masih banyak kelemahan dan kekurangan, sehingga perlu pengembangan lebih lanjut. Oleh karena itu, penulis menerima setiap saran, kritik dan masukan yang membangun demi kesempurnaan proposal ini. Penulis berharap agar penelitian ini dapat memberikan wawasan kepada pembaca serta berkontribusi dalam pengembangan ilmu pengetahuan dibidang konstruksi.

Pontianak, 31 Juli 2025



Alma Ananda Ristya
NIM. D1011201071

ABSTRAK

Permasalahan sampah kaca yang sulit terurai menjadi tantangan lingkungan yang signifikan di Indonesia. Data Kementerian Lingkungan Hidup mencatat bahwa pada tahun 2023 masih terdapat 291.225,04 kg limbah kaca yang belum terkelola. Salah satu upaya penanganan yang potensial adalah pemanfaatan limbah kaca sebagai bahan tambah pada campuran beton. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh metode pemadatan terhadap sifat fisis dan mekanis beton mutu tinggi dengan penambahan serbuk kaca sebesar 10% sebagai substitusi sebagian semen, serta untuk menentukan metode pemadatan yang paling efektif. Penelitian dilakukan dengan membuat campuran beton mutu tinggi menggunakan tiga variasi metode pemadatan, yaitu V1 (Tusuk), V2 (Vibrator), dan V3 (Meja Getar). Pengujian dilakukan terhadap nilai *slump*, berat volume, kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas menggunakan standar SNI 2847:2019 dan ASTM C469. Hasil pengujian pada umur 28 hari menunjukkan bahwa metode pemadatan tusuk (V1) menghasilkan performa terbaik, dengan kuat tekan mencapai 51,354 MPa, kuat tarik belah 4,456 MPa, serta modulus elastisitas (ASTM C469) sebesar 50.570,668 MPa. Sebaliknya, metode pemadatan meja getar (V3) menunjukkan hasil terendah. Dengan demikian, metode pemadatan berpengaruh signifikan terhadap kualitas beton, dan metode tusuk (V1) dinyatakan paling efektif untuk beton mutu tinggi dengan campuran serbuk kaca 10%.

Kata Kunci: *beton mutu tinggi, metode pemadatan, serbuk kaca, kuat tekan, modulus elastisitas*

ABSTRACT

The issue of non-biodegradable glass waste poses a significant environmental challenge in Indonesia. According to data from the Ministry of Environment in 2023, approximately 291,225.04 kg of glass waste remained unmanaged. One potential solution is to utilize glass waste as an additive material in concrete mixtures. This study aims to examine the effect of compaction methods on the physical and mechanical properties of high-strength concrete using 10% glass powder as a partial replacement for cement, and to determine the most effective compaction method. The research was conducted by producing high-strength concrete with three different compaction methods: V1 (Manual Compaction), V2 (Vibrator), and V3 (Vibrating Table). Tests were carried out to measure slump, unit weight, compressive strength, splitting tensile strength, and modulus of elasticity using standards SNI 2847:2019 and ASTM C469. The results at 28 days of curing showed that the rod compaction method (V1) produced the best performance, with compressive strength of 51.354 MPa, splitting tensile strength of 4.456 MPa, and modulus of elasticity (ASTM C469) of 50,570.668 MPa. In contrast, the vibrating table method (V3) yielded the lowest results in all parameters. It can be concluded that compaction methods significantly affect the performance of concrete, and the rod method (V1) is the most effective for high-strength concrete incorporating 10% glass powder.

Keywords: *high-strength concrete, compaction method, glass powder, compressive strength, modulus of elasticity*

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ..... **ii**
HALAMAN PENGESAHAN ..... **iii**
PRAKATA ..... **iv**
ABSTRAK ..... **vi**
DAFTAR ISI ..... **viii**
DAFTAR GAMBAR ..... **xi**
DAFTAR TABEL ..... **xiii**
DAFTAR GRAFIK ..... **xv**
DAFTAR SIMBOL ..... **xvii**
BAB I PENDAHULUAN **1**
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Perumusan Masalah 3
1.3 Tujuan Penelitian 4
1.4 Ruang Lingkup Penelitian 4
1.5 Pembatasan Masalah 5
1.6 Sistematika Penulisan 5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA **6**
2.1 Beton Mutu Tinggi 6
2.2 Material Penyusun Beton 7
2.2.1 Semen *Portland* 8
2.2.2 Agregat Halus 9
2.2.3 Agregat Kasar 14
2.2.4 Air 20
2.3 Bahan Tambah 21
2.3.1 Serbuk Kaca 21
2.3.2 *Superplasticizer* 24
2.4 Perencanaan Campuran Beton Mutu Tinggi 25
2.5 Pengujian *Slump* 29
2.6 Pengujian Beton 30
2.6.1 Kuat Tekan 30

2.6.2 Kuat Tarik Belah 30
2.6.3 Modulus Elastisitas 30
2.7 Umur Beton 32
2.8 Perawatan Beton 32
2.9 Sifat Beton Segar 32
2.9.1 Sifat Kemudahan Dipadatkan dan Dialirkan 33
2.9.2 Sifat Dapat Bertahan Seragam 34
2.9.3 Kepadatan Beton 35
2.9.4 Pemadatan Beton 35
2.10 Sifat Fisis dan Sifat Mekanis Pada Beton 38
2.10.1 Sifat Fisis Beton 38
2.10.2 Sifat Mekanis Beton 39
2.11 Penelitian Terdahulu 40
BAB III METODOLOGI PENELITIAN 43
3.1 Umum 43
3.2 Hipotesis Penelitian 43
3.3 Waktu dan Tempat Penelitian 44
3.4 Studi Pustaka 44
3.5 Prosedur Penelitian 44
3.6 Sampel dan Populasi 46
3.7 Analisa Bahan dan Alat 46
3.7.1 Bahan 46
3.7.2 Alat 47
3.8 Pengujian Beton Mutu Tinggi 55
3.9 Pengujian dan Analisis Bahan atau Material 55
3.9.1 Semen 55
3.9.2 Agregat Kasar (Batu) 58
3.9.3 Agregat Halus (Pasir) 65
3.9.4 Serbuk Kaca 70
3.10 Rancangan Campuran Beton Mutu Tinggi 73
3.10.1 Prosedur *Mix Design* 73
3.11 Pengadukan Campuran 74

3.11.1 Pemadatan Dengan Cara Ditusuk 75
3.11.2 Pemadatan Dengan Mesin Vibrator 75
3.11.3 Pemadatan Dengan Meja Getar 75
3.12 Perawatan Beton 76
3.13 Pengujian Beton 76
3.13.1 Pengujian *Slump* 76
3.13.2 Pengujian Kuat Tekan 77
3.13.3 Pengujian Berat Isi atau Volume Benda Uji 78
3.13.4 Pengujian Kuat Tarik dan Belah 78
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 82
4.1 Umum 82
4.2 Hasil Analisa Bahan Material Beton Mutu Tinggi 82
4.2.1 Agregat Halus 82
4.2.2 Agregat Kasar 85
4.2.3 Semen 89
4.2.4 Serbuk Kaca 90
4.2.5 Rekapitulasi Keselurahan Hasil Pengujian Analisa Bahan 92
4.3 Proporsi Campuran 92
4.4 Hasil Pengujian Beton Mutu Tinggi dengan Variasi Metode Pemadatan + Serbuk Kaca 93
4.4.1 Pengujian *Slump Test* 93
4.4.2 Pengujian Berat Volume 94
4.4.3 Pengujian Kuat Tekan 96
4.4.4 Pengujian Tarik Belah 103
4.4.4 Pengujian Modulus Elastisitas 104
4.5 Rekapitulasi Keseluruhan Hasil Pengujian Beton Mutu Tinggi dengan Variasi Metode Pemadatan + Serbuk Kaca 130
BAB V PENUTUP 131
5.1 Kesimpulan 131
5.2 Saran 132
DAFTAR PUSTAKA 133
LAMPIRAN 138

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Semen *Portland* Merk *Conch* 9
Gambar 2. 2 Serbuk Kaca 24
Gambar 2. 3 *Superplaticizer* Merk *Sika Cim Concrete* 25
Gambar 2. 4 Tipe-tipe *Slump* 29
Gambar 2. 5 Grafik Kurva Hubungan Tegangan Regangan Beton 31
Gambar 2. 6 Modulus Sekan dan Modulus Tangent Beton 31
Gambar 2. 7 Pemadatan beton dengan ditusuk 36
Gambar 2. 8 Mesin Vibrator 37
Gambar 2. 9 Meja Getar 37
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian 45
Gambar 3. 2 Mesin Uji Tekan 47
Gambar 3. 3 *Bearing block* 47
Gambar 3. 4 Cetakan Silinder 48
Gambar 3. 5 Meja Getar 48
Gambar 3. 6 Mesin Vibrator 49
Gambar 3. 7 Mesin Penggetar Saringan dan Satu Set Saringan 49
Gambar 3. 8 Oven material 49
Gambar 3. 9 Timbangan elektrik 30 kg 50
Gambar 3. 10 Timbangan Digital 50
Gambar 3. 11 Timbangan 50
Gambar 3. 12 Timbangan ketelitian 1 gr 51
Gambar 3. 13 Alat *slump* merk MBT 51
Gambar 3. 14 *Compressometer* 51
Gambar 3. 15 Molen 52
Gambar 3. 16 Mesin *Los Angeles* 52
Gambar 3. 17 Bola-bola Baja 52
Gambar 3. 18 Gelas Ukur dan Botol *Le chatelier* 53
Gambar 3. 19 *Organic Plate* 53
Gambar 3. 20 Termometer 53
Gambar 3. 21 *Mould* dan Tongkat Pemadat 54

Gambar 3. 22 Keranjang Besi dan Penggantung 54
Gambar 3. 23 *Stone Crusher* 54
Gambar 3. 24 Serbuk Kaca 70

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Jenis Semen *Portland* 8
Tabel 2. 2 Kandungan Semen (Neville &Brooks, 1987) 8
Tabel 2. 3 Batas Gradasi Agregat Halus 12
Tabel 2. 4 Batas-Batas Gradasi Agregat Kasar 17
Tabel 2. 5 Batas-Batas Gradasi Agregat Campuran 18
Tabel 2. 6 Gradasi Agregat kasar 20
Tabel 2. 7 Kandungan Kaca 23
Tabel 2. 8 Kandungan Serbuk Kaca 23
Tabel 2. 9 Fraksi Volume Agregat Kasar Optimum (SNI 03-6468-2000) 26
Tabel 2. 10 Estimasi Kebutuhan Air dan Kadar Udara Beton Segar (SNI 03-6468-2000) 27
Tabel 2. 11 Rasio (w/c) disarankan (Campuran Tanpa *Superplasticizer*) 28
Tabel 2. 12 Rasio (w/c) disarankan (Campuran dengan *Superplasticizer*) (SNI 03-6468-2000) 28
Tabel 2. 13 Jenis Beton Menurut Berat Satuannya 39
Tabel 3. 1 Daftar Sampel Benda Uji 46
Tabel 3. 2 Abrasi Batu 64
Tabel 3. 3 Proporsi campuran beton berdasarkan SNI 03-6468-2000 74
Tabel 3. 4 Perlakuan Variasi Metode Pemadatan 74
Tabel 4. 1 Analisa Gradasi Agregat Halus 82
Tabel 4. 2 Hasil Analisa Berat Volume Agregat Halus 83
Tabel 4. 3 Hasil Analisa Berat Jenis Agregat Halus 84
Tabel 4. 4 Hasil Analisa Pemeriksaan Kadar Air 84
Tabel 4. 5 Hasil Analisa Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus 84
Tabel 4. 6 Analisa Gradasi Agregat Kasar 85
Tabel 4. 7 Hasil Analisa Berat Volume Agregat Kasar 87
Tabel 4. 8 Hasil Analisa Berat Jenis Agregat Kasar 88
Tabel 4. 9 Hasil Analisa Pemeriksaan Kadar Air 88
Tabel 4. 10 Hasil Analisa Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Kasar 88
Tabel 4. 11 Hasil Analisa Pengujian Keausan Agregat Kasar 89

Tabel 4. 12 Hasil Analisa Pemeriksaan Berat Jenis Semen 89
Tabel 4. 13 Hasil Analisa Pemeriksaan Berat Volume Semen 89
Tabel 4. 14 Hasil Analisa Pemeriksaan Kehalusan Semen 90
Tabel 4. 15 Hasil Analisa Pemeriksaan Berat Jenis Serbuk Kaca..... 90
Tabel 4. 16 Hasil Analisa Pemeriksaan Berat Volume Serbuk Kaca..... 91
Tabel 4. 17 Hasil Analisa Pemeriksaan Kehalusan Serbuk Kaca 91
Tabel 4. 18 Rekapitulasi Hasil Pengujian Analisa Bahan 92
Tabel 4. 19 Komposisi Beton Mutu Tinggi per m^3 93
Tabel 4. 20 Pengujian Slump Test..... 93
Tabel 4. 21 Pengujian Slump Test setelah ditambahkan *Superplaticizer* 94
Tabel 4. 22 Berat Volume Rata-rata..... 95
Tabel 4. 23 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton (fcr') Mutu Tinggi dengan Variasi Metode Pemadatan..... 96
Tabel 4. 24 Nilai Korelasi Pengujian Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi dengan Variasi Metode Pemadatan 100
Tabel 4. 25 Hasil Pengujian Kuat Tekan Rata-rata (fcr) Beton Mutu Tinggi dengan Variasi Metode Pemadatan..... 101
Tabel 4. 26 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Rata-rata Umur 28 Hari..... 103
Tabel 4. 27 Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Variasi 1 113
Tabel 4. 28 Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Variasi 2 121
Tabel 4. 29 Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Variasi 3 129
Tabel 4. 30 Rekapitulasi Perhitungan Modulus Elastisitas 129
Tabel 4. 31 Rekapitulasi Keseluruhan Hasil Pengujian Beton Mutu Tinggi dengan Variasi Metode Pemadatan + Serbuk Kaca..... 130

DAFTAR GRAFIK

Grafik 2. 1 Gradasi Pasir Halus 13
Grafik 2. 2 Gradasi Pasir Agak Halus..... 13
Grafik 2. 3 Gradasi Pasir Sedang..... 14
Grafik 2. 4 Gradasi Pasir Kasar 14
Grafik 2. 5 Gradasi Split Ukuran Maksimum 10 mm..... 17
Grafik 2. 6 Gradasi Split Ukuran Maksimum 20 mm..... 17
Grafik 2. 7 Gradasi Split Ukuran Maksimum 40 mm..... 18
Grafik 2. 8 Gradasi Campuran Ukuran Butir Maks. 40 mm..... 18
Grafik 2. 9 Gradasi Campuran Ukuran Butir Maks. 20 mm..... 19
Grafik 2. 10 Gradasi Campuran Ukuran Butir Maks. 10 mm..... 19
Grafik 4. 1 Analisa Gradasi Agregat Halus (Pasir Sedang)..... 83
Grafik 4. 2 Analisa Gradasi Agregat Kasar (Ukuran Maksimal 40 mm) 86
Grafik 4. 3 Analisa Gradasi Agregat Kasar (Ukuran Maksimal 20 mm) 86
Grafik 4. 4 Analisa Gradasi Agregat Kasar (Ukuran Maksimal 10 mm) 86
Grafik 4. 5 Analisa Gradasi Agregat Kasar (ASTM C33-03 Ukuran No.57)..... 87
Grafik 4. 6 Diagram Batang Hasil Pengujian *Slump* 93
Grafik 4. 7 Diagram Batang Setelah ditambah *Superplasticizer* 94
Grafik 4. 8 Diagram Batang Berat Volume Rata-rata..... 95
Grafik 4. 9 Grafik Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi dengan Serbuk Kaca Menggunakan Metode Pemadatan Tusuk (V1.1) 97
Grafik 4. 10 Grafik Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi dengan Serbuk Kaca Menggunakan Metode Pemadatan Tusuk (V1.2) 97
Grafik 4. 11 Grafik Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi dengan Serbuk Kaca Menggunakan Metode Pemadatan Tusuk (V1.3) 98
Grafik 4. 12 Grafik Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi dengan Serbuk Kaca Menggunakan Metode Pemadatan Mesin Vibrator (V2.2)..... 98
Grafik 4. 13 Grafik Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi dengan Serbuk Kaca Menggunakan Metode Pemadatan Meja Getar (V3.1) 99
Grafik 4. 14 Grafik Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi dengan Serbuk Kaca Menggunakan Metode Pemadatan Meja Getar (V3.2) 99

Grafik 4. 15 Grafik Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi dengan Serbuk Kaca Menggunakan Metode Pemadatan Meja Getar (V3.3) 100
Grafik 4. 16 Grafik Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi dengan Serbuk Kaca Menggunakan Metode Pemadatan Tusuk (V1) 101
Grafik 4. 17 Grafik Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi dengan Serbuk Kaca Menggunakan Metode Pemadatan Mesin Vibrator (V2) 101
Grafik 4. 18 Grafik Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi dengan Serbuk Kaca Menggunakan Metode Pemadatan Meja Getar (V3) 102
Grafik 4. 19 Grafik Kuat Tekan Gabungan V1, V2 dan V3 102
Grafik 4. 20 Diagram Batang Kuat Tarik Belah Rata-rata Benda Uji 104
Grafik 4. 21 Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Variasi 1.1 105
Grafik 4. 22 Kurva Tegangan dan Regangan Variasi 1.1 106
Grafik 4. 23 Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Variasi 1.2 110
Grafik 4. 24 Kurva Tegangan dan Regangan Variasi 1.2 111
Grafik 4. 25 Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Variasi 1.3 111
Grafik 4. 26 Kurva Tegangan dan Regangan Variasi 1.3 112
Grafik 4. 27 Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Variasi 2.1 113
Grafik 4. 28 Kurva Tegangan dan Regangan Variasi 2.1 114
Grafik 4. 29 Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Variasi 2.2 118
Grafik 4. 30 Kurva Tegangan dan Regangan Variasi 2.2 119
Grafik 4. 31 Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Variasi 2.3 119
Grafik 4. 32 Kurva Tegangan dan Regangan Variasi 2.3 120
Grafik 4. 33 Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Variasi 3.1 121
Grafik 4. 34 Kurva Tegangan dan Regangan Variasi 3.1 122
Grafik 4. 35 Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Variasi 3.2 126
Grafik 4. 36 Kurva Tegangan dan Regangan Variasi 3.2 127
Grafik 4. 37 Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Variasi 3.3 127
Grafik 4. 38 Kurva Tegangan dan Regangan Variasi 3.3 128

DAFTAR SIMBOL

No.	Keterangan	Simbol	Satuan
1	Nilai kuat tekan	f'c	MPa
2	Beban uji maksimum	P	N
3	Luas penampang silinder	A	mm^2
4	Kuat tarik belah beton	σt	N/mm^2
5	Konstanta	π	
6	Tinggi/panjang silinder beton	L	mm
7	Diameter silinder beton	D	mm
8	Berat benda uji	W	kg
9	Volume benda uji	V	m^3
10	Tegangan saat beton mencapai 40% tegangan maksimum	s2	MPa
11	Tegangan yang sesuai dengan regangan arah longitudinal sebesar 0,00005	s1	MPa
12	Regangan arah longitudinal s akibat s2	ε2	
13	Penurunan arah longitudinal	ΔL	mm
14	Tinggi beton (jarak antara 2 *strain gauge*)	L	mm
15	Regangan aksial saat 0,4 fc	$\varepsilon_{0,4f'c}$	
16	Berat volume beton	wc	kg/m^3
17	Berat isi semen	M	kg/m^3
18	Berat semen dan penakar	G	kg
19	Berat Penakar	T	kg
20	Volume penakar	V	m^3
21	Bacaan Volume Awal	V1	mL
22	Bacaan Volume Akhir	V2	mL
23	Massa	m	gram
24	Volume	v	mL
25	Pembacaan deformasi dial	ΔI	mm
26	Jarak Diamati	I	
27	Regangan	ε	
28	Tegangan	σ	MPa
29	Modulus elastisitas berdasarkan pendekatan secant modulus	Ec sec	MPa
30	Modulus elastisitas berdasarkan pendekatan chord modulus	Ec chord	MPa
31	Modulus elastisitas berdasarkan pendekatan initial tangent modulus	Ec int	MPa
32	Tegangan titik kedua	σ2	MPa
33	Tegangan titik pertama	σ1	MPa
34	Regangan titik kedua	ε2	
35	Regangan titik pertama	ε1	
36	Modulus elastisitas berdasarkan pendekatan tangent modulus	Ec tan	MPa

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Beton merupakan material konstruksi yang terdiri dari beberapa bahan penyusun, yaitu semen, agregat kasar, agregat halus dan air dengan atau tanpa bahan tambah (*admixture*). Beton memiliki banyak kelebihan mulai dari bisa dibentuk sesuai dengan permintaan, memiliki nilai kuat tekan yang tinggi dan tahan terhadap suhu tinggi. Dengan kelebihan – kelebihan ini menjadi alasan beton banyak digunakan di dunia konstruksi. Namun terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan agar beton mendapatkan kekuatan rencananya, seperti kualitas material bahan penyusun beton, proses pengadukan campuran beton, proses pemadatan dan proses perawatan beton.

Beton yang memiliki nilai kuat tekan lebih dari 40 MPa hingga 80 MPa dikenal sebagai beton mutu tinggi. Beton mutu tinggi juga memerlukan perawatan khusus. Salah satu alasan mengapa beton mutu tinggi digunakan untuk struktur bangunan adalah karena kekuatan tekannya yang tinggi, yang memungkinkan untuk mengurangi ukuran kolom yang digunakan dan meningkatkan luasan ruang, dan memiliki durabilitas yang tinggi.

Berbagai inovasi material penyusun beton ini dikembangkan dengan memanfaatkan limbah yang dihasilkan dari berbagai kegiatan manusia. Mulai dari subtitusi agregat halus, agregat kasar, semen maupun sebagai bahan tambah. Pada penelitian ini ruang lingkup diperkecil, yaitu memanfaatkan limbah kaca sebagai bahan subtitusi semen.

Seiring berkembangnya perindustrian mengakibatkan jumlah sampah semakin banyak, baik itu sampah yang mudah terurai maupun yang sulit terurai. Limbah kaca bekas atau sisa produksi adalah salah satu sampah yang sulit terurai. Berdasarkan data statistik Kementrian Negara Lingkungan Hidup Indonesia (KNLH) pada tahun 2023, Indonesia menghasilkan sampah sebanyak 19,56 juta ton sampah, yang bersumber dari rumah tangga, pasar tradisional, pusat perniagaan, kawasan khusus/industri, perkantoran, fasilitas publik dan lainnya. Berdasarkan data dari Direktorat Jenderal Pengelolaan Sampah, Limbah dan B3, untuk jenis

sampah kaca masih tersisa sebanyak 291.225,04 kg yang belum dikelola. Oleh karena itu, dibutuhkan penanganan dengan mendaur ulang sampah tersebut menjadi sebuah inovasi. Pemanfaatan limbah kaca bisa berupa penggunaan kembali, mendaur ulang atau yang lainnya. Pendauran ulang kaca dilakukan dengan menghancurkan atau meleburkan kaca, yang kemudian digunakan untuk membuat produk seperti botol, bohlam lampu, dan lainnya. Sedangkan, penggunaan kembali bisa dilakukan dengan cara menggunakan limbah botol kaca sebagai hiasan, pot bunga dan lainnya. Selain itu, limbah kaca dapat digunakan kembali sebagai campuran beton. Limbah ini dapat digunakan sebagai bahan tambah atau pengganti sebagian (Suyotono, 2008 dalam Nuruddin, 2022).

Biasanya limbah kaca sisa produksi dikumpulkan dan diolah menjadi suatu produk atau dilakukan pemanfaatan yang lain. Pemanfaatan terhadap limbah kaca ini salah satunya yaitu sebagai bahan campuran beton. Sebelum digunakan sebagai campuran beton, limbah kaca diproses menjadi serbuk kaca. Dengan menggunakan serbuk kaca sebagai bahan campuran beton akan mengurangi limbah yang sulit terurai di Indonesia. Kandungan kimia serbuk kaca hampir identik dengan kandungan semen. Mulai dari silika (SiO_2), alumunium oksida (Al_2O_3), besi oksida (Fe_2O_3) dan kalsum oksida atau kapur (CaO). Pada serbuk kaca unsur kimia yang paling banyak kandungannya yaitu silika (SiO_2) sebesar 61,72%. Dengan ini maka serbuk kaca termasuk bahan pozzolan. (Hanafiah, 2011 dalam Suwignyo, 2015)

Pozzolan merupakan bahan yang sebagian besar mengandung silika yang bersifat mengikat. Kandungan kimia yang berpengaruh terhadap nilai kuat tekan yaitu silika reaktif yang terdapat pada semen, semakin banyak silika reaktif yang bereaksi dengan kalisum hidroksida maka kuat tekan akan semakin tinggi (Adi Darmawan, 2007). Penggunaan variasi serbuk kaca 0%, 6%, 8%, 10%, 12% dan 12% dari berat semen, hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai kuat tekan beton meningkat mulai dari presentase serbuk kaca 0% hingga 10% dari berat semen (Karwur, 2013)

Selain itu, untuk menambah kekuatan beton bisa menggunakan cara pemadatan. Proses ini sangat memengaruhi kekuatan beton yang dihasilkan setelah pengecoran. Pemadatan bertujuan untuk mencapai kepadatan maksimum dan menghilangkan rongga udara. Metode pemadatan yang baik dapat menghasilkan

kuat tekan yang tinggi namun nilai permeabilitas yang dihasilkan semakin kecil, karena berkurangnya pori pada beton. Ketika pemadatan tidak dilakukan dengan benar, itu dapat mengurangi bahkan menyebabkan gagalnya struktur beton seperti *segregasi* (pemisahan agregat), *bleeding* (pemisahan air dari campuran), dan cacat beton lainnya. Semua hal ini menyebabkan beton menjadi lebih buruk, yang mengurangi kinerja (Lasino, 2002).

Proses pemadatan pada beton segar sangat memengaruhi kekuatan beton yang dihasilkan setelah pengecoran. Menurut penelitian yang dilakukan berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) dan *American Society of Civil Engineers* (ASCE), beton segar yang dipadatkan dengan alat pemadat standar mencapai nilai pencapaian tertinggi dengan nilai 115,23% pada masa pemeliharaan 7 hari dan 124,25% pada masa pemeliharaan 28 hari. Sedangkan pemadatan dengan menggunakan alat pemadat modifikasi memperoleh rata-rata pencapaian kuat tekan beton sebesar 112,39% pada umur beton 7 hari dan 117,57% pada umur beton 28 hari. Sedangkan pemadatan secara manual memperoleh nilai rata-rata pencapaian sebesar 108,70% pada umur beton 7 hari dan 117,12% pada umur beton 28 hari. Sehingga pemadatan dengan menggunakan penggetaran memiliki kuat tekan terbaik. *Segregasi* beton tidak terlihat dalam pengamatan yang dilakukan. (Ardiwinata, 2015)

Dari penelitian tersebut, penulis akan melakukan penelitian lebih lanjut yang dimana diharapkan dapat menyempurnakan penelitian sebelumnya, penelitian lanjutan ini mengarah pada metode pemadatan. Proses pemadatan yang akan diuji ini berdasarkan SNI 03-6468-2000 (Pd T-18-1999-03) untuk pembuatan beton mutu tinggi dengan serbuk kaca sebagai subtitusi semen.

1.2 Perumusan Masalah

Dari latar belakang diatas muncul beberapa poin-poin masalah yaitu sebagai berikut.

1. Bagaimana pengaruh metode pemadatan terhadap sifat fisis (Berat volume dan *Slump*) dan sifat mekanis (Kuat tekan, Kuat tarik belah dan Modulus elastisitas) beton mutu tinggi dengan serbuk kaca sebagai subtitusi semen?
2. Manakah metode pemadatan yang paling tepat digunakan terhadap campuran beton mutu tinggi dengan serbuk kaca sebagai subtitusi semen?

1.3 Tujuan Penelitian

Dari penjabaran rumusan masalah diatas, maka tujuan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui pengaruh metode pemadatan terhadap sifat fisis (Berat volume, dan *Slump*) dan sifat mekanis (Kuat tekan, Kuat tarik belah, dan Modulus elastisitas) pada beton mutu tinggi dengan serbuk kaca sebagai subtitusi semen.
2. Untuk mengetahui metode pemadatan yang tepat pada campuran beton mutu tinggi dengan serbuk kaca sebagai subtitusi semen.

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Untuk membatasi ruang lingkup studi ini, maka ruang lingkup penelitian ini sebagai berikut:

1. Material yang digunakan terdiri dari :
    a. Semen yang digunakan adalah semen PCC merk *Conch* diproduksi oleh PT. *Conch Cement* Indonesia dan memenuhi persyaratan SNI 15-7064-2004.
    b. Air yang digunakan adalah air PDAM dengan Ph 6-7
    c. *Superplasticizer* menggunakan produk PT. Sika Indonesia yaitu *Sika Cim Concrete*. Penggunaan *Superplasticizer* sebesar 0,8 % dari berat semen.
    d. Serbuk kaca yang digunakan berasal dari limbah botol kaca yang lolos di saringan no 200.
    e. Kuat tekan dengan f_c'= 42 MPa
    f. Komposisi campuran akan menyesuaikan SNI 03-6468-2000 (Pd T-18-1999-03).
2. Metode pemadatan yang digunakan sebagai berikut:
    1) Metode manual dilakukan dengan menggunakan tongkat pemadat.
    2) Metode pemadat dilakukan dengan menggunakan mesin vibrator.
    3) Metode pemadat standar dilakukan dengan menggunakan meja getar standar.
3. Benda uji beton mutu tinggi dibuat menjadi silinder dengan ukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm dan silinder dengan ukuran diameter 100 mm dan tinggi 200 mm.

4. Penggunaan serbuk kaca sebagai bahan subtitusi semen sebesar 10% dari berat semen.
5. Pengujian kuat tekan beton akan dilakukan pada 7,14, dan 28 hari

1.5 Pembatasan Masalah

Dalam upaya untuk memfokuskan ruang lingkup penelitian, maka pembatasan masalah dijabarkan sebagai berikut:

1. Tidak meneliti reaksi kimia serbuk kaca terhadap campuran beton mutu tinggi.
2. Tidak meneliti pengaruh temperatur terhadap sifat fisis dan mekanis beton mutu tinggi.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan laporan penelitian pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Berisi penjelasan tentang latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, ruang lingkup penelitian, pembatasan masalah, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Berisi teori-teori yang mendasari penulisan tentang material campuran beton mutu tinggi serta referensi penelitian terdahulu yang akan digunakan dalam penelitian ini.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Berisi penjelasan tentang hipotesa sementara, metode, bahan, peralatan, jadwal waktu penelitian, pelaksanaan penelitian, *mix desain*

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Mencakup hasil analisis data yang diperoleh dari pengujian, *jobmix*, serta pembahasan hasil pengujian.

BAB V PENUTUP

Berisi kesimpulan dari analisa dan pembahasan yang telah dilakukan, beserta saran dari peneliti yang dapat dilakukan atau diterapkan oleh peneliti selanjutnya