PENGARUH LIMBAH KACA SEBAGAI SUBSTITUSI AGREGAT HALUS DAN VARIASI KADAR SERAT BAJA TERHADAP SIFAT MEKANIS BETON

TUGAS AKHIR

Disusun dan Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Gelar Sarjana (S-1) Teknik Sipil Institut Teknologi Nasional Malang

Disusun Oleh:

TRIKA FIANTI

19.21.153

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

2026

LEMBAR PERSETUJUAN
TUGAS AKHIR

PENGARUH LIMBAH KACA SEBAGAI SUBSTITUSI AGREGAT HALUS DAN VARIASI KADAR SERAT BAJA TERHADAP SIFAT MEKANIS BETON

Disusun dan Ditujukan Untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik (S-1) Institut Teknologi Nasional Malang

Disusun Oleh :

TRIKA FIANTI
19.21.153

Telah disetujui oleh Dosen Pembimbing Untuk Diujikan Pada Tanggal

14 Agustus 2026

Disetujui oleh :

Dosen Pembimbing I	Dosen Pembimbing II
Ir. Eding Iskak Imananto, MT.	**Nenny Roostrianawaty, ST., MT.**
NIP. 1966 0506 199303 1 004	NIP. P. 103 1700 533

Mengetahui,
Kepala Program Studi Teknik Sipil S-1
Institut Teknologi Nasional Malang

Dr. Yosimson P. Manaha, ST., MT.
NIP. P. 103 0300 383

LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR

PENGARUH LIMBAH KACA SEBAGAI SUBSTITUSI AGREGAT HALUS DAN VARIASI KADAR SERAT BAJA TERHADAP SIFAT MEKANIS BETON

Tugas Akhir Ini Telah Dipertahankan di Depan Dosen Penguji Tugas Akhir
Jenjang Strata S-1 Pada Tanggal 14 Agustus 2026 dan Diterima Untuk
Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Sipil S-1

Disusun Oleh :

TRIKA FIANTI
19.21.153

Dosen Penguji:

Dosen Penguji I	Dosen Penguji II
Dr. Yosimson P. Manaha, ST., MT.	**Mohammad Erfan, ST., MT.**
NIP. P. 103 0300 383	NIP. P. 103 1500 508

Disahkan Oleh :

Kepala Program Studi Teknik Sipil S-1 Institut Teknologi Nasional Malang	Sekretaris Program Studi Teknik Sipil S-1 Institut Teknologi Nasional Malang
Dr. Yosimson P. Manaha, ST.,MT.	**Nenny Roostrianawaty, ST., MT.**
NIP. P. 103 0300 383	NIP. P. 103 1700 533

KATA PENGANTAR

Penulis memanjatkan puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir yang berjudul **"PENGARUH LIMBAH KACA SEBAGAI SUBSTITUSI AGREGAT HALUS DAN VARIASI KADAR SERAT BAJA TERHADAP SIFAT MEKANIS BETON"** dapat diselesaikan dengan baik dan tepat waktu. Pada proses penyelesaian Tugas Akhir ini penulis mendapatkan banyak bantuan dari beberapa pihak. Oleh karena itu, ucapan terima kasih dan permohonan maaf yang besar kepada semua pihak yang terkait, yaitu**:**

1. Bapak **Awan Uji Krismanto, ST., MT., PhD**. Selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang.
2. **Dr. Ir. Debby Budi Susanti, S.T., M.T**, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang.
3. Bapak **Dr. Yosimson P. Manaha, S.T., M.T**, selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang.
4. Ibu **Nenny Roostrianawaty, ST., MT**. Selaku Sekretaris Program Studi Teknik Sipil S-1 Institut Teknologi Nasional Malang.
5. Bapak **Ir. Eding Iskak Imananto, MT**. Selaku Dosen Pembimbing I
6. Ibu **Nenny Roostrianawati, ST., MT**. Selaku Dosen Pembimbing II
7. **Orang Tua** yang selalu mendukung dan mendoakan segala sesuatunya yang baik.
8. Serta teman-teman 2019 dari Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Nasional Malang yang telah memberikan motivasi dan bantuan.

Penulis menyadari laporan Tugas Akhir ini masih memiliki kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi perbaikan. Semoga laporan ini bermanfaat bagi pembaca.

Malang, Agustus 2026

TRIKA FIANTI
19.21.153

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Trika Fianti

Nim : 19.21.153

Program Studi : Teknik Sipil S-1

Fakultas : Teknik Sipil dan Perencanaan

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir saya dengan judul:

"PENGARUH LIMBAH KACA SEBAGAI SUBSTITUSI AGREGAT HALUS DAN VARIASI KADAR SERAT BAJA TERHADAP SIFAT MEKANIS BETON"

Adalah sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya, di dalam naskah TUGAS AKHIR ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah TUGAS AKHIR ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur PLAGIASI, saya bersedia TUGAS AKHIR ini digugurkan dan gelar akademik yang saya peroleh (SARJANA) dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, Pasal 25 Ayat 2 dan Pasal 70).

Malang, Agustus 2026

Yang Membuat Pernyataan



Trika Fianti

19.21.153

PERSEMBAHAN

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, yang telah memberikan kesehatan, rahmat, dan hidayah. Sehingga, penulis masih diberikan kesempatan untuk menyelesaikan skripsi ini sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik.

Walaupun jauh dari kata sempurna, namun penulis bangga telah mencapai pada titik ini, yang akhirnya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

Skripsi atau Tugas Akhir ini penulis persembahkan untuk:

1. Bapak Suryono dan Ibu Wiwit Riwayati, selaku orang tua penulis yang senantiasa memberikan kasih sayang, doa, dukungan moril maupun materi, serta menjadi tempat penulis berkeluh kesah dalam menghadapi berbagai hal selama perjalanan ini. Terima kasih atas segala pengorbanan, kesabaran, dan cinta yang tidak pernah berhenti diberikan. Semoga Bapak dan Ibu senantiasa diberikan kesehatan, kebahagiaan, dan umur panjang.
2. Bapak Ir. Eding Iskak Imananto, MT , selaku Dosen Pembimbing I yang senantisa telah membantu dan memberikan arahan kepada penulis dalam penyusunan Tugas Akhir ini sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik. Semoga Bapak diberikan kelancaran dan semoga Bapak diberikan kebahagiaan dan kesehatan selalu.
3. Ibu Nenny Roostrianawaty, ST., MT , selaku Dosen Pembimbing II atas kesediaan waktunya dalam memberikan bimbingan, dan arahan kepada penulis sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik. Semoga Ibu diberikan kelancaran dalam menyelesaikan studi selanjutnya dan semoga Ibu diberikan kebahagiaan dan kesehatan.
4. Rekan Seperjuangan Penelitian: Florensia, Umar, Gega, Kevin, Rizal, Rojek, Syahroni, Desta, dan Estu. Terima kasih telah menjadi partner dalam penelitian Tugas Akhir, saling membantu, berbagi cerita, dan melewati berbagai drama selama proses penelitian. Setelah 14 semester penuh cerita, perjuangan, dan drama perkuliahan, akhirnya sampai juga di penghujung perjalanan. Semoga perjuangan dan kebersamaan yang telah kita lalui menjadi kenangan yang indah. Akhirnya, drama perkuliahan kita akan segera usai. Semangat untuk langkah dan perjalanan masing-masing setelah ini!
5. CahyaNingrum Dwi Nanda Suwarjo, S.T., selaku sahabat penulis selama di Malang, yang selalu menemani, mendengarkan setiap keluh kesah, memberikan dukungan, serta meluangkan waktu untuk berbagi cerita dan quality time bersama. Terima kasih sudah menjadi teman dalam suka dan duka selama perjalanan perkuliahan ini. Semangat terus untuk perjuangan S2-nya. Semoga setiap proses yang sedang dijalani

diberikan kelancaran dan kemudahan, selalu diberikan kekuatan dalam menghadapi setiap tantangan, dan segera sampai pada titik yang selama ini diperjuangkan.

6. Florensia Viviani Bernard dan Umar Baharudin, selaku sahabat, saudara, teman sejati, dan teman seperjuangan kuliah yang telah menemani penulis selama di Malang. Terima kasih atas kebersamaan, dukungan, perhatian, dan semangat yang selalu diberikan dalam suka maupun duka. Terima kasih telah menjadi tempat berbagi cerita, saling menguatkan, dan menemani setiap proses serta perjuangan selama masa perkuliahan. Banyak suka, duka, tawa, dan kenangan yang telah kita lalui bersama. Semua itu akan selalu menjadi bagian berharga yang penulis kenang dalam perjalanan hidup ini.
7. Shanthi Ayu Surina, S.Farm., selaku sahabat penulis yang tetap hadir dan memberikan dukungan meskipun terpisah oleh jarak. Terima kasih untuk setiap cerita, semangat, perhatian, dan waktu yang tetap diluangkan di tengah kesibukan masing-masing. Jarak mungkin membuat kita tidak bisa selalu bertemu, tetapi tidak pernah mengurangi arti dari persahabatan ini. Semoga kita selalu diberikan kesempatan untuk terus berbagi cerita, saling mendukung, dan tetap menjadi sahabat meskipun berada di tempat yang berbeda.
8. Desi RatnaSari, S.E., dan Fatmawati , selaku sahabat penulis yang berada di Timika, yang selalu hadir menemani, menjadi tempat berbagi cerita, serta memberikan dukungan dalam berbagai keadaan. Terima kasih untuk setiap kebersamaan, tawa, dan cerita yang telah menjadi bagian dari perjalanan penulis selama ini.
9. Seluruh Dosen dan *staff* Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang.
10. Rekan-rekan Angkatan 2019, Terima Kasih banyak telah membantu penulis selama perkuliahan.
11. Terakhir, terima kasih kepada diri sendiri yang telah memilih untuk tetap bertahan dan tidak menyerah dalam keadaan apa pun. Terima kasih sudah melewati segala lelah, kecewa, kegagalan, dan rintangan, serta tetap bangkit dan menyelesaikan apa yang telah dimulai.

    Setelah perjalanan panjang selama 14 semester, akhirnya sampai juga di titik ini. Meskipun tidak sesuai rencana dan membutuhkan waktu lebih lama, setiap proses telah mengajarkan arti kesabaran, ketekunan, dan perjuangan. Tidak perlu membandingkan perjalanan ini dengan orang lain, karena setiap orang memiliki waktunya masing-masing. Banggalah pada diri sendiri karena telah bertahan sejauh ini. Setelah ini, jangan lupa beristirahat, menikmati hasil perjuangan.

ABSTRAK

“PENGARUH LIMBAH KACA SEBAGAI SUBSTITUSI AGREGAT HALUS DAN VARIASI KADAR SERAT BAJA TERHADAP SIFAT MEKANIS BETON”

Oleh : Trika Fianti (19.21.153). Pembimbing I : Ir. Eding Iskak Imananto, MT., Pembimbing II : Nenny Roostrianawaty, ST., MT. Program Studi Teknik Sipil S1, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh substitusi limbah kaca 10% sebagai pengganti agregat halus dan variasi serat baja Beton Normal, 0%, 0,4%, 0,5%, 0,6%, dan 0,7% terhadap kuat tekan, kuat tarik belah, dan kuat tarik lentur beton. Metode yang digunakan adalah eksperimen laboratorium dengan benda uji silinder 15 x 30 cm untuk tekan dan belah, serta balok 15 x 15 x60 cm untuk lentur, diuji pada umur 28 hari.

Berdasarkan Tabel 4.37, kuat tekan rata-rata: BN 19,03 MPa, BNK 0% 16,48 MPa, KS 0,4% 19,80 MPa, KS 0,5% 21,12 MPa (tertinggi), KS 0,6% 20,98 MPa, KS 0,7% 19,05 MPa. Penambahan serat 0,5% meningkatkan kuat tekan 10,98% terhadap BN. Berdasarkan Tabel 4.27, kuat tarik belah: BN 2,08 MPa, KS 0,4% 2,06 MPa, KS 0,5% 2,12 MPa, KS 0,6% 2,18 MPa, KS 0,7% 2,22 MPa (tertinggi) dengan peningkatan 6,73% terhadap BN.

Serat bekerja sebagai crack bridging. Berdasarkan Tabel 4.29, kuat tarik lentur: BN 4,24 MPa, KS 0,4% 4,60 MPa, KS 0,5% 4,84 MPa, KS 0,6% 5,21 MPa (tertinggi), KS 0,7% 4,42 MPa. Peningkatan tertinggi 22,88% pada KS 0,6%.Hasil uji ANOVA menunjukkan variasi serat baja berpengaruh signifikan terhadap kuat tekan, namun tidak signifikan secara statistik terhadap tarik belah dan lentur (P-value > 0,05). Kombinasi limbah kaca 10% dan serat baja 0,5%-0,6% direkomendasikan sebagai komposisi optimum untuk green concrete.

Kata Kunci: *Beton, Serat Baja, Limbah Kaca*

ABSTRACT

"THE EFFECT OF GLASS WASTE AS A FINE AGGREGATE SUBSTITUTE AND VARIATIONS IN STEEL FIBER CONTENT ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF CONCRETE"

Trika Fianti (19.21.153). Supervisor I: Ir. Eding Iskak Imananto, MT., Supervisor II: Nenny Roostrianawaty, ST., MT. Bachelor of Civil Engineering Study Program, Faculty of Civil Engineering and Planning, Institut Teknologi Nasional Malang.

This study aims to analyze the effect of 10% glass waste substitution as a substitute for fine aggregate and variations in steel fiber content in Normal Concrete, 0%, 0.4%, 0.5%, 0.6%, and 0.7% on the compressive strength, splitting tensile strength, and flexural tensile strength of concrete. The method used was a laboratory experiment with 15x30 cm cylindrical specimens for compression and splitting, and 15x15x60 cm beams for flexure, tested at 28 days.

Based on Table 4.37, the average compressive strengths were: BN 19.03 MPa, BNK 0% 16.48 MPa, KS 0.4% 19.80 MPa, KS 0.5% 21.12 MPa (highest), KS 0.6% 20.98 MPa, KS 0.7% 19.05 MPa. The addition of 0.5% fiber increased the compressive strength by 10.98% compared to BN. Based on Table 4.27, split tensile strength: BN 2.08 MPa, KS 0.4% 2.06 MPa, KS 0.5% 2.12 MPa, KS 0.6% 2.18 MPa, KS 0.7% 2.22 MPa (*highest*) with an increase of 6.73% over BN.

Fibers work as crack bridging. Based on Table 4.29, flexural tensile strength: BN 4.24 MPa, KS 0.4% 4.60 MPa, KS 0.5% 4.84 MPa, KS 0.6% 5.21 MPa (highest), KS 0.7% 4.42 MPa. The highest increase was 22.88% at KS 0.6%. The ANOVA test results showed that variations in steel fiber had a significant effect on compressive strength, but were not statistically significant on split tensile and flexural strength (P-value > 0.05). The combination of 10% glass waste and 0.5%-0.6% steel fiber is recommended as the optimum composition for green concrete.

Keywords: *Concrete, Steel Fiber, Glass Waste*

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN ..... **i**

LEMBAR PENGESAHAN ..... **ii**

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR ..... **iii**

MOTTO ..... **iv**

PERSEMBAHAN ..... **v**

ABSTRAK ..... **vii**

ABSTRACT ..... **viii**

KATA PENGANTAR ..... **ix**

DAFTAR ISI ..... **x**

DAFTAR GAMBAR ..... **xviii**

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

BAB I PENDAHULUAN **1**

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Identifikasi Masalah 3

1.3 Rumusan Masalah 3

1.4 Tujuan Masalah 4

1.5 Batasan Masalah 4

1.6 Manfaat Penelitian 5

1.7 Hipotesis Penelitian 6

BAB II TINJAUAN PUSTAKA **7**

2.1 Penelitian Terdahulu 7

2.1.1 Kesimpulan Penelitian 13

2.2 Beton 13

2.2.1 Pengertian Beton 13

2.2.2 Material Penyusunan Beton 16

2.2.3 Proses Hidrasi Semen 18
2.2.4 Jenis-jenis Beton 18
2.2.5 Kelebihan dan Kekurangan Beton 19
2.2.6 Sifat-sifat Beton 19
2.3 Sifat Mekanis Beton 20
2.3.1 Kuat Tekan Beton 20
2.3.2 Standar Pengujian Kuat Tekan Beton 22
2.3.3 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kuat Tekan Beton 23
2.3.4 Klasifikasi Mutu Beton 24
2.3.5 Kuat Tarik Belah Beton 24
2.3.6 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kuat Tarik Belah 25
2.3.7 Kuat Tarik Lentur Beton 25
2.3.8 Faktor-faktor Mempengaruhi Kuat Tekan Tarik 26
2.3.9 Hubungan Antara Sifat Mekanis Beton 27
2.4 Campuran Beton (*Mix Design*) 28
2.4.1 Dasar Rencana Campuran 28
2.4.2 Prinsip Mix Design 28
2.4.3 Metode Mix Design 30
2.5 Agregat Dalam Beton 30
2.5.1 Pengertian Agregat 30
2.5.2 Agregat Halus 31
2.5.3 Agregat Kasar 32
2.6 Limbah Kaca 33
2.6.1 Pengertian Limbah Kaca 33

2.6.2 Sumber dan Jenis-jenis Limbah Kaca 33
2.6.3 Karakteristik dan Komposisi Kimia Limbah Kaca 34
2.6.4 Kelebihan dan Kelemahan Limbah Kaca..... 36
2.6.5 Proses Pengelolahan Limbah Kaca 36
2.6.6 Pemanfaatan Limbah Kaca dalam Beton 37
2.7 Serat Baja 37
2.7.1 Pengertian Serat Baja 37
2.7.2 Jenis dan Bentuk Serat Baja..... 37
2.7.3 Pengaruh Serat Baja terhadap Beton..... 38
2.7.4 Kelebihan dan Kekurangan Penggunaan Serat Baja..... 38
2.8 Substitusi Agregat Halus dan Limbah Kaca..... 40
2.8.1 Pengertian Substitusi Agregat Halus..... 40
2.8.2 Tujuan Substitusi Agregat Halus..... 40
2.9 Variasi Campuran Beton Limbah Kaca dan Serat Baja..... 42
2.10 Metode Uji 42
2.11 Uji Statistik Penelitian..... 43
2.11.1 Analisis Statistik..... 43
2.11.2 Uji Normalitas..... 44
2.11.3 Uji Homogenitas 44
2.12 Kerangka Pemikiran..... 44
BAB II METODOLOGI PENELITIAN 46
3.1 Umum 46
3.2 Jenis dan Metode Penelitian..... 46
3.3 Lokasi dan Waktu Penelitian..... 47

3.3.1 Lokasi Penelitian 47
3.3.2 Waktu Penelitian 48
3.4 Variabel Penelitian 49
3.4.1 Variabel Bebas (*Variabel Independen*) 49
3.4.2 Variabel Terikat (*Variabel Dependen*) 51
3.4.3 Variabel Kontrol (*Tetap*) 52
3.4.4 Hubungan Antara Variabel 52
3.5 Bahan Penelitian 53
3.5.1 Semen Portland 53
3.5.2 Agregat Halus (*Pasir*) 54
2.5.3 Agregat Kasar (*Kerikil*) 54
3.5.4 Air 55
3.5.5 Limbah Kaca 55
3.5.6 Serat Baja (*Steel Fiber*) 56
3.5.7 Komposisi Bahan dalam Campuran 56
3.6 Alat Penelitian 57
3.6.1 Alat Pencampuran Beton 57
3.6.2 Alat Penimbangan dan Pengukuran 58
3.6.3 Alat Pengujian *Workability* 60
3.6.4 Alat Pembuatan Benda Uji 60
3.6.5 Alat Perawatan Beton (*Curing*) 61
3.6.6 Alat Pengujian Kuat Tekan Beton 62
3.6.7 Alat Pengujian Kuat Tarik Lentur Beton 62
3.6.8 Alat Pendukung Lainnya 63

3.7 Pengujian Material 63
3.7.1 Analisa Saringan (*Sieve Analysis*) 63
3.7.2 Kadar Air (*Moisture Content*) 65
3.7.3 Berat Jenis (*Specific Gravity*) dan Penyerapan Air 65
3.8 Serat Baja 66
3.9 Perencanaan Campuran Beton (*Mix Design*) 66
3.9.1 Dasar Perencanaan Beton 68
3.9.2 Tahapan Perhitungan Mix Design 68
3.9.3 Komposisi Campuran Beton 68
3.9.4 Prosedur Pencampuran Beton 69
3.9.5 Pembuatan Benda Uji Beton 69
3.9.6 Perawatan Benda Uji Beton (*Curing*) 70
3.9.7 Pengujian Beton 70
3.9.8 Pencatatan Data 70
3.9.9 Analisis Data 70
3.10 Rancangan Benda Uji 71
3.11 Teknik Pengumpulan Data 72
3.12 Teknik Analisis Data 73
3.12.1 Analisis Statistitk (*Uji Hipotesis*) 74
3.12.2 Interval Kepercayaan 74
3.12.3 Analisis Resgresi 74
3.13 Penyajian Data dan Tabel 74
3.14 Penyajian Data dalam Grafik 75
3.15 Bagan Alir Penelitian 77

3.16 Jadwal Penelitian..... 78

3.17 Rencana Anggaran Biaya (RAB) 79

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 80

4.1 Hasil Pemeriksaan Material Campuran..... 80

4.1.1 Hasil Pemeriksaan Berat Isi 80

4.1.2 Hasil Pemeriksaan Analisis Saringan..... 86

4.1.3 Hasil Analisis Saringan Limbah Kaca 91

4.1.4 Hasil Pengujian Kadar Kadar Zat Organik Agregat Halus 94

4.1.5 Hasil Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus 95

4.1.6 Hasil Pengujian Kadar Air Agregat 96

4.1.7 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat 98

4.1.8 Keausan Agregat Kasar (*Los Angeles*) 101

4.1.9 Hasil Pemeriksaan Konsistensi Normal dan Waktu Ikat 106

4.1.10 Persiapan Serat Baja (Pemotongan dan Penimbangan) 107

4.2 Perancangan Campuran Beton (*Mix Design*)..... 108

4.2.1 Perancangan Campuran 109

4.2.2 Menghitung Kebutuhan Bahan Pada Campuran..... 118

4.3 Pengujian Slump Test Beton Bervariasi..... 120

4.4 Hasil Sifat Mekanis Beton..... 122

4.4.1 Hasil Kuat Tekan Beton 122

4.4.2 Hasil Kuat Tarik Belah Beton..... 131

4.4.3 Pembahasan Kuat Tarik Belah..... 137

4.4.4 Hasil Kuat Lentur Beton.....139

4.4.5 Pembahasan Kuat Lentur 138

4.5 Pengujian Interval Kepercayaan.....144

4.6 Analisis Resgresi 148

4.6.1 Analisis Resgresi Kuat Tekan Beton 148

4.7 Uji Statistik (*One-Way ANOVA*) 151

4.8 Pembahasan.....155

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 158

5.1 Kesimpulan 158

5.2 Saran 160

DAFTAR PUSTAKA 161

LAMPIRAN.....164

DOKUMENTASI PENELITIAN 165

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Grafik Pengaruh % Limbah Kaca vs Kuat Tekan 12

Gambar 2.2 Grafik Pengaruh Kuat Tekan vs Serat Baja..... 12

Gambar 2.3 Skema Uji Kuat Tekan Beton 21

Gambar 2.4 Grafik Hubungan Kuat Tekan dan Campuran 21

Gambar 2.5 Grafik Hubungan Umur Beton Beton vs Kuat Tekan 23

Gambar 2.6 Pengujian Kuat Tarik Belah..... 24

Gambar 2.7 Grafik Komposit Kimia Kaca 35

Gambar 2.8 Diagram Kandungan Kima Limbah Kaca..... 35

Gambar 3.1 Semen 54

Gambar 3.2 Agregat Halus..... 54

Gambar 3.3 Agregat Kasar..... 54

Gambar 3.4 Air Bersih 55

Gambar 3.5 Limbah Kaca 55

Gambar 3.6 Serat Baja (Bendrat)..... 56

Gambar 3.7 Mesin Pengaduk Beton 57

Gambar 3.8 Sekop dan Cangkul 57

Gambar 3.9 Ember 57

Gambar 3.10 Timbangan Digital..... 59

Gambar 3.11 Gelas Ukur..... 59

Gambar 3.12 Ayakan (*Sieve Set*)..... 59

Gambar 3.13 Alat Uji Slump 60

Gambar 3.14 Cetakan silinder..... 60

Gambar 3.15 Cetakan Balok 61

Gambar 3.16 Batang Pemadat..... 61

Gambar 3.17 Meja Getar..... 61

Gambar 3.18 Bak Perendaman..... 62

Gambar 3.19 Bagan Alir Penelitian 76
Gambar 4.1 Penimbangan Agregat Kasar 81
Gambar 4.2 Penimbangan Agregat Halus 83
Gambar 4.3 Perataan Semen 84
Gambar 4.4 Saringan/ayakan 86
Gambar 4.5 Grafik Gradasi Agregat Kasar 88
Gambar 4.6 Grafik Agregat Halus Zona I..... 90
Gambar 4.7 Pemeriksaan Kadar Lumpur..... 92
Gambar 4.8 Agregat Kasar dan Halus..... 93
Gambar 4.9 Proses Pengujian Berat Jenis Semen 98
Gambar 4.10 Proses Pengayakan Limbah Kaca..... 99
Gambar 4.11 Proses Pemecahan Kaca 99
Gambar 4.12 Proses Pembagian Pecahan Kaca 100
Gambar 4.13 Proses Abrasi..... 102
Gambar 4.14 Grafik Konsistensi Normal Semen..... 103
Gambar 4.15 Grafik Waktu Ikat..... 105
Gambar 4.16 Proses Pemotongan dan Penimbangan Serat (Bendrat)..... 106
Gambar 4.17 Kurva Korelasi Kuat Tekan dan FAS..... 111
Gambar 4.18 Grafik Persentase Agregat Halus..... 113
Gambar 4.19 Grafik Beton Segar dan Kadar Air Bebas 114
Gambar 4.20 Grafik Slump Bervariasi..... 120
Gambar 4.21 Pengujian Slump 121
Gambar 4.22 Uji Kuat Tekan..... 122
Gambar 4.23 Pola Retak Kuat Tekan..... 126
Gambar 4.24 Grafik Hubungan Variasi Baja dan limbah Kaca 10%..... 127
Gambar 4.25 Pola Retak Tarik Belah..... 134
Gambar 4.26 Grafik Pengaruh Variasi (KS)..... 135

Gambar 4.27 Pola Patah Kuat Tarik Lentur 142

Gambar 4.28 Grafik Kuat Lentur 143

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu 7
Tabel 2.2 Kajian Penelitian Terdahulu (Limbah Kaca) 9
Tabel 2.3 Kajian Penelitian Terdahulu (Serat Baja) 9
Tabel 2.4 Perbandingan Penelitian Terdahulu 10
Tabel 2.5 Material Utam Penyusun Beton 16
Taber 2.6 Klasifikasi Beton Berdasarkan Mutu 18
Tabel 2.7 Standar Pengujian Beton 22
Tabel 2.8 Mutu Beton 24
Tabel 2.9 Hubungan Antara Sifat Mekanis Beton 27
Tabel 2.10 Jenis Limbah Kaca Berdasarkan 34
Tabel 2.11 Komposisi Kimia Serat Baja 39
Tabel 2.12 Variasi Campuran Beton 42
Tabel 3.1 Variabel Bebas Penelitian 50
Tabel 3.2 Variabel Kontrol Penelitian 52
Tabel 3.3 Variasi Komposisi Campuran Beton 69
Tabel 3.4 Rancangan Benda Uji 72
Tabel 3.5 Jadwal Penelitian 78
Tabel 3.6 Rencana Anggaran Biaya (RAB) 79
Tabel 4.1 Berat isi Agregat Kasar (Gembur) 80
Tabel 4.2 Berat Isi Agregat Kasar (Padat) 81
Tabel 4.3 Berat Isi Agregat Halus (Gembur) 82
Tabel 4.4 Berat Isi Agregat Halus (Padat) 82
Tabel 4.5 Berat Isi Semen (Gembur) 84
Tabel 4.6 Berat Isi Semen (Padat) 85
Tabel 4.7 Analisa Saringan Agregat Kasar 87
Tabel 4.8 Analisa Saringan Agregat Halus 89

Tabel 4.9 Analisa Saringan Limbah Kaca..... 91
Tabel 4.10 Kadar Air Agregat Kasar..... 96
Tabel 4.11 Kadar Air Agregat Halus 97
Tabel 4.12 Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Kasar..... 98
Tabel 4.13 Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Halus..... 99
Tabel 4.14 Berat Jenis Semen Portland..... 100
Tabel 4.15 Pengujian Keausan Agregat Kasar 102
Tabel 4.16 Hasil Pengujian Kosistensi Normal.....103
Tabel 4.17 Waktu Ikat 105
Tabel 4.18 Rangkuman Hasil Pemeriksaan Material 108
Tabel 4.19 Deviasi Standar Berdasarkan Jumlah Beton 110
Tabel 4.20 Estimasi Kuat Tekan Beton 111
Tabel 4.21 Perkiraan Kadar Air Bebas..... 113
Tabel 4.22 Komposisi Kebutuhan Campuran Beton Lapangan 119
Tabel 4.23 Kebutuhan Campuran Beton Uji Silinder dan Balok..... 119
Tabel 4.24 Slump Test Variasi Campuran Beton.....120
Tabel 4.25 Hasil Uji Kuat Tekan Beton Silinder 128
Tabel 4.26 Rekapitulasi Nilai Rata-rata Kuat Tekan 130
Tabel 4.27 Hasil Uji Kuat Tarik Belah Beton Silinder 136
Tabel 4.28 Rekapitulasi Nilai Rata-rata Kut Tarik Belah..... 138
Tabel 4.29 Hasil Uji Kuat Tarik Lentur Balok 142
Tabel 4.30 Rekapitulasi Nilai Rata-rata Kuat Tarik Lentur.....144
Tabel 4.31 Interval Kepercayaan Kuat Tekan Beton.....145
Tabel 4.32 Interval Kepercayaan Kuat Belah Beton 146
Tabel 4.33 Interval Kepercayaan Kuat Lentur 147
Tabel 4.34 Data Variasi Kaca Serat..... 148
Tabel 4.35 Analisa Resgresi Kuat Tekan Beton 149

Tabel 4.36 Analisa Resgresi Kuat Tarik Belah 149
Tabel 4.37 Analisa Resgresi Kuat Lentur 150
Tabel 4.38 Rekapitulasi Hasil Pengujian Kuat Tekan.....151
Tabel 4.39 Hasil Kuat Tekan Uji One-Way ANOVA.....152
Tabel 3.40 Hasil Kuat Tarik Belah Uji One-Way ANOVA 152
Tabel 3.41 Hasil Kuat Lentur Uji One-Way ANOVA 153