PENGARUH VARIASI PANJANG SERAT PLASTIK TERHADAP KUAT TEKAN, KUAT TARIK BELAH, DAN MODULUS ELASTISITAS BETON RINGAN

SKRIPSI

TEKNIK SIPIL

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan

memperoleh gelar Sarjana Teknik

RACHMANIAR RIZKI PRATAMA

NIM. 145060101111019

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

MALANG

2019

repository.ub.ac.id

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

LEMBAR PENGESAHAN

PENGARUH VARIASI PANJANG SERAT PLASTIK TERHADAP KUAT TEKAN, KUAT TARIK BELAH, DAN MODULUS ELASTISITAS BETON RINGAN

SKRIPSI

TEKNIK SIPIL

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik

RACHMANIAR RIZKI PRATAMA

NIM. 145060101111019

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing
Pada tanggal 30 Desember 2019

Dosen Pembimbing I	Dosen Pembimbing II
Dr. Eng. Indradi W, ST., M.Eng (Prac.)	Bhondana Bayu Brahmana K., ST., MT.
NIP. 19810220 200604 1 002	NIK. 201607 880727 1 001

Mengetahui,
Ketua Program Studi S1

Dr. Eng. Indradi Wijatmiko, ST., M.Eng (Prac.)
NIP. 19810220 200604 1 002

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Terimakasih untuk Keluarga

Bapak dan Ibu Dosen

Teman di Kampus

Seluruh Elemen Jurusan Teknik Sipil

Fakultas Teknik

Universitas Brawijaya

Yang Selalu Saya Banggakan

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

HALAMAN IDENTITAS TIM PENGUJI SKRIPSI

Judul Skripsi :

Pengaruh Variasi Panjang Serat Plastik Terhadap Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah, dan Modulus Elastisitas Beton Ringan.

Nama Mahasiswa : Rachmaniar Rizki Pratama

NIM : 145060101111019

Program Studi : Teknik Sipil

Minat : Struktur

Tim Dosen Penguji :

Dosen Penguji 1 : Dr. Eng. Indradi W, ST., M.Eng (Prac.)

Dosen Penguji 2 : Bhondana Bayu Brahmana K., ST., MT.

Dosen Penguji 3 : Ananda Insan Firdausy, ST., MT., M.Sc.

Tanggal Ujian : 24 Oktober 2019

SK Penguji : 588/UN 10.F07/PP/2019

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran sebagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam naskah skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya, 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 dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur plagiasi, saya bersedia skripsi ini dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70)

Malang, 30 Desember 2019

Rachmaniar Rizki Pratama

NIM. 145060101111019

RIWAYAT HIDUP

Rachmaniar Rizki Pratama, lahir di Jombang, 20 Desember 1995, anak pertama dari Bapak Thruno Aritonang dan Ibu Siti Zuniati. Mulai memasuki bangku sekolah di SD Negeri Pekuncen sejak tahun 2002 dan lulus pada tahun 2008. Kemudian melanjutkan pendidikan di Smp Negeri 1 Pasuruan dan lulus pada tahun 2011. Selanjutnya melanjutkan pendidikan di SMA Negeri 1 Bangil dan lulus pada tahun 2014. Kemudian mengenyam bangku perkuliahan hingga lulus S1 (Strata 1) pada tahun 2019 dari Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Malang.

Selama kuliah aktif berpartisipasi kepanitian yang diselenggarakan di Jurusan Teknik Sipil Universitas Brawijaya. Pengalaman kerja sebagai asisten dimatakuliah Perpetaan dan SIG Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya tahun 2017 hingga tahun 2018.

Malang, Desember 2019

Penulis

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT karena hanya berkat rahmat, hidayah dan karunia-Nya penulis berhasil menyelesaikan skripsi dengan judul **"Pengaruh Variasi Panjang Serat Plastik Terhadap Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah, dan Modulus Elastisitas Beton Ringan".**

Penulisan skripsi ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Brawijaya. Dalam penyusunan dan penulisan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu dalam kesempatan ini penulis dengan senang hati menyampaikan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Eng Indradi Wijatmiko., ST., M.Eng (Prac) selaku Dosen Pembimbing I
2. Bapak Bhondana Bayu Brahmana K., ST., MT. selaku Dosen Pembimbing II
3. Bapak Dr. Eng Alwafi Pujiraharjo, ST., MT. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Brawijaya.
4. Bapak Ari Wibowo, ST., MT., Ph.D., Ibu Christin Remayanti N. ST., MT., yang juga membantu dan memberi kepada saya dalam menyusun skripsi ini
5. Bapak Dr. Ir. Wisnumurti, MT. selaku Dosen Penasehat Akademik
6. Bapak Thruno Aritonang, Ibu Siti Zuniati, dan Bagus Permana Marulitua sebagai keluarga tersayang
7. Tim Skirpsi yang terdiri dari Bayu, Saha, Aldo, Imawan, Even, Rizky Wahana, Resda, dan Rizal
8. SIPIL UB 2014 yang telah membantu dalam pengerjaan skripsi
9. Bapak Sugeng dan Mas Dino yang telah membantu saya dan tim selama di Laboratorium Struktur Teknik Sipil Universitas Brawijaya
10. Teman-teman Kos KertoAsri 73 yang telah membantu
11. Teman-teman Imawan x Terminator yang telah membantu
12. Keluarga Besar Mahasiswa Sipil Teknik Sipil Universitas Brawijaya

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh sebab itu, saran dan kritik yang membangun sangat diharapkan untuk penelitian lanjutan di masa mendatang. Akhir kata, semoga skripsi ini bisa memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan sipil.

Malang, Oktober 2019

Rachmaniar Rizki Pratama

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR ..... **i**

DAFTAR ISI ..... **iii**

DAFTAR TABEL ..... **vii**

DAFTAR GAMBAR ..... **ix**

RINGKASAN ..... **xi**

SUMMARY ..... **xii**

BAB I PENDAHULUAN **1**

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Rumusan Masalah 2

1.3 Batasan Masalah 2

1.4 Tujuan Penelitian 3

1.5 Manfaat Peneltitian 3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA **5**

2.1 Beton 5

2.2 Beton Ringan 5

2.3 Semen 6

2.4 Agregat Halus 6

2.5 Agregat Kasar 7

2.6 Batu Apung (*pumice*) 7

2.7 FAS (Faktor Air Semen) 7

2.8 Beton Serat 7

2.8.1 Serat Polypropelene 8

2.8.1 Serat Plastik 8

2.9 Pemanfaatan Serat dalam Campuran Beton 9

2.10 Sifat Mekanik Beton 10

2.10.1 Kuat Tekan 10

2.10.2 Kuat Tarik Belah 12

2.10.3 Tegangan dan Regangan 13

2.10.4 Modulus Elastisitas 14

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

BAB III METODOLOGI PENELITIAN **17**
3.1 Rancangan Penelitian 17
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian 17
3.3 Alat dan Bahan Penelitian 17
3.4 Diagram Alir Penelitian 19
3.5 Analisi Material 21
3.5.1 Semen 21
3.5.2 Air 21
3.5.3 Pemeriksaan Gradasi Agregat Halus 21
3.5.4 Pemeriksaan Gradasi AGregat Kasar 22
3.5.5 Pemeriksaan Kadar Air Agregat 23
3.5.6 Pemeriksaan Berat Isi Agregat Halus 23
3.5.7 Pemeriksaan Berat Isi SAgregat Kasar 24
3.5.8 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air pada Agregat Kasar 25
3.5.9 Pemeriksaan Berat Isi Batu Apung (*Pumice*) 26
3.5.10 Pemeriksaan Berat Isi Serat Plastik Bekas Botol Mineral 1,5L 26
3.6 Prosedur Penelitian 27
3.6.1 Tahap Pertama 27
3.6.2 Tahap Kedua 28
3.6.3 Tahap Ketiga 29
3.7 Prosedur Pengujian Sifat Mekanik beton 29
3.7.1 Uji *Slump* 29
3.7.2 Uji Tekan Beton 31
3.7.3 Uji Modulus Elastisitas Beton 32
3.7.4 Uji Kuat Tarik Belah Beton 32
3.8 Variabel Penelitian 34
3.9 Metode Analisis Data 34
3.10 Hipotesis Penelitian 36
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN **37**
4.1 Serat Pastik 37
4.2 Analisis Agregat Kasar 39
4.3 Analisis Agregat Halus 41
4.4 Analisis Kadar Air 43
4.5 Perencanaan *Mix Design* 44

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

4.6 Hasil Pengujian 45
4.6.1 Berat Isi Beton 45
4.6.2 Uji *Slump* 47
4.6.3 Uji Kuat Tarik Belah 48
4.6.4 Uji Kuat Tekan 51
4.6.5 Uji Modulus Elastisitas (*Extensometer)* 56
4.7 Daktilitas 70
BAB V PENUTUP 73
5.1 Kesimpulan 73
5.2 Saran 74
DAFTAR PUSTAKA 75
LAMPIRAN

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

repository.ub.ac.id

RINGKASAN

Rachmaniar Rizki Pratama, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, September 2019, *Pengaruh Variasi Panjang Serat Plastik Terhadap Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah, dan Modulus Elastisitas Beton Ringan.* Dosen Pembimbing : Indradi Wijatmiko dan Bhondana Bayu B.K.

Di era yang modern ini, kebutuhan akan infrastruktur negara semakin meningkat, sama halnya dalam inovasi pada dunia konstruksi. Saat ini beton telah memiliki berbagai macam inovasi terhadap pembuatannya, baik dalam hal penambahan bahan penyusunnya maupun pergantian dari bahan penyusunnya itu sendiri. Salah satu yang dapat dilakukan untuk menciptakan inovasinya adalah penambahan serat plastik. Sedangkan untuk pergantian bahan penyusunya itu sendiri bisa dilakukan dengan cara mengganti beberapa persen agregat kasarnya menjadi batu apung(*pumice).*

Kehidupan manusia sulit dipisahkan dengan limbah yang mereka keluarkan. Salah satu hasil limbah manusia, baik dari rumah tangga maupun industri yang dinilai dapat mencemari lingkungan adalah plastik. Plastik tersebut juga merupakan limbah yang tidak dapat diuraikan oleh tanah. Oleh sebab itu alangkah lebih baik jika kita mengolah limbah plastik tersebut menjadi bahan campuran beton, guna meningkatkan kuat tekan, kuat tarik dan modulus elastisitasnya.

Setelah dilakukan percobaan penambahan serat plastik dan pergantian agregat kasar sebesar 25% menjadi *pumice,* diperoleh hasil pengujian kuat tekan rata-rata terbesar adalah beton ringan serat 6 cm dengan nilai 11,415 Mpa dengan peningkatan 20,406% dari nilai kuat tekan rata-rata beton ringan tanpa serat. Pada hasil pengujian kuat Tarik belah, beton ringan serat 6 cm juga memperoleh hasil paling besar, dengan nilai kuat tarik belah rata-ratanya adalah 1,136 Mpa dengan peningkatan sebesar 5.702% dari nilai kuat tarik belah rata-rata beton ringan tanpa serat. Dan pada hasil pengujian modulus elastisitas secan, beton ringan serat 6 cm memiliki rata-rata nilai modulus elastisitas sebesar 31877,086 Mpa dengan peningkatan sebesar 40% dari nilai modulus elastisitas beton ringan tanpa serat.

Kata kunci : serat plastik, plastik botol bekas, kuat tarik, kuat tekan, modulus elastisitas

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
Universitas Brawijaya

repository.ub.ac.id

SUMMARY

Rachmaniar Rizki Pratama, *Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Brawijaya University, September 2019, Effect of Variations in Length of Plastic Fibers Against Compressive Strength, Tensile Split Strength, and Modulus of Elasticity of Lightweight Concrete. Advisor:* Indradi Wijatmiko and Bhondana Bayu B.K.

In this modern era, the need for state infrastructure is increasing, it has the same case with innovation in the construction world. At the present, concrete has had various kinds of innovations to its manufacture, both in terms of the addition of its constituent materials or the replacement of the constituent materials themselves. One example to create innovation is the addition of plastic fibers. And for the substitution of ingredients, the feed itself can be done by replacing a few percent of the coarse aggregate into pumice.

Human life is difficult to separate from the waste they produce. One of the results of human waste, both from households and industries that are considered to pollute the environment is plastic. The plastic is also a waste that cannot be elaborate by the soil. Therefore it would be better if we process the plastic waste into a concrete mixture material, in order to increase the compressive strength, tensile split strength and modulus of elasticity.

After testing the addition of plastic fibers and changing of 25% coarse aggregate into pumice, the largest average compressive strength test results were 6 cm lightweight fiber concrete with a value of 11,415 MPa with an increase of 20.406% from the average compressive strength value of lightweight concrete without fiber. In the tensile split strength test results, 6 cm fiber lightweight concrete also obtained the greatest results, with an average tensile split strength value of 1.136 MPa with an increase of 5.702% of the average value of the tensile split strength of lightweight concrete without fiber. And on the secan modulus elasticity test results, 6 cm fiber lightweight concrete has an average modulus of elasticity of 31877,086 MPa with an increase of 40% from the modulus of elasticity of lightweight concrete without fiber.

Keywords: plastic fiber, used plastic bottles, tensile split strength, compressive strength, modulus of elasticity.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Di era yang modern ini, kebutuhan akan infrastruktur negara semakin meningkat, kebutuhan itu tidak lepas dari dunia konstruksi. Dalam dunia konstruksi, kita mengenal material yang bernama beton. Beton adalah sebuah material yang terbentuk dari campuran semen, pasir, kerikil, dan air. Campuran beton tersebut dinilai cukup efektif dalam kegunaannya karena beton merupakan material yang memiliki *workability* atau tingkat pengerjaan yang baik. Tetapi, sifat dari beton ini sendiri kuat menahan tekan dan lemah menahan tarik. Kelemahan beton ini menjadi perhatian khusus bagi para penggunanya. Pada saat ini, sudah banyak inovasi terkait masalah beton itu sendiri baik dalam hal penambahan material beton maupun penggantian material beton itu sendiri. Penambahan atau penggantian material beton ini bertujuan untuk meningkatkan kekuatan beton tersebut khususnya terhadap kuat tariknya. Penambahan material itu sendiri memiliki arti pemberian bahan tambahan terhadap campuran beton tanpa mengganti campuran beton yang sudah ada. Sedangkan penggantian material itu sendiri berarti kita mengganti campuran beton dengan bahan yang lain. Beton ringan adalah beton yang memiliki berat jenis lebih kecil dari beton konvensional. Beton ringan merupakan salah satu contoh inovasi beton dengan cara mengganti campuran yang ada di dalamnya dengan bahan yang lain. Misalkan kerikilnya diganti dengan batu apung dengan tujuan menjadikan *workability* dari beton itu menjadi lebih baik. Penggantian material tersebut berpengaruh terhadap berat jenis dari beton. Sedangkan penambahan serat pada beton itu bertujuan untuk meningkatkan kuat tariknya. Bahan yang di gunakan untuk tambahan pada beton itu di upayakan merupakan bahan yang murah dan kuat, harapannya dapat menjadikan beton itu memiliki biaya dan kekuatan yang optimal.

Pada kehidupan manusia terdapat beberapa limbah, baik dari rumah tangga maupun industri yang di nilai dapat mencemari lingkungan. Sedangkan limbah tersebut akan lebih baik apabila kita gunakan sebagai campuran dari beton, dengan harapan meningkatkan

kuat tarik dari beton itu sendiri. Limbah yang kita gunakan adalah limbah plastik yang di potong menjadi berbentuk serat.

Penelitian sekarang ini adalah penambahan dan penggantian campuran yang ada pada beton dengan tujuan untuk meningkatkan kuat tekan, kuat tarik belah dan modulus elastisitas beton. Bahan tambahan yang di gunakan adalah serat plastik berukuran lebar 0,5mm– 2,5 mm dengan panjang 6 cm dan 4 cm. Fraksi serat yang digunakan yaitu 10%, dari volume beton silinder dimensi 15x30 cm. Sedangkan kerikilnya di ganti dengan batu apung sebesar 25% dari berat total agregat kasar sehingga beton ini dapat di kategorikan sebagai beton ringan.

1.2 Rumusan Masalah

Bahan tambahan serat plastik berukuran lebar 0,5mm– 2,5 mm dengan panjang 6 cm dan 4 cm(keterangan gambar variasi panjang terdapat di bab 3) dengan fraksi 10 % dari volume silinder beton ringan dimensi 15x30 cm, menimbulkan suatu masalah dalam penelitian beton ringan ini yaitu :

1. Bagaimana pengaruh panjang A(6cm) dan B(4cm) serat botol plastik terhadap kuat tekan beton ringan?
2. Bagaimana pengaruh panjang A(6cm) dan B(4cm) serat botol plastik terhadap kuat tarik belah beton ringan?
3. Bagaimana pengaruh panjang A(6cm) dan B(4cm) serat botol plastik terhadap modulus elastisitas beton ringan?

1.3 Batasan Masalah

Pembatasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Jenis botol yang digunakan adalah botol plastik yang yang memiliki kapasitas 1,5 liter yang telah diubah menjadi bentuk plat dengan ukuran lebar 0,5mm– 2,5 mm serta panjang 6 cm dan 4 cm.
2. Beton yang digunakan adalah beton ringan dengan menggunakan batu apung sebesar 25 % dari volume agregat kasar, serta memiliki dimensi silinder 15x30 cm.
3. Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen dengan tipe PPC (*portland pozzolan cement*) khususnya merk semen gresik.
4. Fas(Faktor Air Semen) yang digunakan adalah 0,5.

5. Variasi panjang serat yang digunakan adalah 2 tipe panjang yang berbeda yaitu 6cm dan 4cm.
6. Fraksi serat yang digunakan adalah 10% volume beton ringan yang berbentuk silinder.
7. Mutu beton yang direncanakan adalah f'c = 17 Mpa.
8. Agregat kasar berupa campuran kerikil dan batu apung dengan perbandingan 75% dan 25%.
9. Agregat halus berupa pasir lumajang.
10. Porositas diabaikan.
11. Pengujian akan dilakukan pada saat beton telah berumur 28 hari atau lebih.

1.4 Tujuan Penelitian

Beberapa tujuan yang dapat diharapkan dalam penelitian ini adalah:

1. Untuk menganalisis pengaruh bentuk panjang A(6cm) dan B(4cm) serat botol plastik 1,5 liter terhadap kuat tekan beton ringan tanpa serat.
2. Untuk menganalisis pengaruh bentuk panjang A(6cm) dan B(4cm) serat botol plastik 1,5 liter terhadap kuat tarik belah beton ringan tanpa serat.
3. Untuk menganalisis pengaruh bentuk panjang A(6cm) dan B(4cm) botol plastik 1,5 liter terhadap modulus elastisitas beton ringan tanpa serat.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari Penelitian kali ini supaya dapat menjadi sumber inovasi baru dalam dunia ketekniksipilan khususnya pada beton, supaya dapat terealisasi di dunia nyata. Dan juga bisa menjadi bahan penelitian lanjutan serta koreksi tentang penggunaan 10% serat plastik pada beton ringan.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Beton

Beton merupakan campuran antara semen portland atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk masa padat. Beton normal memiliki berat satuan 2.200 kg/m^3 sampai 2.500 kg/m^3 dan dibuat menggunakan agregat alam yang dipecah atau tanpa dipecah (SNI, 2002, p.6).

2.2 Beton Ringan

Beton ringan adalah beton yang memiliki berat jenis (*density*) lebih ringan daripada beton pada umumnya. Ada berbagai cara untuk membuat beton ringan antara lain dengan menggunakan agregat ringan (*fly ash, pumice, expanded polystyrene,* dll), campuran semen, silica, pozolan, dll, atau semen dengan bahan kimia penghasil gelembung udara. (Ngabdurrochman, 2009)

Menurut tjokrodimuljo (1996) ada beberapa metode yang dapat digunakan untuk mengurangi berat jenis beton atau membuat beton lebih ringan antara lain:

1. Membuat gelembung-gelembung gas/udara dalam adukan semen sehingga terjadi banyak pori-pori udara di dalam beton. Salah satu cara yang dapat dilakukan adalah dengan menabah bubuk alumunium ke dalam campuran beton
2. Menggunakan agregat ringan misalnya tanah liat bakar, batu apung atau agregat buatan, sehingga beton yang dihasilakan lebih ringan
3. Membuat beton tanpa menggunakan butir-butir agregat halus yang disebut beton non pasir.

Beton ringan dapat dibagi dalam tiga golongan berdasarkan tingkat kepadatan dan kekuatan beton yang dihasilkan dan berdasarkan jenis agregat ringan yang dipakai (Prawito, 2010). Kalsifikasi beton ringan adalah sebagai berikut:

1. Beton insulasi, yaitu beton ringan dengan berat (*density*) antara 300 kg/m3 – 800 kg/m3 dan berkekuatan tekan berkisar 0,69-6,89 Mpa, biasanya digunakan sebagai beton penahan panas atau disebut juga *Low Density Concrete*. Jenis agregat yang digunakan adalah *perlite* dan *vermiculite*.
2. Beton ringan dengan kekuatan sedang (*moderate strength concrete)*, yaitu beton ringan dengan bereat (*density)* antara 800 kg/m3 – 1440 kg/m3, biasanya dipakai sebagai beton struktur ringan atau sebagai pengisi. Agregat ringan yang biasanya dipakai yaitu tereak (*slag*), batu sabak (*slate*), *pumice, scoria* dan *tufa*.
3. Beton structural, yaitu beton ringan dengan berat (*density*) antara 1440 kg/m3 - 1850 kg/m3 yang dapat digunakan sebagai beton structural jika bersifat mekanik (kuat tekan) dapat memenuhi syarat pada umur 28 hari memiliki kuat tekan >17,24 Mpa. Agregat yang biasanya digunakan seperti *expanded shale, clays, slate* dan *slag*.

2.3 Semen

Semen yang digunkan untuk bahan beton adalah semen portland atau portland pozzolan, berupa semen hidrolik yang berfungsi sebagai bahan perekat penyusun beton. Dengan jenis semen tersebut diperlukan air guna berlangsungya reaksi kimia pada proses hidrasi. Pada proses hidrasi semen mengeras dan mengikat bahan susun beton membentuk massa padat. (Istimawan 1993 p.4)

2.4 Agregat Halus

Agregat halus terdiri dari pasir alam, pasir buatan atau gabungan dari kedua jenis pasir tersebut. Agregat halus yang baik harus memenuhi syarat untuk digunakan sebagai campuran dalam pembuatan beton diantaranya yaitu:

1. Ukuran diameter agregat halus yang baik adalah 1 mm sampai 5 mm
2. Berbutir tajam dan keras.
3. Bersifar kekal,tidak mudah hancur oleh cuaca.
4. Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% berat keringnya.
5. Tidak boleh menggunakan pasir laut kecuali dengan petunjuk staf ahli. Karena pasir laut memiliki kandungan garam yang tinggi sehingga dapat merusak beton/baja tulangan. (Asroni, 2010, p.4-5)

2.5 Agregat Kasar

Agregat kasar adalah agregat yang seluruh butirannya tertinggal diatas ayakan 4,8 mm (ASTM C33,1982). Syarat-syarat agregat kasar agar dapat digunakan untuk campuran beton adalah sebagai berikut:

1. Ukuran diameter agregat kasar yang baik adalah 5 mm sampai 40 mm.
2. Agregat kasar harus terdiri dari butiran-butiran yang keras dan tidak berpori
3. Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% terhadap berat kering. Jika melebihi maka agregat kasar harus dicuci.
4. Agregat kasar harus terdiri dari beraneka ragam besarnya.

2.6 Batu Apung (*pumice)*

Batu apung adalah salah satu batuan sediman dari batuan vulkanis yang bobotnya ringan karena memiliki banyak pori. Batu apung biasanya memiliki warna terang atau keputih-putihan. Karena bobotnya yang ringan, maka jika digunakan sebagai agregat kasar pada pembuatan beton akan diperoleh beton yang ringan (Hidayat, 2012).

Batu apung ini merupakan batu yang memiliki warna cerah dengan berat jenis kisaran 500 – 900 Kg/m^3 , sehingga saat batu apung ini kita jadikan bahan pengganti agregat kasar sebesar 25% pada beton, beton tersebut menjadi beton ringan dengan berat jenis kisaran 700 – 1400 Kg/m^3.

2.7 FAS (Faktor Air Semen)

Faktor air semen (FAS) adalah perbedaan takaran(Perbandingan) atau ukuran dari semen dan air dalam campuran beton. Semakin tinggi nilai FAS, menyebabkan beton memiliki mutu yang rendah. Namun nilai FAS yang semakin rendah tidak selalu kekuatan beton semakin tinggi. Pada umumnya , nilai FAS yang diberikan minimum 0,4 dan maksimum adalah 0,65 (Tri Mulyono ,2004)

2.8 Beton Serat

Beton serat didefinisikan sebagai beton yang terbuat dari campuran semen, agregat halus, agregat kasar dan sejumlah kecil serat/*fiber* (*ACI Committee* 544, 1982*).* Bahan - bahan serat yang bisa di gunakan untuk memperbaikis sifat beton pada beton serat antara lain yaitu baja, plastik, kaca, karbon serta serat dari bahan alami seperti ijuk, rami maupun serat dari tumbuhan lain (*ACI*, 1982).

Sifat beton yang dapat diperbaiki dengan penambahan serat diantaranya adalah dengan meningkatnya daktilitas, ketahanan impact, kuat tarik dan lentur, ketahanan terhadap leleh, ketahanan terhadap susut dan ketahanan terhadap pengelupasan.

Tabel 2.1
Spesifikasi Serat

Serat	Berat Jenis	Kuat tarik (ksi)	Modulus Elastisitas (10^3 ksi)	Vol Fraksi (%)	Diameter (inchi)	Panjang (inchi)
Baja	7,86	100 - 300	30	0,79 - 3	0,0005 - 0,004	0,5 - 1,5
Kaca	2,7	> 180	11	2 - 8	0,004 - 0,03	0,5 - 1,5
Plastik	0,91	> 100	0,14 - 1,2	1 - 3	> 0,1	0,5 - 1,5
Karbon	1,6	> 100	> 7,2	1 - 5	0,0004 - 0,0008	0,02 - 0,5

Pada tabel 2.1 dijelaskan bahwa tiap serat memiliki berat jenis, kuat tarik, modulus elastisitas, volume fraksi, diameter dan panjang yang berbeda-beda.

2.8.1 Serat *Polypropelene*

Serat *polypropelene* merupakan serat plastik. Serat plastik memiliki sifat ringan, tahan lama, tahan panas, tidak reaktif dengan semen dan tidak menyerap air. Selain itu modulus elastisitas yang dihasilakan antara 5000-17200 MPa dan kuat tarik 200-3030 MPa (Izzudin dkk, 2014).

Penggunaan serat palstik telah terbukti dapat meningkatkan dan memperbaiki sifat-sifat struktural beton, (ACI Committee 544, 1982) serat plastik dapat memperbaiki sifat-sifat beton antara lain : daktilitas yang berhubungan dengan kemampuan bahan untuk menyerap energi, ketahanan terhadap beban kejut, ketahanan terhadap keausan, dan ketahanan terhadap pengaruh susutan (shrinkage).

2.8.2 Serat Plastik

Plastik adalah bahan yang mempunyai derajat kekristalan. Sebagian besar penduduk di dunia memanfaatkan plastik dalam menjalankan aktivitasnya. Berdasarkan data Environmental Protection Agency (EPA) Amerika Serikat, pada tahun 2001,

penduduk Amerika Serikat menggunakan sedikitnya 25 juta ton plastic setiap tahunnya. Belum ditambah pengguna plastik di negara lainnya. Bukan suatu yang mengherankan jika plastik banyak digunakan. Plastik memiliki banyak kelebihan dibandingkan bahan lainnya. Secara umum, plastik memiliki densitas yang rendah, bersifat isolasi terhadap listrik, mempunyai kekuatan mekanik yang bervariasi, ketahanan suhu terbatas, serta ketahanan bahan kimia yang bervariasi. Selain itu, plastik juga ringan, mudah dalam perancangan dan biaya pembuatannya murah. Dibalik segala kelebihannnya, limbah plastik menimbulkan masalah bagi lingkungan. Penyebabnya tak lain sifat plastik yang tidak dapat diuraikan dalam tanah. Untuk mengatasinya, para pakar lingkungan dan ilmuwan dari berbagai disiplin ilmu telah melakukan berbagai penelitian dan tindakan.

2.9 Pemanfaatan Serat dalam Campuran Beton

Beberapa penelitian yang menggunakan serat sebagai tambahan adukan beton diantaranya adalah sebagai berikut :

Tabel 2.2
Berbagai Penelitian Tentang Beton Serat

Nomor	Peneliti	Jenis Serat	Kesimpulan
1.	Brigg, Bowen, Kolleck (1974)	Serat Karbon	Bila l/d>100, penyebaran serat tidak merata, bila l/d<100 ikatan beton dan serat tidak baik
2.	Naaman dan Njam (1991)	Serat Baja	Sumbangan mekanis pull out serat baja dfeform pada mortar besarnya > 100 kali dibanding serat polos
3.	Bayasi dan Seng (1993)	Serat *Poly-propelene*	Presentase volume serat < 0,5% tidak mempengaruhi *workability*, sedangkan apabila volume serat > 0,5% mempengaruhi *workability*
4.	Suhendro (1991)	Serat Baja Kawat	Balok beton *fiber* memiliki kuat lentur dan retak meningkat 20% dibanding *non-fiber* baik sebelum atau sesudah pembebanan

Nomor	Peneliti	Jenis Serat	Kesimpulan
5.	Sudarmoko (1990)	Serat Baja Harex	Nilai *slump* menurun dari rata-rata 5,75 cm (non serat) menjadi 0,75 cm (serat 0,49%)
6.	Ananta Ariatama (2007)	Serat Kawat Berkait	Kuat tekan meningkat 14,67% dan kuat lentur meningkat 48,06%
7.	Balaguru, Narahari dan Patel (1992)	Serat Baja	Panjang serat baja pada panjang 30 sampai 60 mm tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap ketahanan serat terhadap tarik.
8.	The International Journal of Advanced Research Foundation (2016)	Serat Kaleng	Pengaruh serat yang di pilin 180º yang berfungsi untuk meningkatkan ikatan serat dan beton tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap terhadap hasil pengujian kuat tekan dan tarik belah.

Tabel 2.2 menjelaskan tentang penilitian-penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penelitian ini. Penelitian-penelitian tersebut juga menjadi landasan untuk dilakukannya penelitian ini.

2.10 Sifat Mekanik Beton

2.10.1 Kuat Tekan

Kuat tekan beton adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas. Kuat tekan mengidentifikasikan mutu dari dari beton. Semakin tinggi kekuatan struktur dikehendaki, semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan. Nilai kuat tekan beton dihasilkan dari pengujian kuat tekan benda uji silinder beton (diameter 150 mm, tinggi 300 mm) sampai hancur. Tata cara pengujian yang umumnya dipakai adalah Standar Nasional Indonesia (SNI, 2011, p.8). Tegangan tekan beton merupakan perbandingan antara gaya yang mampu ditahan oleh benda uji silinder dengan luas penampang alas silinder.

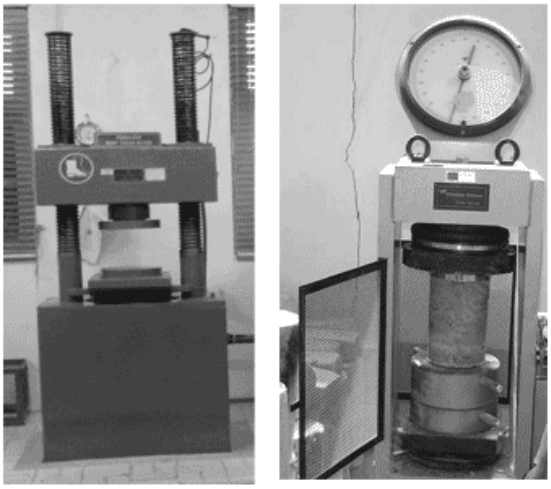
$$f'c = \frac{P}{A} \quad \text{.....(2 – 1)}$$

dengan:

$f'c$ = Tegangan tekan beton (N/mm²)

P = Besar gaya yang mampu ditahan silinder (N)

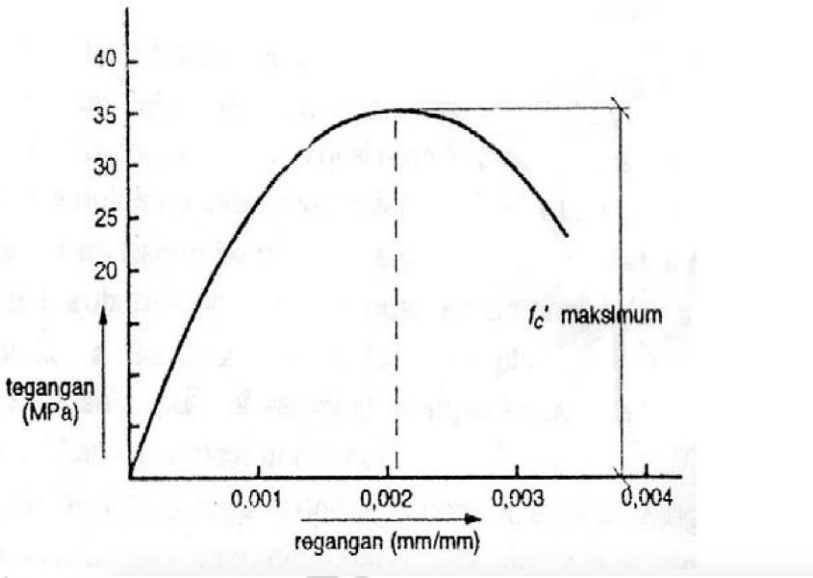
A = Luas penampang silinder (mm²)



Gambar 2.1 Uji Kuat Tekan Beton.

Gambar 2.1 menjelaskan tentang alat uji tekan beton dimana beton diletakkan di secara sentris. Kemudian mesin uji tekannya dioperasikan untuk memberikan pengujian dengan cara memberikan gaya tekan secara vertikal.

Kuat tekan masing-masing benda uji didapatkan dari tegangan tekan tertinggi (*f'c*) menggunakan mesin uji dengan peningkatan beban tekan bertingkat dan dengan kecepatan pembebanan tertentu. Tegangan tekan (*f'c*) beton yang dihasilkan bukan pada saat beton hancur, namun ketika tegangan maksimum beton mencapai regangan (ε_b) mencapai nilai ± 0,002.



Gambar 2.2 Tegangan Tekan Benda Uji Beton

Gambar 2.2 menjelaskan tentang grafik hubungan antara tegangan beton dengan satuan Mpa dan regangan beton dengan satuan mm.

2.10.2 Kuat Tarik Belah

Kuat tarik belah beton tidak berbanding lurus dengan kuat tekan beton. Kuat tarik bahan beton normal hanya berkisar antara 9% - 15% dari kuat tekannya (Istimawan, 1993, p.10). Pembebanan benda uji tarik belah beton dilakukan dengan cara meletakkan benda uji silinder mendatar sejajar dengan permukaan meja penekan mesin uji tekan kemudian diberi beban merata sesuai dengan tinggi silinder (t). Tegangan tarik yang timbul sesaat benda uji silinder terbelah disebut *split cylinder strength*.

$$ft = \frac{2\ x\ P}{\pi\ x\ L\ x\ D} \quad \text{.....(2 – 2)}$$

dengan:

ft = Kuat tarik belah beton (N/mm^2)

P = Beban maksimum (N)

L = Tinggi silinder beton (mm)

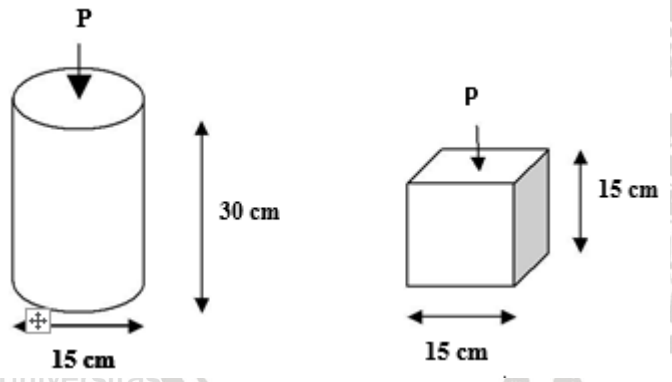
D = Diameter benda uji silinder (mm)

Gambar 2.3 Uji Kuat Tarik Belah Beton Silinder

Gambar 2.3 menjelaskan uji tarik belah sebuah beton silinder dengan posisi ditidurkan guna untuk melihat persebaran gaya yang terjadi.

2.10.3 Tegangan dan Regangan

Tegangan didefinisikan sebagai tahanan terhadap gaya-gaya luar. Intensitas gaya yaitu gaya per satuan luas disebut tegangan dan diberi notasi huruf Yunani "σ" (*sigma*). Apabila sebuah batang ditarik dengan gaya P, maka tegangannya adalah tegangan tarik (*tensile stress*), sedangkan apabila ditekan, maka terjadi tegangan tekan (*compressive stress*). Seperti digambarkan pada gambar 2.4 di bawah.

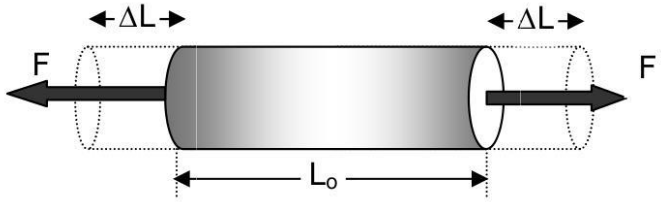


(a) (b)

Gambar 2.4 Sampel Benda Uji (a) Beton Silinder (b) Beton Kubus

Jika suatu benda ditarik atau ditekan, gaya P yang diterima benda mengakibatkan adanya ketegangan antar partikel dalam material yang besarnya berbanding lurus. Perubahan tegangan partikel ini menyebabkan adanya pergeseran struktur material regangan atau himpitan yang besarnya juga berbanding lurus. Karena adanya pergeseran, maka terjadilah deformasi bentuk material misalnya perubahan panjang menjadi L + ΔL (jika ditarik) atau L - ΔL.(jika ditekan). Dimana L adalah panjang awal benda dan ΔL adalah perubahan panjang yang terjadi. Rasio perbandingan ΔL terhadap L inilah yang disebut dengan *strain* (regangan) yang dilambangkan dengan "ε" (*epsilon*). Gambar 2.5 di

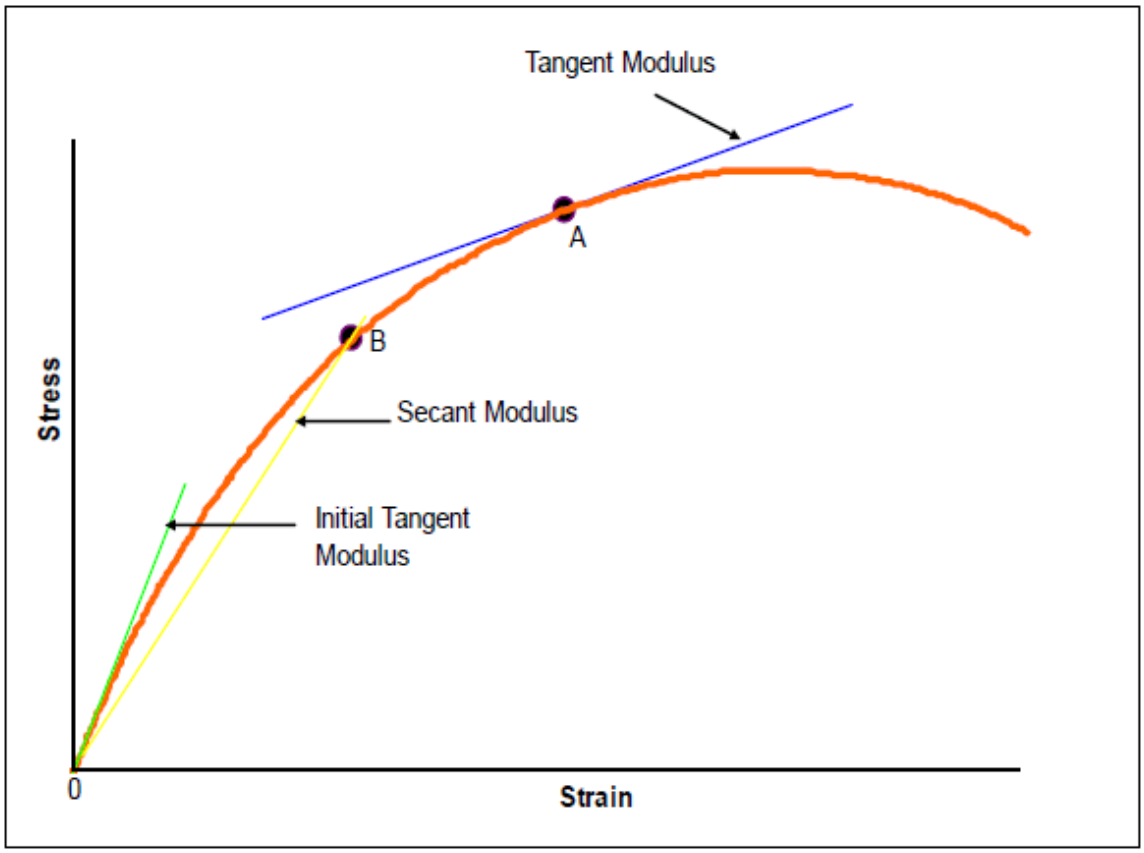
bawah menggambarkan tentang maksud dari regangan itu sendiri



Gambar 2.5 Regangan (*Strain*)

2.10.4 Modulus Elastisitas

Modulus Elastisitas adalah perbandingan dari tekanan yang diberikan dengan perubahan bentuk per satuan panjang, sebagai akibat dari tekanan yang diberikan. Modulus elastisitas juga tergantung pada umur beton, sifat-sifat dari agregat dan semen, kecepatan pembebanan, jenis dan ukuran dari benda uji.



Gambar 2.6 Modulus Elastisitas Sekan dan Tangen

Gambar 2.6 menjelaskan grafik tegangan dan regangan beton. Dan diberikan beberapa garis yang merupakan garis untuk memperoleh hasil modulus elastisitasnya dengan menggunakan 3 metode, yaitu metode initial tangen, sekan, dan tangen.

Berikut adalah rumus rumus Modulus Elastisitas yang biasa digunakan :

a. Modulus Elastisitas Secan

$$Ec = \frac{0{,}4\, f'c}{\varepsilon} \quad \text{..... (2-3)}$$

dimana :

Ec = Modulus Elastisitas (MPa)

ε = Regangan aksial saat 0,4f'c (mm/mm)

$f'c$= kuat tekan beton umur 28 hari (MPa)

b. Modulus Elastisitas Tangen Awal

$$Ec = \frac{\sigma_1}{\varepsilon_1} \quad \text{..... (2-4)}$$

dimana :

Ec = Modulus Elastisitas (MPa)

σ_1 = Tegangan awal

ε_1 = Regangan saat nilai tegangan awal diambil

c. Menurut SK SNI 2847 : 2013 :

Ada dua rumus yang tertulis pada SK SNI 2847 : 2013, dan pembagiannya berdasarkan berat isi dari beton. Yang pertama apabila $1440 \leq W_c \leq 2560$ kg/m³ maka :

$$Ec = 0{,}043\, x\, W_c^{1,5} x\, f'c^{0.5} \quad \text{..... (2-5)}$$

Sedangkan apabila beton normal W_c = ± 2300 kg/m³ maka :

$$Ec = 4700\, x\, f'c^{0.5} \quad \text{..... (2-6)}$$

dimana :

Ec = Modulus Elastisitas (MPa)

Wc =Berat isi beton (kg/m³)

f'c = kuat tekan beton berumus 28 hari (MPa)

Rumus empiris untuk beton normal pada umumnya modulus elastisitas diambil sebesar $4700\sqrt{f'c}$. Pengujian modulus elastisitas biasanya menggunakan *extensometer*. Namun pada penelitian ini, peneliti menggunakan alat *extensometer* untuk menguji

modulus elastisitas beton. Pembacaan regangan pada *dial extensometer* dilihat untuk setiap penambahan beban dengan interval tertentu. Untuk uji modulus elastisitas menggunakan alat *extensometer* bisa dilihat pada gambar 2.6.

Gambar 2.7 Uji Modulus Elastisitas Menggunakan *Extensometer*

Gambar 2.7 adalah gambar yang menjelaskan tentang pengujian modulus elastisitas dengan bantuan alat yang bernama *Extensometer*.

BAB III
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Rancangan Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental yang di lakukan di laboratorium. Benda uji yang digunakan pada penelitian ini adalah benda uji beton silinder (diameter 150 mm x tinggi 300 mm) yang diberi tambahan dengan serat plastik botol minuman bekas dengan variasi berat serat sebesar 10% terhadap volume beton silinder. Panjang serat botol plastik air mineral bekas yang digunakan adalah 6 cm dan 4 cm dengan lebar 0,5mm – 2,5mm. serta dalam penelitian ini menggunakan agregat kasar campuran, yaitu kerikil dan *pumice*(batu apung) yang memiliki perbandigan 25% terhadap volume agregat kasar pada silinder beton. Pengujian yang akan dilakukan adalah uji tekan, uji tarik belah, dan uji modulus elastisitas benda uji. Pengujian dilakukan setelah umur beton mencapai 28 hari. Pelaksanaan penelitian terhadap benda uji meliputi dua analisis sebagai berikut :

1. Analisis teori atau studi literatur yaitu dengan cara menggunakan teori yang sudah ada sebelumnya untuk memprediksi sifat-sifat mekanik beton silinder yang dicampur dengan serat botol plastik air mineral sehingga analisis ini akan menghasilkan nilai-nilai teoritis berdasarkan tinjauan pustaka.
2. Analisis data eksperimental, data teknis dari pengujian pada benda uji silinder yang akan menghasilkan nilai kuat tekan beton, kuat tarik belah beton, dan modulus elastisitas beton.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium struktur dan Bahan Konstruksi Teknik Sipil Universitas Brawijaya Malang dan dilaksanakan pada semester ganjil 2018/2019 bulan Januari hingga Maret 2019

3.3 Alat dan Bahan Penelitian

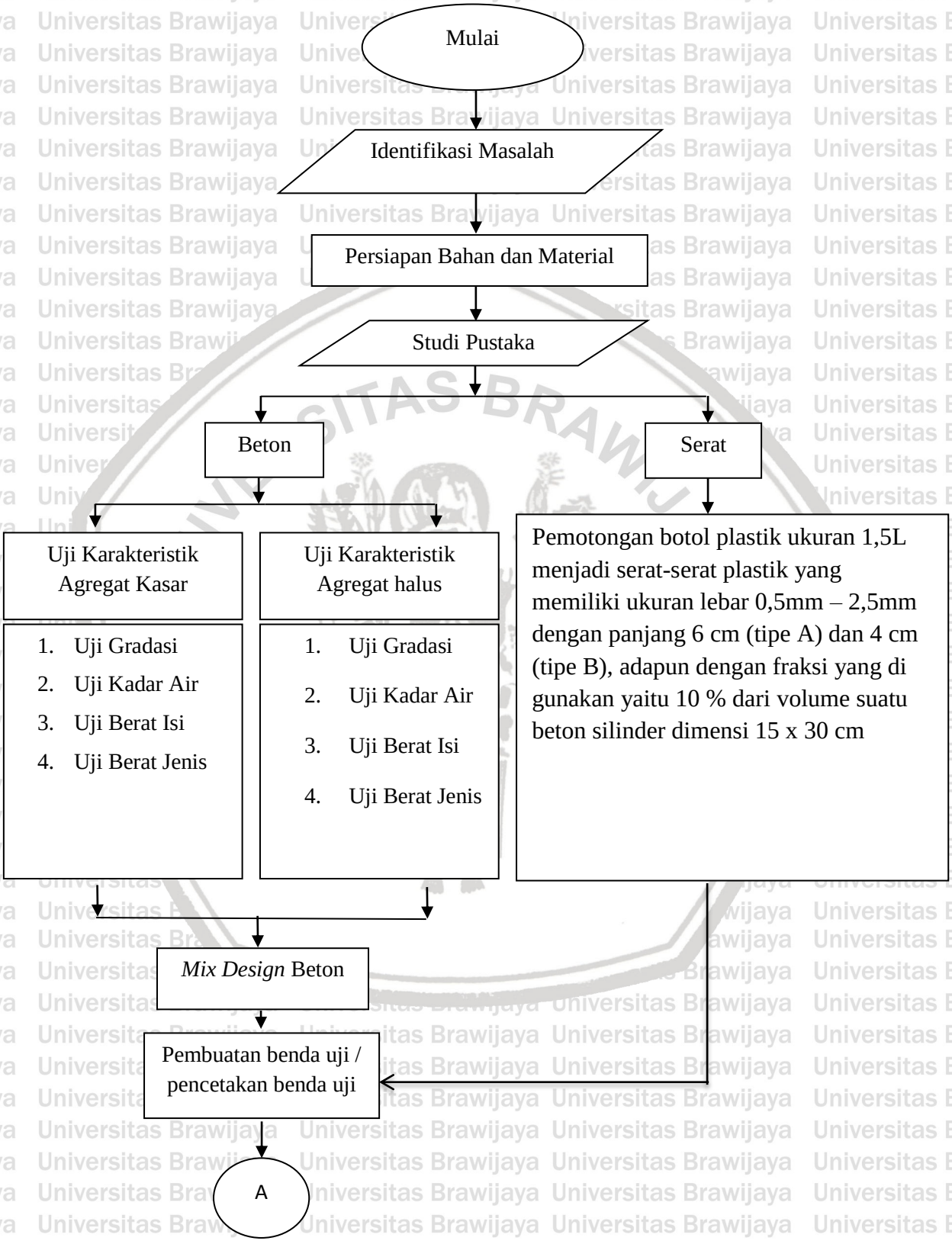
Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah :

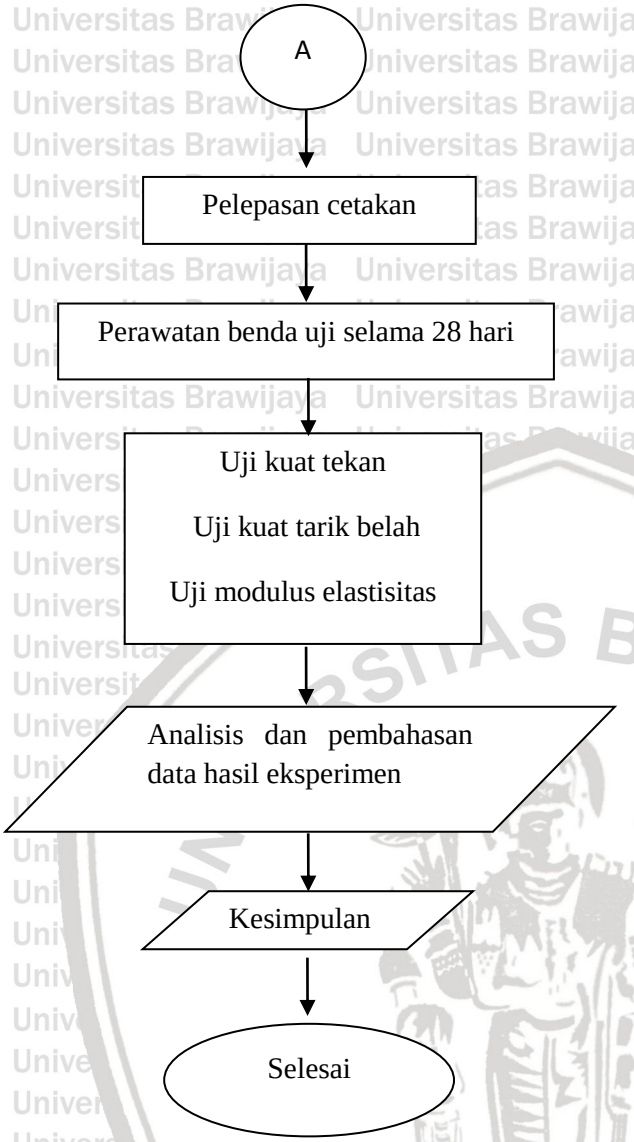
1. Peralatan

a. Satu set ayakan (*siever)* yang digunakan untuk melihat gradasi baik dari agregat kasar maupun agregat halus
b. Timbangan digital dengan ketelitian 0,1%
c. Alat Pemotong kertas (untuk memotong lembaran plastik menjadi serat yang berukuran 0,5mm – 2,5mm)
d. Gunting atau *cutter*
e. Pengaduk beton untuk mencampur bahan-bahan pembentuk beton agar dapat membentuk campuran yang homogeny
f. Vibrator untuk memadatkan campuran beton
g. Cetakan benda uji silinder (*bekisting*) dengan ukuran tinggi 30 cm dan diameter 15 cm
h. *Slump test aparatus* untuk mengukur nilai slump dari campuran beton. Alat ini merupakan alat yang berbahan dasar besi berbentuk kerucut dengan tinggi 30 cm, diameter bawah 20 cm, diameter atas 10 cm.
i. Alat uji tekan (*compression machine*) untuk mengetahui tekanan yang mampu di tahan oleh benda uji sampai mengalami retak dan untuk mengetahui juga kekuatan dari kuat tarik belah dari benda uji itu sendiri hingga mengalami retak
j. *Extensometer*

2. Bahan
a. Serat plastik yang merupakan hasil potongan dari botol air mineral dengan dimensi 0,5mm – 2,5mm dengan panjang 6 cm dan 4 cm
b. Semen dengan merk semen gresik tipe PPC (*Portland pozzoland cement*)
c. Agregat halus yang berupa pasir lumajang.
d. Agregat kasar yang berupa kerikil dan *pumice* sebesar 25% dari volume agregat kasarnya.
e. Air bersih yang berasal dari PDAM Kota Malang

3.4 Diagram Alir Penelitian





repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
Universitas Brawijaya

3.5 Analisis Material

3.5.1 Semen

Semen yang digunakan adalah Semen Gresik tipe PPC. Portland Pozzoland Cement (PPC) merupakan bahan pengikat hidrolis dengan menggiling terak,gypsum dan bahan pozzolan.dan biasa digunakan untuk bangunan yang memerlukan ketahanan sulfat dan panas hidrasi. Pada bahan semen tidak dilakukan pengujian khusus.

3.5.2 Air

Air yang digunakan adalah air bersih dari PDAM Kota Malang, maka tidak dilakukan pengujian secara khusus.

3.5.3. Pemeriksaan Gradasi Agregat Halus

1. Bahan

   Pasir alam yang dijual di pasaran dengan ukuran butiran kurang dari 5 mm dan berat 1000 gr.

2. Peralatan
   a. Timbangan elektronik dan neraeca dengan ketelitian 0,2% dari berat benda uji.
   b. Satu set saringan: 4,8mm (no.4); 2,38 mm (no.8); 1,19 mm (no.16); 0,59 mm (no.30); 0,297 mm (no.50); 0,149 mm (no.100); o,075 mm (no. 200)
   c. Talam-talam dan kuas
   d. Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu

3. Pelaksanaan
   a. Bahan ditimbang seberat 1000 gram kemudian dimasukkan ke dalam oven dengan suhu 110^{o}C sampai berat tetap.
   b. Bahan diayak dengan susunan ayakan : 4.8 mm, 2.38 mm, 1.18 mm, 0.59 mm, 0.297 mm, 0.149 mm, dan 0.075 mm, secara manual
   c. Penimbangan bahan yang tertahan pada masing-masing ayakan.
   d. Pencatatan hasil dari timbangan bahan yang telah di ayak tadi dicatat dalam tabel pemeriksaan agregat halus yang sudah disiapkan. Kemudian dilanjutkan dengan perhitungan presentase jumlah agregat halus yang

tertahan, dan presentase agregat halus yang lolos ayakan, digunakan persamaan

$$\%\ \text{jumlah agregat} = \frac{\sum sisa\ ayakan\ (gram)}{\sum total\ ayakan\ (gram)}\ x\ 100\%$$

Untuk jumlah ayakan total, yaitu jumlah total dikurangi dengan banyaknya agregat halus yang ada di pan.

e. Dari hasil perhitungan, selanjutnya ditentukan batas gradasi agregat halus dengan menggunakan grafik daerah gradasi. Data yang dimasukkan dalam grafik meliput ukuran ayakan sebagai sumbu x dan % yang lolos ayakan sebagai sumbu y.

3.5.4. Pemeriksaan Gradasi Agregat Kasar

1. Bahan

   Batu pecah yang berasal dari Lumajang dengan berat 1000 gr

2. Peralatan

   a. Timbangan Elektrik dengan ketelitian 0.01 kg.

   b. Satu set ayakan : 38,1 mm (1,5”); 25,4 mm (1”); 19,1 mm (3/4”); 12,7 mm (1/2”); 9,5 mm (3/8”) dan 4,8 mm (no 4).

   c. Talam-talam dan kuas

   d. Mesin pengguncang saringan

3. Pelaksanaan

   a. Menimbang bahan sebesar 1000 gr

   b. Bahan diayak dengan susunan 38,1 mm (1,5”); 25,4 mm (1”); 19,1 mm (3/4”); 12,7 mm (1/2”); 9,5 mm (3/8”) dan 4,8 mm (no 4) dan Pan.

   c. Bahan yang tertinggal di masing masing nomer ayakan ditimbang.

   d. Setelah bahan-bahan yang tertinggal di masing-masing ayakan ditimbang, hasilnya dicatat dalam tabel pemeriksaan agregat kasar yang sudah disiapkan. Kemudian dilanjutkan dengan perhitungan presentase jumlah agregat kasar yang tertahan, dan presentase agregat kasar yang lolos ayakan, digunakan persamaan

$$\%\ \text{jumlah agregat} = \frac{\sum sisa\ ayakan\ (gram)}{\sum total\ ayakan\ (gram)}\ x\ 100\% \ldots\ldots\ldots\ldots (2-8)$$

Untuk jumlah ayakan total, yaitu jumlah total dikurangi dengan banyaknya agregat kasar yang ada di pan.

e. Dari hasil perhitungan, selanjutnya ditentukan batas gradasi agregat kasar dengan menggunakan grafik daerah gradasi. Data yang dimasukkan dalam grafik meliput ukuran ayakan sebagai sumbu x dan % yang lolos ayakan sebagai sumbu y.

3.5.5. Pemeriksaan Kadar Air Agregat

1. Bahan

   Agregat yang diuji hendaknya mempunyai dimensi antara 6,3 mm sampai 152,4 mm.

2. Peralatan
   a. Timbangan dengan ketelitian 0,1 gr
   b. Oven pengatur suhu kapasitas (100 ± 5)° C
   c. Talam logam anti karat
3. Pelaksanaan
   a. Talam di timbang dan hasilnya dicatat (W_1)
   b. Mengambil benda uji (agregat kasar dan halus), kemudian ditaruh di talam.
   c. Berat agregat dan talam ditimbang kemudian dicatat hasilnya (W_2)
   d. Hitung berat benda uji $W_3 = W_2 - W_1$
   e. Keringkan benda uji (bahan + talam) ke dalam oven dengan suhu $100 \pm 5^{o}C$
   f. Setelah kering timbang benda uji (bahan + talam) = W_4
   g. Hitung berat benda uji kering $W_5 = W_4 - W_1$
   h. Hitung kadar air agregat :

$$\text{Kadar Air Agregat} = \frac{W_3 - W_5}{W_5} \; x \; 100\%$$

3.5.6. Pemeriksaan Berat Isi Agregat Halus

1. Bahan

   Pasir alam yang berasal dari Lumajang

2. Peralatan
   a. Timbangan dengan kapasitas > 1 kg dengan ketelitihan 0,1 gr.
   b. Tongkat tumbuk baja panjang ± 600 mm dengan diameter ± 16 mm
   c. Kotak takaran atau ember.

3. Pelaksanaan

a. Pasir SSD direndam selama 24 jam, permukannya disapu dengan lap lembap
b. Timbang kotak takar kosong
c. Timbang kotak takar berisi air penuh
d. Isi masing-masing kotak takar dengan benda uji dalam 3 lapisan sama, kemudian tiap lapisan ditumbuk sebnyak 25 kali (metode Rodded)
e. Ratakan muka bahannya dengan tangan atau mistar
f. Timbang kotak takar dan isi lagi dengan benda uji
g. Kosongkan kotak takar dan isi lagi dengan benda uji yang dimaksudkan dengan singkup dan tinggi tidak lebih dari 2 inci diatas kotak takar. Cara ini disebut Shovelling
h. Ratakan muka benda ujinya dengan mistar atau tangan
i. Timbang kotak takar berisi benda uji

3.5.7 Pemeriksaan Berat Isi Agregat Kasar

1. Bahan

Batu pecah yang berasal dari Lumajang

2. Peralatan

a. Timbangan dengan kapasitas > 1 kg dengan ketelitihan 0,1 gr.
b. Tongkat tumbuk baja panjang ± 600 mm dengan diameter ± 16 mm
c. Kotak takaran atau ember.

3. Pelaksanaan

a. Kerikil SSD direndam selama 24 jam, permukannya dikeringkan dengan kain lap lembap
b. Timbang kotak takar kosong
c. Timbang kotak takar berisi air penuh
d. Isi masing-masing kotak takar dengan benda uji dalam 3 lapisan sama, kemudian tiap lapisan ditumbuk sebnyak 25 kali (metode Rodded)
e. Ratakan muka bahannya dengan tangan atau mistar.
f. Timbang kotak takar dan isi lagi dengan benda uji
g. Kosongkan kotak takar dan isi lagi dengan benda uji yang dimaksudkan dengan singku da tinggi tidak lebih dari 2 inci diatas kotak takar. Cara ini disebut Shoveled

h. Ratakan muka benda ujinya dengan mistar atau tangan

i. Timbang kotak takar berisi benda uji

3.5.8 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air pada Agregat Kasar

1. Bahan
   a. Kerikil/batu pecah dengan berat tertentu untuk masing-masing benda uji
   b. Kerikil yang tertahan oleh saringan No. 4 (4,75 mm)
2. Peralatan
   a. Keranjang kawat ukuran 3,35 mm (No.6) atau 2,36 mm (No.8) dengan kapasitas ± 5 kg.
   b. Tempat air dengan kapasitas dan bentuk yang sesuai untuk pemeriksaan. Tempat ini harus dilengkapi dengan pipa sehingga permukaan air selalu tetap.
   c. Timbangan dengan kapasitas yang sesuai dengan berat benda uji dengan ketelitian 0,1 gr serta dilengkapi dengan alat penggantung keranjang
   d. Oven pengatur suhu kapasitas (100±5)^{o}C
   e. Saringan No. 4 (4,75 mm)
3. Pelaksanaan
   a. Cuci benda uji untuk menghilangkan debu
   b. Keringkan benda uji di dalam oven pada suhu (100±5)^{o}C sampai beratnya tetap.
   c. Dinginkan dalam suhu kamar selama 1-3 jam, lalu timbang dengan ketelitian 0.5 gr (Bk).
   d. Rendam benda uji dengan air pada suhu kamar selama 24 jam.
   e. Keluarkan benda uji dengan dari air, lap dengan kain penyerap.
   f. Timbang benda uji kering permukaan jenuh (Bj).
   g. Letakan benda uji ke dalam keranjang, masukan ke dalam air dan goncangkan batunya untuk mengeluarkan udara dan menetukan beratnya di dalam air (Ba).

3.5.9 Pemeriksaan Berat isi Batu Apung (*Pumice*)

Pemeriksaan berat isi *pumice* dilakukan sebanyak tiga kali untuk mendapatkan hasil yang efektif dengan merata-ratakan hasil dari ketiga percobaan tersebut.

1. Bahan
   a. Batu apung atau *pumice*
   b. Air
2. Peralatan
   a. Timbangan dengan ketelitian 0,1 gr
   b. Cawan plastik dengan volume yang bervariasi
   c. Tongkat pengetuk
   d. Spidol
3. Pelaksanaan
   a. Timbang berat cawan plastik dan catat hasilnya.
   b. Beri tanda pada cawan plastik dengan spidol untuk memperkirakan volume air yang akan dituangkan ke dalam cawan.
   c. Tuangkan air ke dalam cawan plastik hingga batas yang telah ditentukan.
   d. Timbang berat cawan plastik + air dan catat hasilnya.
   e. Buang air yang telah ditimbang
   f. Masukkan *pumice* secara bertahap sambil diketuk dengan tongkat pengetuk agar kawat mengisi seluruh wadah dengan maksimal (Pastikan antar kawat benar-benar rapat dan meminimalkan adanya rongga antar kawat) hingga batas yang telah ditentukan.
   g. Timbang cawan plastik + kawat dan catat hasilnya.
   h. Lakukan kembali langkah (a) hingga (g) dengan volume cawan yang berbeda

3.5.10 Pemeriksaan Berat isi Serat Plastik Bekas Botol Mineral 1,5 L

Pemeriksaan berat isi serat plastik bekas botol mineral 1,5 L dilakukan sebanyak 10 kali untuk mendapatkan hasil yang efektif dengan merata-ratakan hasil dari ketiga percobaan tersebut.

1. Bahan
   a. Serat plastik bekas botol air mineral 1,5L yang telah dipotong dengan panjang 6 cm dan 4 cm serta lebar 0,5mm – 2,5mm
   b. Air

2. Peralatan
   a. Timbangan dengan ketelitian 0,1 gr
   b. Kaleng bekas wafer
   c. Spidol
3. Pelaksanaan
   a. Timbang berat kaleng dan catat hasilnya.
   b. Beri tanda pada kaleng dengan spidol untuk memperkirakan volume air yang akan dituangkan ke dalam kaleng.
   c. Tuangkan air ke dalam kaleng hingga batas yang telah ditentukan.
   d. Timbang kaleng + air dan catat hasilnya.
   e. Buang air yang telah ditimbang
   f. Masukkan serat plastik secara bertahap sambil di goyangkan kalengnya sampai penuh
   g. Timbang kaleng + serat plastik dan catat hasilnya.
   h. Lakukan kembali langkah (f) hingga (g) berulang-ulang supaya kita bisa mendapatkan rata-rata hasilnya.

3.6 Prosedur Penelitian

3.6.1 Tahap Pertama

Tahap pertama merupakan tahap persiapan, pada tahap ini dilakukan pengadaan alat dan bahan yang akan digunakan untuk pemeriksaan karakteristik material yang akan digunakan untuk membuat benda uji. Tahap-tahap pemeriksaan material adalah sebagai berikut :

1. Persiapan perencanaan mix design dengan mutu beton K-200 (Kuat tekan Rencana f'c = 17 Mpa)
2. Persiapan pemotongan serat botol plastik air mineral bekas dengan panjang 6 cm dan 4 cm serta dengan lebar 0,5mm – 2,5mm
3. Variasi fraksi berat serat botol plastik air mineral bekas yang digunakan dalam campuran beton adalah 10%

3.6.2 Tahap Kedua

Tahap kedua adalah tahap pembuatan dan perawatan beton untuk masing-masing variasi serat plastik yang telah ditentukan. Jumlah benda uji yang akan dibuat dijelaskan pada tabel berikut ini :

Tabel 3.1
Jumlah benda uji

Jenis Benda Uji	Uji Tarik	Uji Tekan	Jumlah
Beton dengan menggunakan campuran serat plastik berukuran 6 cm	3	3	6
Beton dengan menggunakan campuran serat plastik berukuran 4 cm	3	3	6
Beton ringan tanpa serat	2	2	4
Total benda uji			16

Tabel 3.1 menjelaskan tentang jumlah benda uji yang digunakan untuk penelitian ini dari tiap-tiap variasi yaitu beton ringan serat 6 cm, beton ringan serat 4 cm, dan beton ringan tanpa serat.

Berikut adalah langkah – langkah yang dilakukan pada tahap kedua :

1. Olesi bagian dalam *bekisting* dengan sedikit oli secara merata agar beton mudah dilepaskan dari *bekisting* setelah 24 jam
2. Timbang bahan-bahan benda uji yaitu pasir, kerikil, batu apung (pumis), air, dan semen sesuai takaran *mix design* yang telah dibuat sebelumnya
3. Pumis yang digunakan sebesar 25% dari keseluruhan agregat kasar menurut perhitungan *mix design*. Hal ini mengacu pada penelitian sebelumnya
4. Pisahkan serat botol plastik bekas yang 6 cm dan 4 cm. Timbang serat plastik dengan fraksi 10% dari volume silinder beton

5. Pengecoran dilakukan dengan alat *concrete mixer* agar semua bahan tercampur aduk merata dan menjadi homogen
6. Lakukan uji *slump* untuk mengetahui nilai *slump* benda uji tersebut
7. Masukkan adonan beton ke dalam cetakan silinder (*bekisting*) dan masukkan juga vibrator selama beberapa detik tiap lapis sebanyak 2 lapis yang terbagi sama rata
8. Lepaskan *bekisting* setelah 24 jam dan lakukan perawatan (*curing*) selama 7 hari

3.6.3 Tahap Ketiga

Tahap ketiga adalah tahap pengujian sifat mekanik dari benda uji beton itu sendiri. Tahap ini dilakukan etika umur beton telah mencapai 28 hari. Langkah – langkah yang harus di lakukan adalah sebagai berikut :

1. Melakukan *capping* atau melapisi permukaan beton dengan menggunakan serbuk belerang yang telah dilelehkan pada beton yang telah berumur 28 hari
2. Uji kuat tekan dan modulus elastisitas benda uji beton dilakukan bersamaan dengan menggunakan *compression machine* dan *extensometer* dan *strain gauge* untuk modulus elastisitasnya
3. Menguji kuat tarik belah menggukan *compression machine*
4. Pengamatan dan pencatatan hasil dari uji kuat tekan, uji tarik belah dan modulus elastisitas benda uji beton
5. Pengolahan data dan analisis dari hasil yang telah didapatkan
6. Penarikan kesimpulan

3.7 Prosedur Pengujian Sifat Mekanik Beton

3.7.1 Uji *Slump*

Uji *slump* dilakukan pada saat pengecoran beton, uji slump dilakukan dengan tujuan agar kita dapat mengerti berapa nlai dari kelecakan (*workability*) dari benda uji beton tersebut. Alat yang dibutuhkan serta langkah-langkah yang harus dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Alat

a. Cetakan logam berbentuk kerucut dengan diameter atas 10 cm, diameter bawah 20 cm, dan tinggi 30 cm.

b. Pelat untuk tempat perletakan kerucut

c. Tongkat penumbuk dengan diameter 16 mm

2. Pelaksanaan

a. Letakkan cetakan kerucut pada pelat datar yang telah disiapkan
b. Masukkan adonan beton yang telah jadi ke dalam kerucut dan tumbuk adonan sebanyak 25 kali. Terdapat 3 lapis dalam satu kerucut yang terbagi sama rata, yiatu 1/3 dari tinggi kerucut
c. Penumbukan harus dilakukan secara merata pada tiap lapisan. Pada lapisan pertama, pemadatan dilakukan secara miring mengkuti bentuk dari kerucut itu agar meratakan bagian tepi kerucut
d. Setelah dilakukan pemadatan, ratakan permukaan kerucut dengan tongkat dan sisa benda uji yang berada disekitar kerucut dibersihkan
e. Angkat cetakan secara perlahan dan tegak lurus. Pengujian yg dilakukan dari pengisian hingga pengangkatan cetakan harus dilakukan dalam jangka waktu 2,5 menit
f. Cetakkan yang sudah terlepas selanjutnya dibalik dan diletakkan disamping benda uji. Kemudian ukur nilai *slump* dengan cara mengukur tinggi benda uji dari titik awal puncak ke titik runtuh. Pada pengujian beton ini, nilai *slump* yang diharapkan adalah 7,5 hingga 15 cm. Berikut adalah nilai *slump* yang biasa digunakan dan kaitannya dengan pengaplikasian benda uji menurut Peraturan Beton Indonesia (PBI) 1971.

Tabel 3.2

Nilai-nilai *slump* untuk berbagai pekerjaan beton

Uraian	**Nilai Slump (cm)**	
	Maksimum	**Minimum**
Dinding, pelat fondasi, dan fondasi telapak bertulang	12,5	5,0
Fondasi telapak tidak bertulang, kaison, dan konstruksi di bawah tanah	9,0	2,5
Pelat, balok, kolom, dan dinding	15,0	7,5
Pengerasan jalan	7,5	5,0
Pembetonan masal	7,5	2,5

Tabel 3.2 merupakan penjelasan bahwa nilau *slump* untuk masing-masing pekerjaan beton itu berbeda. Misalkan nilai *slump* untuk pelat, balok, kolom, dan dinding akan berbeda dengan nilai *slump* dari pekerjaan pengerasan jalan.

3.7.2 Uji Tekan Beton

1. Bahan
   a. Benda uji beton silinder yang telah berumur 28 hari
   b. Bubuk belerang
2. Alat
   a. *Compression test machine* (Mesin Uji Kuat Tekan)
   b. Timbangan dengan ketetilitian 0,01 gram
   c. Kompor
   d. Satu set alat *capping*
3. Pelaksanaan
   a. Timbang dan catat berat benda uji
   b. Panaskan bubuk beleran dengan suhu 200-1000°C hingga bubuk menjadi cair, kemudian tuangkan ke alat *capping*. Angkat benda uji beton dan letakkan secara tegak lurus pada alat *capping* dan pastikan cairan belerang tersebar sacara merata, tambahkan cairan lewat samping jika dirasa kurang rata. Tunggu hingga belerang mengering lalu angkat dan lepas benda uji dari alat *capping*. Hal ini dilakukan agar ketika benda uji beton diuji, permukaan sama rata sehingga beban tersebar dengan rata dan mendapatkan hasil yang baik.
   c. Diamkan benda uji hingga beleran benar-benar kering dan siap diuji
   d. Letakkan benda uji pada *compression test machine* dengan kondisi benda uji berdiri
   e. Jalankan *compression test machine* dengan penambahan beban yang konstan
   f. Hentikan pengujian jika benda uji telah hancur dan catatlah beban maksimum yang dapat diterima oleh benda uji selama pengujian benda uji beton

3.7.3 Uji Modulus Elastisitas Beton

Pengujian modulus elastisitas dilakukan secara bersamaan dengan pengujian kuat tekan beton. Satu benda uji beton bisa dilakukan dua pengujian secara bersamaan yatu uji kuat tekan dan uji modulus elastisitas beton. Berikut adalah alat serta langkah-langkah pada pengujian modulus elestisitas beton :

1. Bahan

Benda uji beton yang telah berumur 28hari dan sudah dilakukan capping

2. Alat
   a. *Compression test machine* (Mesin Uji Kuat Tekan)
   b. *Extensometer*
   c. Tripod dan kamera
3. Pelaksanaan
   a. Timbang dan catat berat benda uji
   b. Pasang alat extensometer pada benda uji beton, pasikan mur dan baut terpasang dengan kencang sehingga ketika beton diuji, tidak tergeser dan lepas
   c. Letakkan benda uji yang telah terpasang *extensometer* pada mesin uji
   d. Lepaskan pengekang pada *extensometer* kemudian atur dial *extensometer* menjadi nol
   e. Siapkan kamera dan tripod tepat di depan mesin uji untuk merekam perubahan nilai beban dan *dial extensometer* yang terjadi selama pengujian berlangsung
   f. Nyalakan mesin uji dan atur agar penambahan beban konstan
   g. Rekamlah selama pengujian berlangsung
   h. Hentikan pengujian setelah benda uji hancur dan beban mengalami penurunan hingga setengah dari beban maksimal. Periksa kembali rekaman pengujian dan catat hasil *displacement* yang tercatat pada *dial extensometer* setiap penambahan beban 10 kN.

3.7.4 Uji Kuat Tarik Belah Beton

1. Bahan

   Benda uji berupa beton silinder yang telah berumur 28 hari
2. Peralatan
   a. *Compression Testing Machine* (Mesin Uji Kuat Tekan)
   b. Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram
   c. Spidol/alat bantu untuk penandaan
   d. Penggaris atau mistar
   e. Pelat dasar dengan permukaan rata yang terbuat dari besi
   f. Bantalan penekan dari besi serta di bagian bawahnya terdapat lapisan yang terbuat dari *playwood*

3. Pelaksanaan

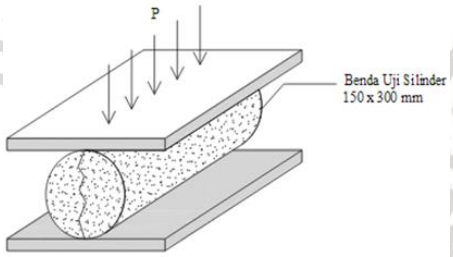
a. Timbanglah benda uji dan catat hasilnya.

b. Memberi tanda pada sisi atas atau bawah dari benda uji berupa garis diameter pada setiap akhir *specimen*, sehingga garis diameter berada pada aksial yang sama.

c. Memusatkan dan meletakan pelat dasar tepat di tengah mesin uji kuat tekan sebagai tumpuan perletakan benda uji

d. Meletakkan benda uji di atas pelat dasar .kemudian memastikan garis yang telah ditandai terletak tepat di tengah dari pelat dasar. Untuk menahan benda uji agar tidak menggelinding, sementara diberi penahan pada sisi kiri dan kanan benda uji.

e. Memasang bantalan penekan, pastikan garis diameter yang telah dibuat pada benda uji, terletak segaris dengan bagian tengah dari bantalan penekan. Setelah itu naikkan *compression machine* secara perlahan sampai menyentuh bagian atas bantalan penekan. Seperti pada gambar 3.1



Gambar 3.1 Mekanisme Uji Tarik Belah

f. Setelah bantalan penekan dipastikan telah menekan benda uji, maka penahan pada sisi kanan dan kiri benda uji dilepaskan.

g. Lakukan pembebanan secara terus–menerus dengan laju konstan sampai keruntuhan tarik terjadi.

h. Mencatat beban maksimum yang terjadi saat benda uji mengalami keruntuhan.

3.8 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

a. Variabel bebas

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah variasi panjang serat pastik hasil potongan botol mineral 1,5L yang dicampurkan ke dalam adukan beton .

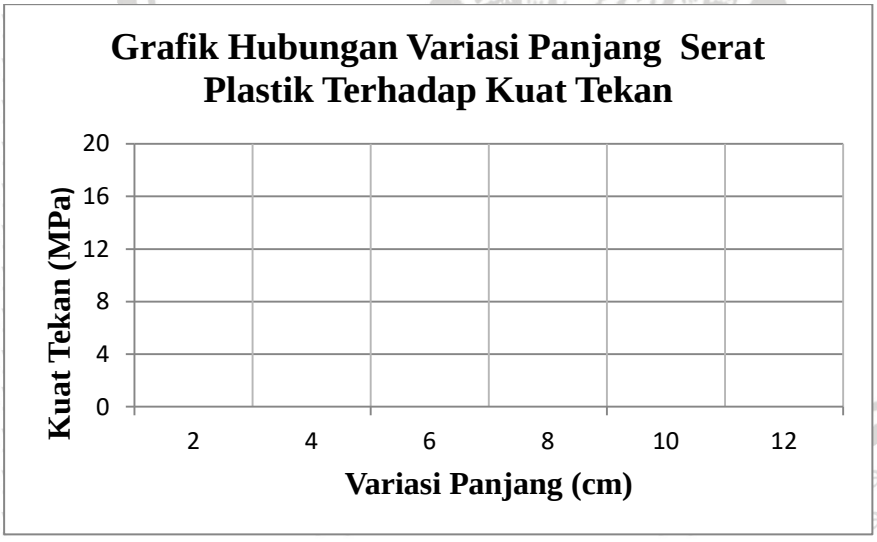
b. Variabel terikat

Variabel terikat dalam penelitian ini adalah uji kuat tekan, uji kuat tarik belah dan modulus elastisitas.

3.9 Metode Analisis Data

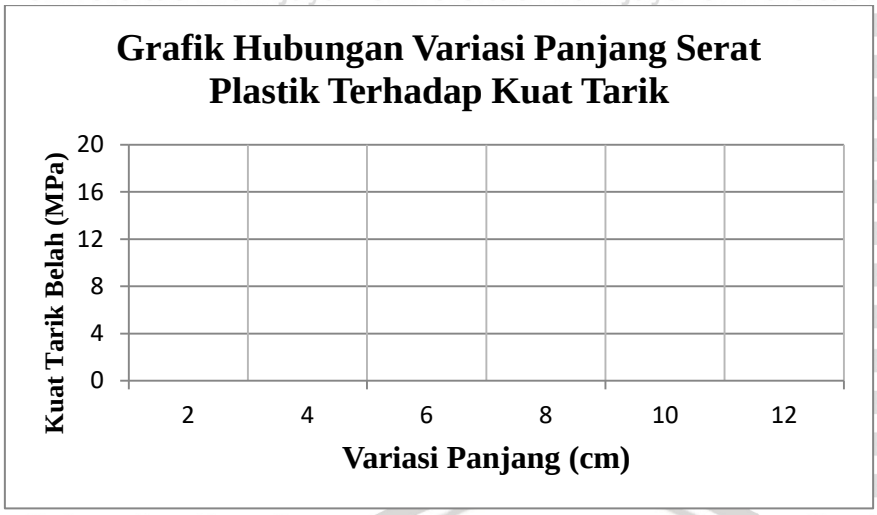
Pengambilan data dilakukan dengan dua cara yaitu studi literatur dan dari pengujjian benda uji beton silinder dengan campuran serat plastik botol air mineral bekas 1,5L yang telah berumur 28 hari. Dari hasil studi literatur yang ada beton silinder dapat menerima kuat tekan (f'c = 17 Mpa) yang dihitung menggunakan *mix design.*

Analisis data diperoleh dari hasil pengujian di laboratorium. Data yang didapatkan pada pengujian beton silinder berserat plastik botol air mineral bekas 1,5L ini adalah beban maksimum (*Pmax*) yang mampu ditahan oleh benda uji ketika diuji dengan menggunakan mesin uji kuat tekan. Nilai beban maksimum ini nantinya akan digunakan untuk menghitung nilai kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas pada benda uji. Sehingga setelah data diolah, akan didapatkan grafik yang menggambarkan hubungan antara variasi panjang serat plastik botol air mineral bekas 1,5L pada beton silinder terhadap nilai kuat tekan, kuat tarik belah dan modulus elastisitas beton.



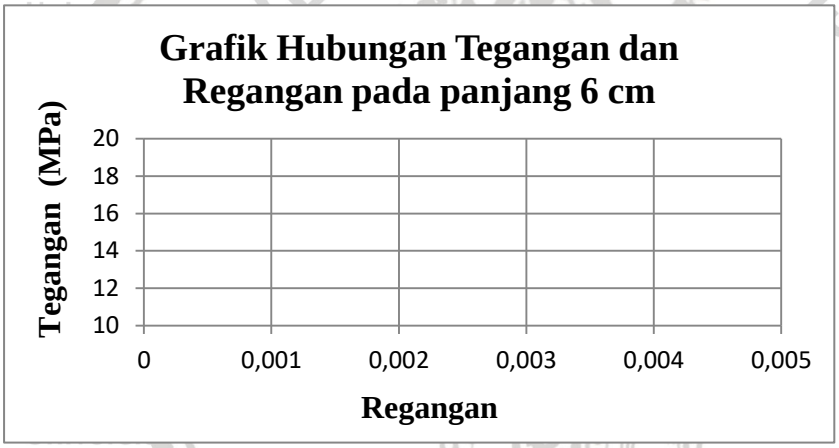
Gambar 3.2 Grafik Hubungan Variasi Panjang Serat Plastik Terhadap Kuat Tekan

Gambar 3.2 menjelaskan akan gambar grafik tentang hubungan variasi panjang serat plastik dengan kuat tekan nantinya dari hasil penelitian ini.



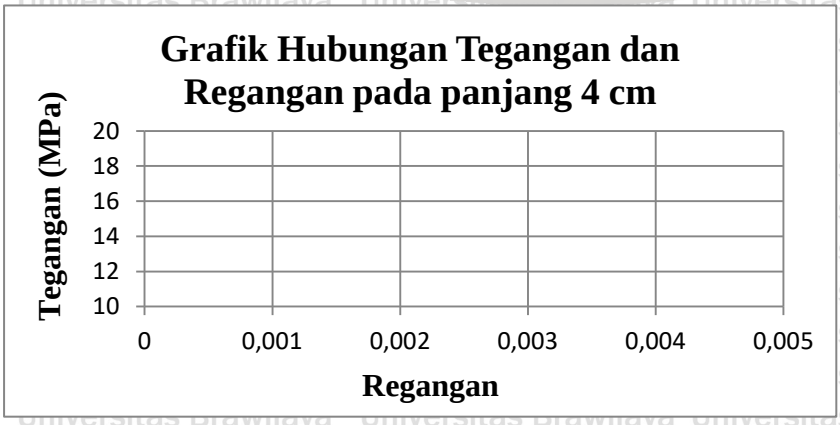
Gambar 3.3 Grafik Hubungan Variasi Panjang Serat Plastik Terhadap Kuat Tarik Belah

Gambar 3.3 menjelaskan akan gambar grafik tentang hubungan variasi panjang serat plastik dengan kuat tarik belah nantinya dari hasil penelitian ini.



Gambar 3.4 Grafik rencana hubungan tegangan dan regangan pada variasi panjang 6 cm

Gambar 3.4 menjelaskan gambar grafik tentang rencana hubungan tegangan dan regangan pada variasi panjang serat plastik 6 cm



Gambar 3.5 Grafik rencana hubungan tegangan dan regangan pada variasi panjang 4 cm

Gambar 3.5 menjelaskan gambar grafik tentang rencana hubungan tegangan dan regangan pada variasi panjang serat plastik 4 cm

3.10 Hipotesis Penelitian

Hipotesis pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Nilai kuat tekan beton silinder akan bertambah sesuai dengan penambahan serat plastik pada campuran beton dengan variasi panjang 6 cm dan 4 cm
2. Nilai kuat tarik belah beton silinder akan bertambah sesuai dengan penambahan serat plastik pada campuran beton dengan variasi panjang 6 cm dan 4 cm
3. Nilai modulus elastisitas beton silinder akan bertambah sesuai dengan penambahan serat plastik pada campuran beton dengan variasi panjang 6 cm dan 4 cm.

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Bab IV ini merupakan bab yang berisi tentang penjelasan penelitian ini. Bab ini menjelaskan tentang hasil pembuatan benda uji yang merupakan beton ringan silinder dengan tambahan serat plastik di dalamnya dengan variasi panjang. Penjelasan pada bab ini meliputi :

1. Analisis agregat kasar dan agregat halus.
2. Pengujian beton ringan serat plastik variasi panjang yang terdiri dari kuat tekan, kuat tarik belah dan modulus elastisitas.

4.1 Serat Plastik

1. Karakteristik plastik

Jenis Serat : Limbah botol minuman plastik yang dipotong dengan panjang 60 mm dan 40 mm serta lebar 2 mm

Material : Plastik

2. Berat isi plastik

Lembaran limbah plastik minuman yang digunakan dalam penelitian ini dipotong dengan panjang 60 mm dan 40 mm serta lebar 2 mm. Kemudian plastik dicampurkan ke dalam adukan beton.

Hasil Pemeriksaan Berat Isi Plastik

Berat Air + Cawan :	1650 gr
Berat Cawan :	20 gr
Berat jenis air :	1 gr/cm³
V silinder :	12,717 Kg

Tabel 4.1

No	Berat Fiber Loose (gr)	Volume Air (cm^3)	Berat isi fiber Loose (gr/cm^3)
1	93.9	1630	0.0576
2	87.5	1630	0.0537

3	98.4	1630	0.0604
4	94.7	1630	0.0581
5	100.1	1630	0.0614
6	87.6	1630	0.0537
7	92.6	1630	0.0568
8	92.6	1630	0.0568
9	97.8	1630	0.0600
10	98.3	1630	0.0603
11	98.6	1630	0.0605
12	92.3	1630	0.0566
13	96.3	1630	0.0591
14	93.3	1630	0.0572
15	103.1	1630	0.0633
16	102.9	1630	0.0631
17	95.9	1630	0.0588
18	95.9	1630	0.0588
19	97.7	1630	0.0599
20	98.9	1630	0.0607
		Rata-rata	0.0588

Dari data pada tabel 4.1 digunakan berat isi plastik dari percobaan dengan metode pengerjaan loose atau tanpa dipadatka n. Berat isi loose ini kami gunakan karena dirasa lebih memungkinkan dan sesuai saat nantinya diaplikasikan di lapangan. Selain lebih mudah dalam pengaplikasiannya, kami juga menyesuaikan apabila ini diproduksi dalam sekala yang lebih besar. Dan juga apabila dilakukan pemadatan akan merusak bentuk dari serat itu sendiri.

a. Perhitungan Berat Isi serat *loose*

Berat isi serat $= \frac{berat\ serat\ loose}{volume\ air}$

$= \frac{93{,}3\ gr}{1630\ cm^3}$

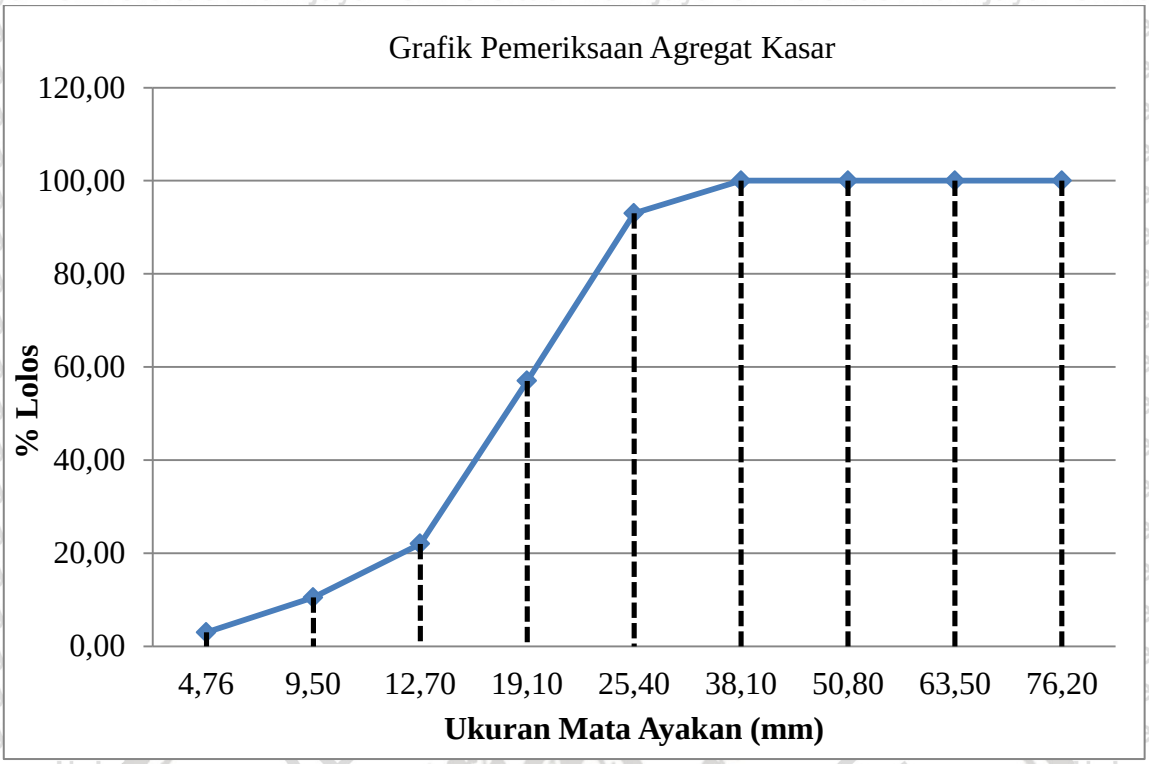
$= 0{,}0576\ \text{gr/cm}^3$

4.2 Analisis Agregat Kasar

Tabel 4.2
Hasil Analisis Agregat Kasar

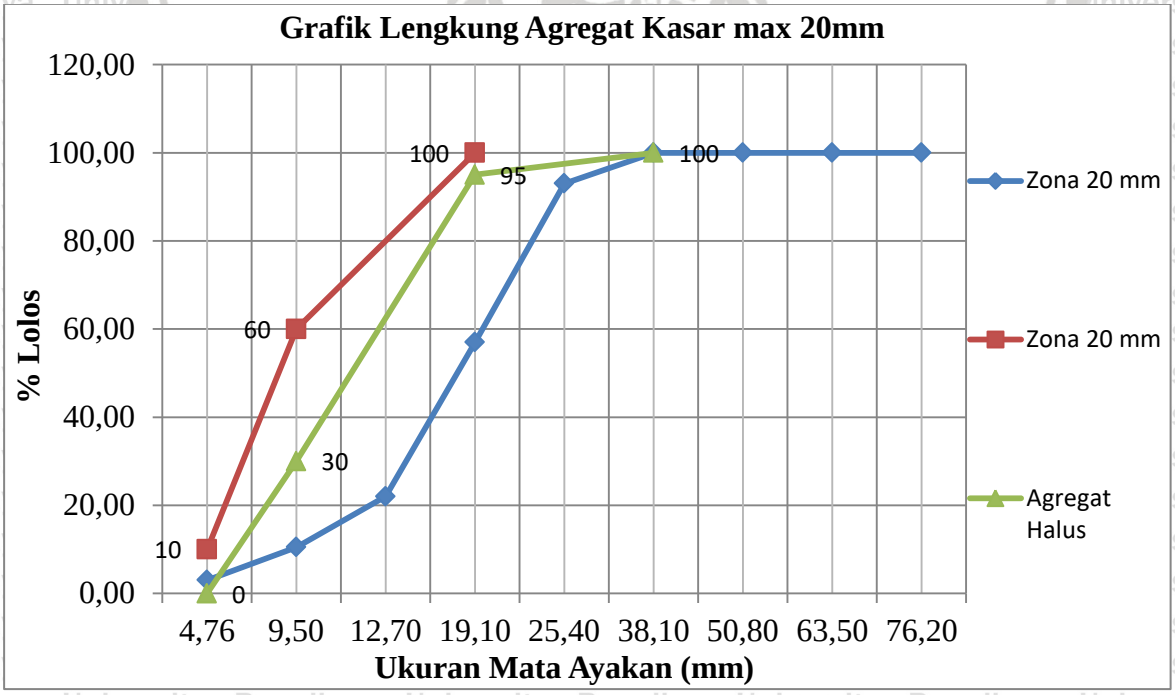
Lubang Saringan		Pasir			
		Tertinggal		%Kumulatif	
no	mm	gram	%	Tertinggal	Lolos
3"	76,2	-	-	-	100
2.5"	63,5	-	-	-	100
2"	50,8	-	-	-	100
1.5"	38,1	-	-	-	100
1"	25,4	700	7,00	7,00	93,00
0.75"	19,1	3600	36,00	43,00	57,00
0.5"	12,7	3500	35,00	78,00	22,00
0.375"	9,5	1150	11,50	89,50	10,50
4	4,76	750	7,50	97,00	3,00
8	2,38	300	3,00	100,00	-
16	1,19	-	-	100,00	-
20	0,85	-	-	100,00	-
50	0,297	-	-	100,00	-
100	0,149	-	-	100,00	-
200	0,075	-	-	100,00	-
Pan		-	-	100,00	-
Σ =		10000	100,0	1014,50	

Tabel 4.2 menjelaskan tentang hasil gradasi pada agregat kasar yaitu hasil tertahan dan lolos saringan dari 3” sampai pan.



Gambar 4.1 Grafik Pemeriksaan Agregat kasar

Dari grafik 4.1 tersebut dapat dilihat bahwa agregat yang l00% adalah dari lubang saringan no 1,5" sampai dengan 3" dengan ukuran mata ayakan 38,10 mm sampai dengan 76,20 mm



Gambar 4.2 Grafik Lengkung Agregat Kasar Zona 2

Gambar 4.2 menjelaskan tentang gambar grafik lengkung agregat kasar yang terdapat pada zona 2 yang merupakan grafik hubungan antara mata ayakan (mm) dengan persen lolos (%)

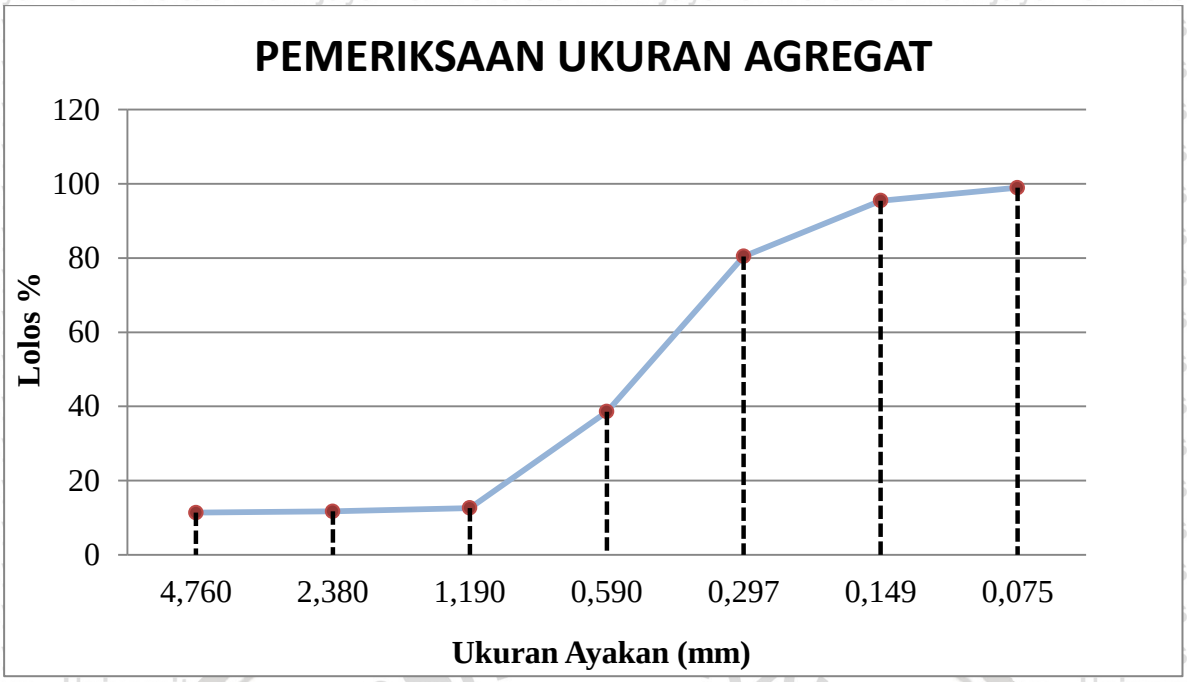
4.3 Analisis Agregat Halus

Tabel 4.3

Hasil Analisis Agregat Halus

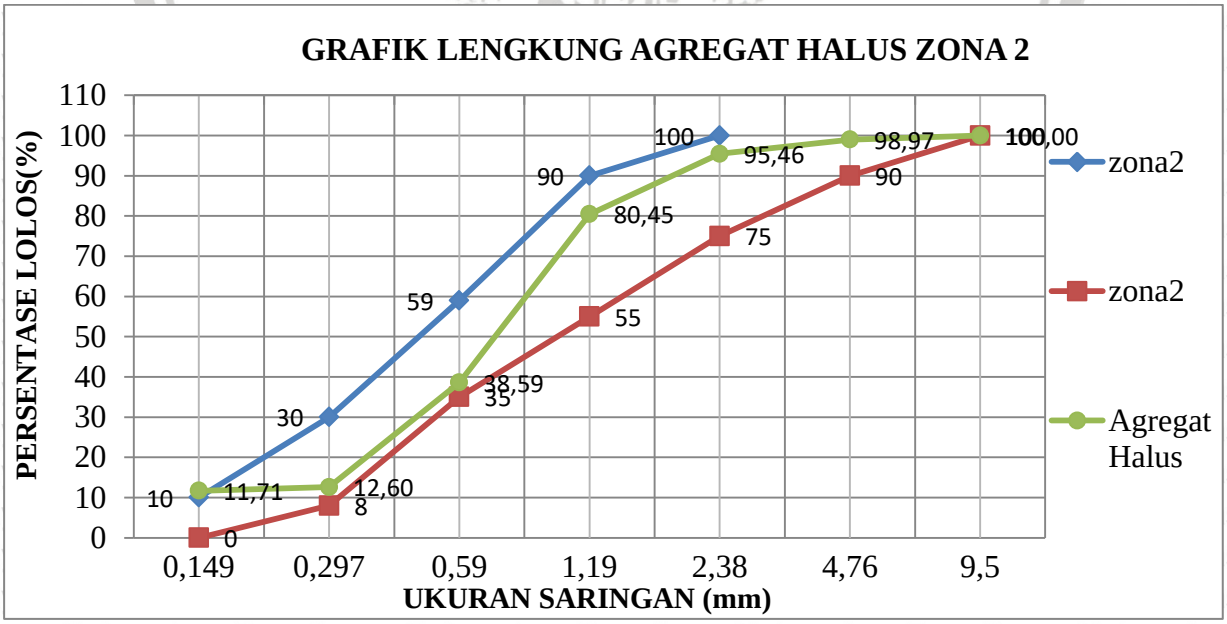
Lubang Saringan		Pasir			
		Tertinggal		%Kumulatif	
no	mm	gram	%	Tertinggal	Lolos
3"	76,2	-	-	-	-
2.5"	63,5	-	-	-	-
2"	50,8	-	-	-	-
1.5"	38,1	-	-	-	-
1"	25,4	-	-	-	-
3/4"	19,1	-	-	-	-
1/2"	12,7	-	-	-	-
3/8"	9,5	-	-	-	100
4	4,76	11,59	1,027	1,027	98,973
8	2,38	39,64	3,513	4,541	95,459
16	1,19	169,33	15,008	19,549	80,451
20	0,59	472,31	41,863	61,412	38,588
50	0,297	293,16	25,984	87,396	12,604
80	0,177	128,16	11,359	98,756	1,244
100	0,149	10,14	0,899	88,295	11,705
200	0,075	3,69	0,327	88,622	11,378
Pan		0,21	0,019	-	-
Σ =		1128,23	100	449.598	

Tabel 4.3 menjelaskan tentang hasil gradasi pada agregat halus yaitu hasil tertahan dan lolos saringan dari 3” sampai pan.



Gambar 4.3 Grafik Lengkung Agregat Halus

Dapat dilihat grafik 4.3 tersebut agregat halus yang mampu lolos ayakan ukuran no 200 dengan ukuran 0,075 mm sebesar 98,973 % kemudian ayakan no 100 dengan ukuran 0,149 mm sebesar 95,459%. Hingga ayakan no 4 dengan ukuran ayakan 4,760 sebesar 11,378 %



Gambar 4.4 Grafik Lengkung Agregat Halus Zona 2

Gambar 4.4 menjelaskan tentang gambar grafik lengkung agregat halus yang terdapat pada zona 2 yang merupakan grafik hubungan antara mata ayakan (mm) dengan persen lolos (%)

4.4 Analisis Kadar Air

Tabel 4.4

Hasil Analisis Kadar Air Agregat Kasar

Nomor Contoh			**1**	
Nomor Talam			**A**	**B**
1	Berat Talam + Benda Uji	(gr)	61,4	55,8
2	Berat Talam + Benda Uji (Masuk Oven)	(gr)	60,2	54,6
3	Berat Air = (1)-(2)	(gr)	1,2	1,2
4	Berat Talam	(gr)	4,4	6,2
5	Berat Contoh Kering = (2)-(4)	(gr)	55,8	48,4
6	Kadar Air = (3)/(5)	(%)	2,1505	2,4793
7	Kadar Air rata-rata	(%)	2,31494	

Tabel 4.4 menjelaskan tentang hasil analisis kadar air agregat kasar yang dihitung menggunakan bantuan talam, dan oven.

Tabel 4.5

Hasil Analisis Kadar Air Agregat Halus

Nomor Contoh			**1**	
Nomor Talam			**A**	**B**
1	Berat Talam + Benda Uji	(gr)	28,4	34,8
2	Berat Talam + Benda Uji (Masuk Oven)	(gr)	26,8	33
3	Berat Air = (1)-(2)	(gr)	1,6	1,8
4	Berat Talam	(gr)	6	5,8
5	Berat Contoh Kering = (2)-(4)	(gr)	20,8	27,2
6	Kadar Air = (3)/(5)	(%)	7,6923	6,6176
7	Kadar Air rata-rata	(%)	7,154977	

Tabel 4.5 menjelaskan tentang hasil analisis kadar air agregat halus yang dihitung menggunakan bantuan talam, dan oven.

4.5 Perencanaan Mix Design

Perencanaan *Mix Design* yang digunakan dalam percobaan ini merupakan perbandingan volume komposisi semen : pasir : batu pecah yang digunakan dalam satu adukan yang berisi 6 benda uji silinder dengan mutu rencana 17 Mpa. Dengan rincian pada tabel 4.6

Tabel 4.6

Perencanaan *Mix Design* beton normal dengan menggunakan perbandingan volume.

Jenis Material	Perbandingan volume
Semen	1,0
Air	0,6
Pasir	2,24
Batu Pecah	2,81

Perencanaan *Mix Design Beton Pumice* Dengan Perbandingan Agregat Batu Apung 25% Volume, Menggunakan Data Berat Berdasarkan Berat Dalam Sekali Adukan dengan rincian pada tabel 4.7

Tabel 4.7

Perencanaan *Mix Design Beton Pumice*

Jenis Material	Berat (kg)
Semen	13,496
Air	7,7200
Pasir	30,220
Batu Pecah	28,440
Pumice	2,4830

Tabel 4.8

Perencanaan *Mix Design* Dengan Penambahan Serat Plastik 10% Dari Volume Beton Yang Direncanakan.

Jenis Material	Berat (kg)
Semen	13,496
Air	7,7200
Pasir	30,220
Batu Pecah	28,440
Pumice	2,4830
Fiber	0,1900

Tabel 4.8 menjelaskan tentang campuran semen, air, pasir, batu pecah, *pumice*, *fiber* menggunakan nilai FAS sebesar 0,6-0,65 dari berat semen. Faktor air semen didapatkan dari ketentuan yang berlaku pada SNI 03-3449-2002.

4.6 Hasil Pengujian

4.6.1 Berat Isi Beton

Berat isi beton merupakan perbandingan antara berat beton (W_c) dengan volume beton (V_c).

$$\text{Berat isi} = \frac{W_c}{V_c} \quad \text{.....(4-1)}$$

Dimana :

Wc = Berat beton (kg)

Vc = Volume beton (m^3)

Contoh perhitungan :

Diketahui :

- Menghitung berat isi benda uji beton ringan
- Berat beton (W_c) = 10,825 kg
- Dimensi silinder :

  H (tinggi) = 30 cm = 0,30 m

D (diameter) = 15 cm = 0,15 m

- Volume silinder $= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times L$

$= \frac{1}{4} \times \pi \times 0{,}15^2 \times 0{,}3$

$= 0{,}0053\ m^3$

$Wc = \frac{10{,}825}{0{,}0053} = 2042{,}452\ kg/m^3$

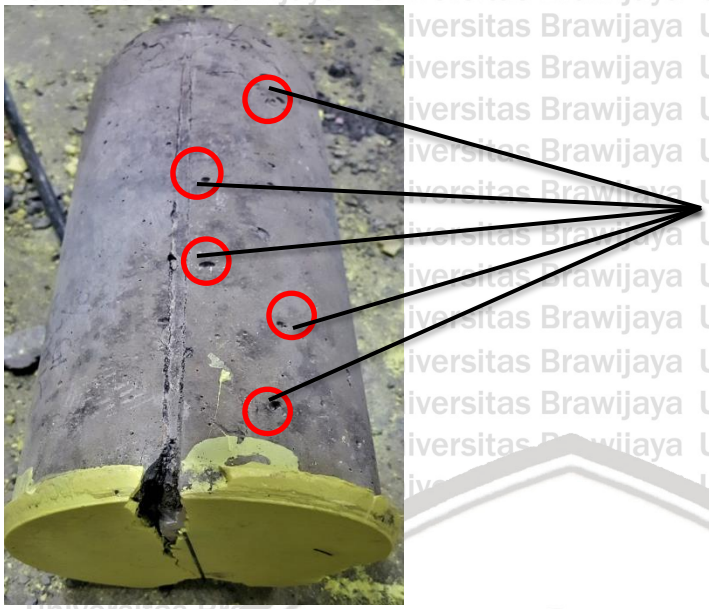
Perhitungan berat isi beton dilakukan pada semua benda uji sehingga didapatkan hasil yang telah direkapitulasi pada tabel 4.9.

Tabel 4.9

Berat isi rata-rata beton

No	Jenis Benda Uji Beton Silinder	Berat Beton Rata-rata (kg)	Berat Isi Beton Rata-rata (kg/m^3)
1	Beton Ringan	10,825	2042,452
2	Beton Ringan Serat Panjang 4 cm	10,933	2062,830
3	Beton Ringan Serat Panjang 6 cm	11,116	2097,358

Tabel 4.9 di atas menunjukkan bahwa ada perbandingan dari berat isi beton ringan tanpa serat, beton ringan serat 4 cm, dan beton ringan 6 cm . Beton ringan tanpa serat memiliki berat isi yang lebih tinggi dibanding yang lain karena komposisinya. Sebelum beton dimasukan ke dalam silinder, kami melakukan uji *slump*. Dalam pengujian ini kami mendapatkan nilai slump yaitu nilai yang menunjukan kelecekan (*workability*) dalam campuran beton. Untuk mendapatkan nilai *slump* peneliti memasukan campuran beton segar yang baru dicampur ke dalam kerucut Abrams, dengan mengisi ⅓ bagian serta melakukan tumbukan 25 kali pada setiap lapisannya. Setelah itu kerucut Abrams diangkat secara perlahan dengan arah verikal sehingga bisa dilihat berapa hasil dari penurunan dari beton segar tersebut.



Gambar 4.5 Pori-pori pada benda uji beton

Gambar 4.5 menjelaskan tentang lubang pori yang terjadi pada beton berusia 28 hari yang telah siap untuk di uji.

4.6.2 Uji *Slump*

Nilai uji *slump* merupakan nilai yang dihasilkan dari pengujian menggunakan kerucut Abrams yang digunakan untuk menentukan tingkat kelecakan (*workability*) dari beton. Untuk mencapai mutu f'c = 17 MPa, maka kelecakan adonan beton perlu diperhatikan. Nilai *slump* seharusnya berada pada batas yang telah ditentukan yaitu 16 cm ± 2. Dengan batas bawah nilai *slump* yaitu 14 cm dan batas atasnya 18 cm

Berikut pada tabel 4.10 akan dipaparkan nilai *slump* untuk setiap benda uji.

Tabel 4.10

Nilai uji *slump* beton silinder

Tipe Beton	Nilai Slump Sebelum (cm)	Nilai Slump Sesudah (cm)
Ringan Tanpa Serat	16	-
Beton Ringan Serat 4 cm	15	14
Beton Ringan Serat 6 cm	16	14

Tabel 4.10 menjelaskan bahwa beton serat mempunyai nilai *slump* yang lebih rendah dibandingkan dengan beton yang tanpa serat dikarenakan adanya air yang menempel pada serat saat terjadinya proses pencampuran beton, sehingga itu juga

menjadikan kelecakan atau *workability* beton menjadi lebih kecil dibanding dengan yang tanpa serat.

Gambar 4.6 Uji Slump

Gambar 4.6 menggambarkan tentang beton segar dengan campuran serat pastik saat dilakukan tes *slump* sebelum di cetak.

4.6.3 Uji Kuat Tarik Belah

Pada pengujian kuat tarik belah, beton silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm diletakkan pada posisi horizontal di antara dua pelakat landasan mesin uji tekan. Saat beton diberi beban dengan arah sepanjang sumbu, maka elemen pada diameter vertikal akan mengalami tegangan tekan vertikal dan tegangan tarik horizontal. Perhitungan yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$ft = \frac{2\,x\,P}{\pi\,x\,L\,x\,D} \quad \text{.....(4 – 2)}$$

Di mana :

ft = Kuat tarik belah beton (MPa)

P = Beban maksimum (N)

L = Tinggi silinder beton (mm)

D = Diameter benda ujii silinder (mm)

Contoh perhitungan :

Diketahui :

P = 90000 N

L = 300 mm

D = 150 mm

$$ft = \frac{2\ x\ 90000}{\pi\ x\ 300\ x\ 150} = 1{,}2738 \text{ MPa}$$

Hasil pengujian kuat tarik belah beton selengkapnya dapat dilihat pada tabel 4.11

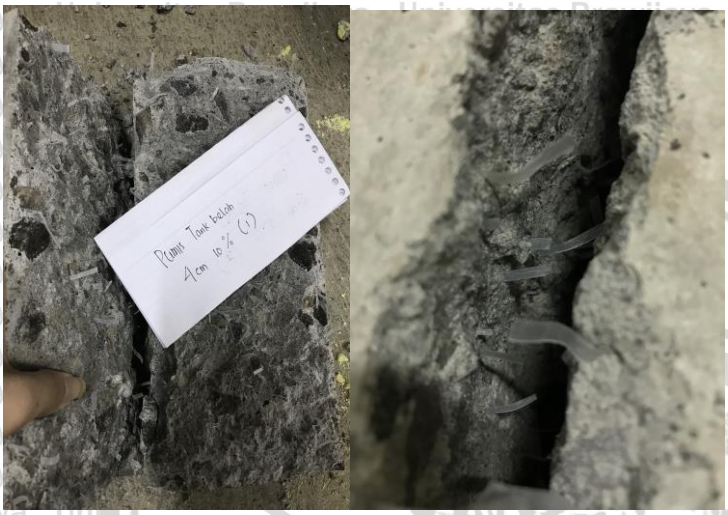
Tabel 4.11

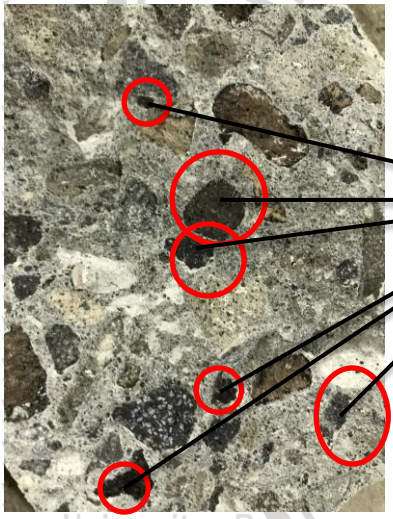
Hasil pengujian uji kuat tarik belah

No	Kode Benda	P Maks (kN)	Ft (MPa)	Berat (Kg)	Rerata ft (MPa)	Selisih Terhadap Beton Ringan (%)
1	Ringan 1	62	0.877	10.850	1.075	0.000
2	Ringanl 2	90	1.273	10.800		
4	R.Variasi 4 cm (4)	72	1.018	10.750	1.094	1.754
5	R.Variasi 4 cm (5)	72	1.018	10.450		
6	R.Variasi 4 cm (6)	88	1.244	11.000		
7	R.Variasi 6 cm (4)	72	1.018	10.600		
8	R.Variasi 6 cm (5)	87	1.230	11.050	1.136	5.702
9	R.Variasi 6 cm (6)	82	1.160	10.950		

Pada tabel 4.11 menunjukan bahwa kuat tarik belah rata-rata yang terjadi pada beton ringan serat 4 cm dan 6 cm memiliki nilai rata-rata yang lebih besar dibandingkan dengan beton ringan tanpa serat. Dari hasil pengujian di atas dapat disimpulkan bahwa penambahan serat memiliki pengaruh terhadap pengingkatan kuat tarik belah beton. Kuat

tarik belah rata-rata beton ringan tanpa serat adalah 1,075 Mpa, kuat tarik belah rata-rata beton serat 4 cm adalah 1,094 Mpa. Sedangkan kuat tarik belah rata-rata beton ringan serat 6 cm adalah 1,136 Mpa. Peningkatan yang terjadi pada beton serat 6 cm adalah 5,702%. Itu membuktikan bahwa penambahan serat 4 cm dan 6 cm memiliki pengaruh pada nilai kuat tarik belah beton.





Gambar 4.7 model kehancuran beton ringan serat 4 cm dan persebaran *pumice*

Pada gambar di atas dapat kita lihat model kehancuran yang terjadi pada beton ringan serat 4 cm ada bagian serat yang tidak hancur saat diberikan uji tarik belah dan hanya mengalami terlepasnya ikatan antara serat dengan betonnya karena seratnya masih licin meskipun sudah diminimalisir dengan cara diamplas permukaan seratnya sebelum dipotong. Persebaran dari *pumice* dalam campuran betonnya merata, tidak hanya menumpuk di bagian atas maupun bawah saja. Persebaran *pumice* ini berpengaruh terhadap kekuatan beton. Apabila persebaran *pumice* ini tidak merata dan hanya menumpuk di satu titik saja akan mengakibatkan kuat tekan beton yang tidak stabil.

4.6.4 Uji Kuat Tekan

Uji kuat tekan beton adalah uji untuk mengetahui seberapa besar kemampuan beton dalam menerima gaya yang terjadi persatuan luasnya. Uji kuat tekan beton menggunakan benda uji silinder dengan tinggi 30 cm dan diameter 15 cm serta beton telah mencapai umur 28 hari.

$$fc = \frac{P}{A} \quad \text{.....(4 – 3)}$$

Di mana :

fc = kuat tekan beton (MPa)

P = beban maksimum (N)

A = luas penampang silinder (mm^2) = 0,25

Contoh perhitungan:

Perhitungan beton ringan tanpa serat

Diketahui:

P = 167600 N

A = 0,25 *x* π *x* $(150)^2$ = 17678,57 mm^2

$$fc = \frac{167600}{17678,57} = 9,480 \text{ MPa}$$

Berikut hasil uji kuat tekan beton untuk semua variasi benda uji yang dapat dilihat pada tabel 4.12

Tabel 4.12

Hasil pengujian uji kuat tekan

No	Kode Benda Uji	P Maks (kN)	fc (MPa)	Berat (Kg)	Rerata fc (MPa)	Selisih Terhadap Beton Ringan (%)
1	Ringan 1	167.6	9.480	10.500	9.480	0.000
2	R.Variasi 4 cm (1)	157.1	8.886	10.900		
3	R.Variasi 4 cm (2)	180.6	10.216	11.050	9.582	1.074
4	R.Variasi 4 cm (3)	170.5	9.644	10.850		

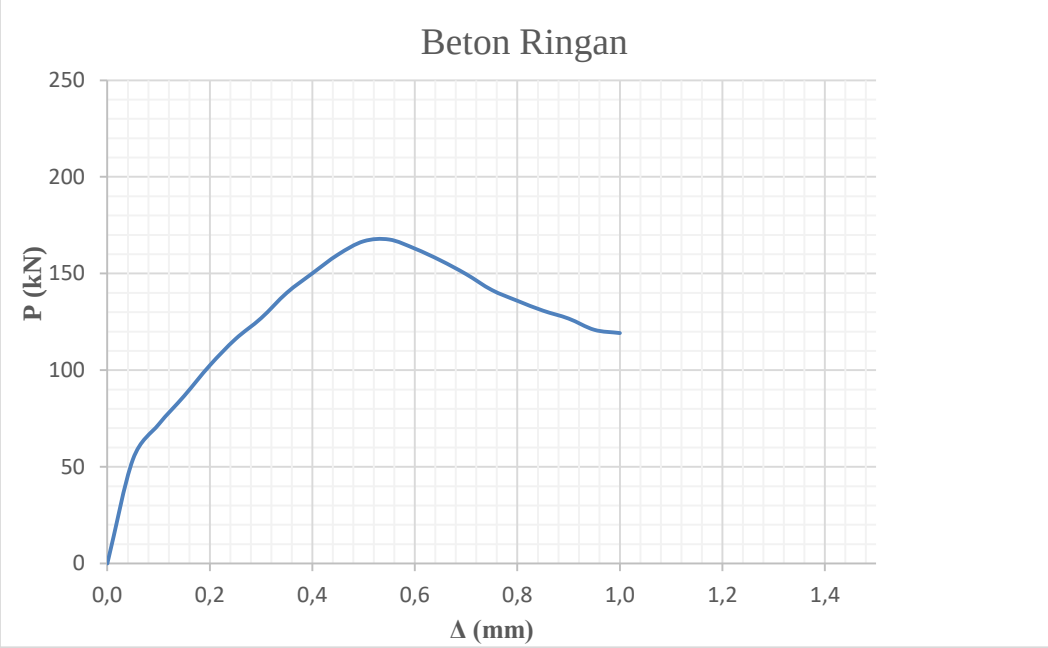
5	R.Variasi 6 cm (1)	234.4	13.259	11.050		
6	R.Variasi 6 cm (2)	192.7	10.900	11.100	11.415	20.406
7	R.Variasi 6 cm (3)	178.3	10.086	11.200		

Pada tabel 4.12 kuat tekan rata-rata terbesar diperoleh oleh nilai kuat tekan rata-rata beton ringan serat 6 cm yaitu sebesar 11,415 Mpa dengan peningkatan sebesar 20,406% dari rata-rata beton ringan tanpa serat. Sedangkan kuat tekan rata-rata paling kecil dimiliki oleh beton ringan tanpa serat. Dapat disimpulkan bahwa penambahan serat pada beton ringan mempengaruhi kuat tekannya, karena adanya ikatan antara serat dan betonnya itu menyebabkan peningkatan kuat tekan pada beton itu sendiri. Beton ringan serat 6 cm lebih kuat dibandingkan dengan yang beton ringan serat 4 cm dikarenakan luasan dari seratnya. Perbedaan luas dari serat yang digunakan akan berpengaruh pada ikatan dalam beton itu sendiri.

Gambar 4.8 model kehancuran beton ringan serat 4 cm dan 6 cm

Dari gambar 4.8 di atas dapat diketahui model kehancuran tekan dari beton ringan serat 4 cm dan beton ringan serat 6 cm. Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan, terlihat pola keretakan yang sama dengan setiap variasi bentuk benda uji . Pola retak tersebut dapat terjadi dikarenakan homogenitas dari agregat penyusun beton mempengaruhi penyebaran tegangan pada benda uji yang diakibatkan oleh proses ikat tegangan benda uji. Terlihat bahwa retakan terjadi antara pasta dengan agregat kasar, hal ini menunjukkan bahwa semua benda uji yang terbuat dari pasir, air dan semen Portland dapat menyatu dengan

baik sehingga, benda uji mampu memikul kuat tekan dengan baik. Dan bentuk kehancuran dari beton ringan serat 4 cm dan beton ringan serat 6 cm adalah merupakan tipe kehancuran sejajar sumbu tegak (konmular)



Gambar 4.9 grafik P - Δ benda uji beton ringan tanpa serat

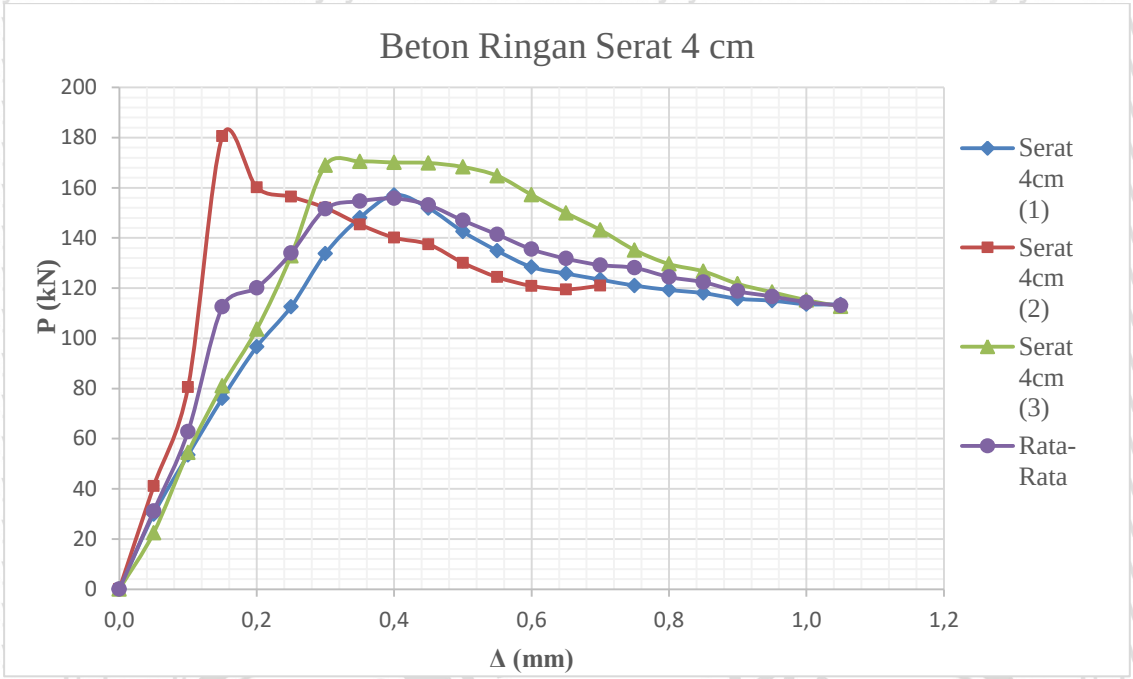
Gambar 4.9 menggambarkan grafik P - Δ dari benda uji beton ringan tanpa serat. Dari grafik di atas didapatkan nilai P maksimum sebesar 167,6 kN dan defleksi sebesar 0,55 mm. Berikut adalah contoh perhitungan untuk mencari kekakuan :

Contoh perhitungan :

- Didapatkan P maksimum sebesar 167,6 kN dan Δ sebesar 0,55 mm
- Menghitung 75% P maksimum, 0,75P = 0,75 x 167,6 = 125,7
- Menghitung K = $\frac{0,75P}{\Delta}$

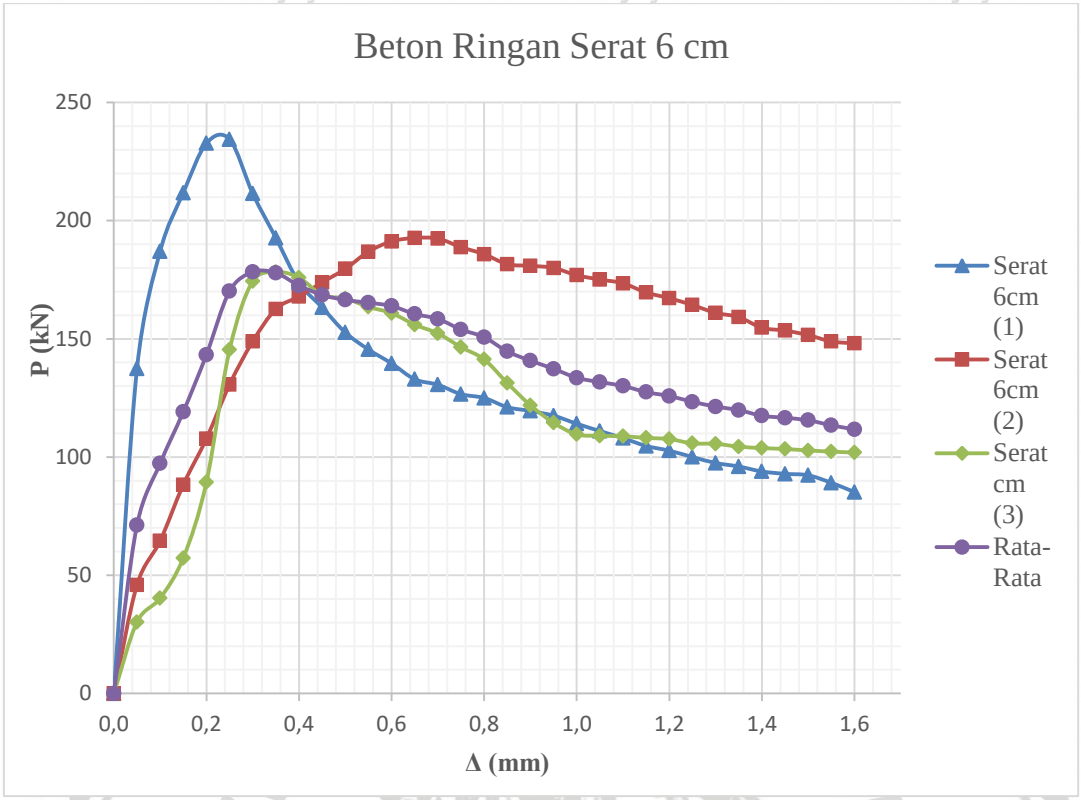
$$= \frac{125,7}{0,55}$$

= 228,5454 kN/mm



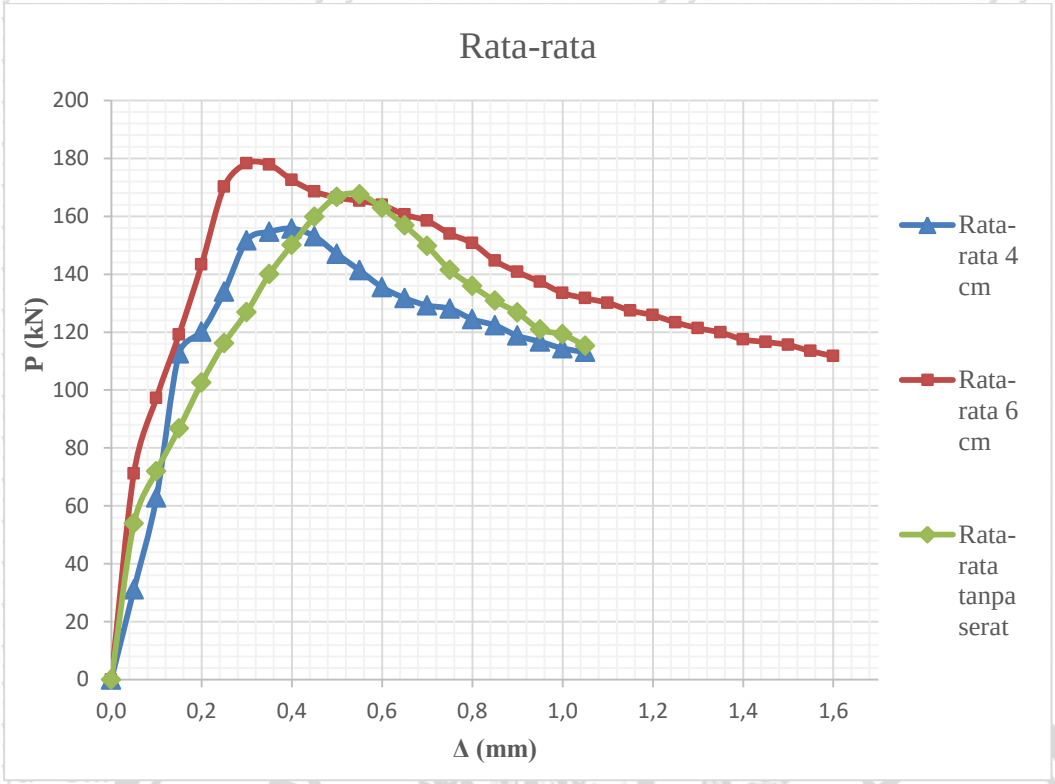
Gambar 4.10 gabungan grafik P - Δ dari benda uji beton ringan serat 4 cm

Gambar 4.10 adalah gabungan dari grafik P - Δ dari beton ringan serat 4 cm benda uji 1, 2, dan 3. Benda uji 1 dan 3 miliki panjang deformasi yang sama dan kelandaian awal yang hampir sama dibandingkan dengan benda uji 2. Benda uji 2 juga mengalami penurunan gaya tekan yang signifikan dibandingkan dengan benda uji 1 dan 3. Gaya tekan maksimum pada benda uji 2 merupakan yang paling besar. Sedangkan benda uji 1 dan 3 memiliki daktilitas yang lebih besar dibandingkan dengan benda uji 2. Jadi dari grafik di atas dapat disimpulkan bahwa benda uji 2 merupakan yang paling getas atau daktilitasnya paling kecil. Dan karena benda uji 2 memiliki nilai daktilitas yang kecil, benda uji 2 dapat mencapai gaya tekan maksimum dengan cepat.



Gambar 4.11 grafik gabungan P - Δ dari benda uji beton ringan serat 6 cm

Gambar 4.11 adalah gabungan dari grafik P - Δ dari beton ringan serat 6 cm benda uji 1, 2, dan 3. Benda uji 1, 2, dan 3 memiliki kelandaian awal yang berbeda-beda. Benda uji 1 memiliki kelandaian awal yang paling curam di bandingkan dengan benda uji 2 dan 3. Karena benda uji 1 memiliki kelandaian awal yang paling curam, maka benda uji 1 mendapatkan nilai kuat tekan maksimum lebih dahulu dibanding benda uji 2 dan 3. Jadi dapat disimpulkan bahwa benda uji 2 dan 3 memiliki tingkat daktilitas yang lebih besar dibandingkan dengan benda uji 1. Jadi dari grafik di atas dapat disimpulkan bahwa benda uji 1 merupakan yang paling getas atau daktilitasnya paling kecil. Dan karena benda uji 1 memiliki nilai daktilitas yang kecil, benda uji 1 dapat mencapai gaya tekan maksimum dengan cepat.



Gambar 4.12 Grafik gabungan rata rata P - Δ

Gambar 4.12 adalah gabungan dari grafik rata rata P - Δ dari gabungan rata-rata beton ringan tanpa serat, beton ringan serat 4 cm, dan beton ringan serat 6 cm. Beton ringan serat 6 cm memiliki kelandaian awal yang paling curam dibandingkan dengan beton ringan tanpa serat dan beton ringan 4 cm. Daktilitas dan nilai kuat tekan maksimum beton ringan serat 6 cm merupakan yang paling besar di antara yang lainnya. Hal itu dipengaruhi oleh perbedaan panjang serat yang diberikan. Sehingga menyebabkan perbedaan nilai kuat tekan dan modulus elastisitasnya. Jadi dapat disimpulkan bahwa beton ringan serat 6 cm merupakan benda uji yang paling optimal dibandingkan dengan yang lainnya. Karena selain gaya tekan yang dimilikinya, daktilitas dan deformasinya juga besar.

4.6.5 Uji Modulus Elastisitas (*Extensometer*)

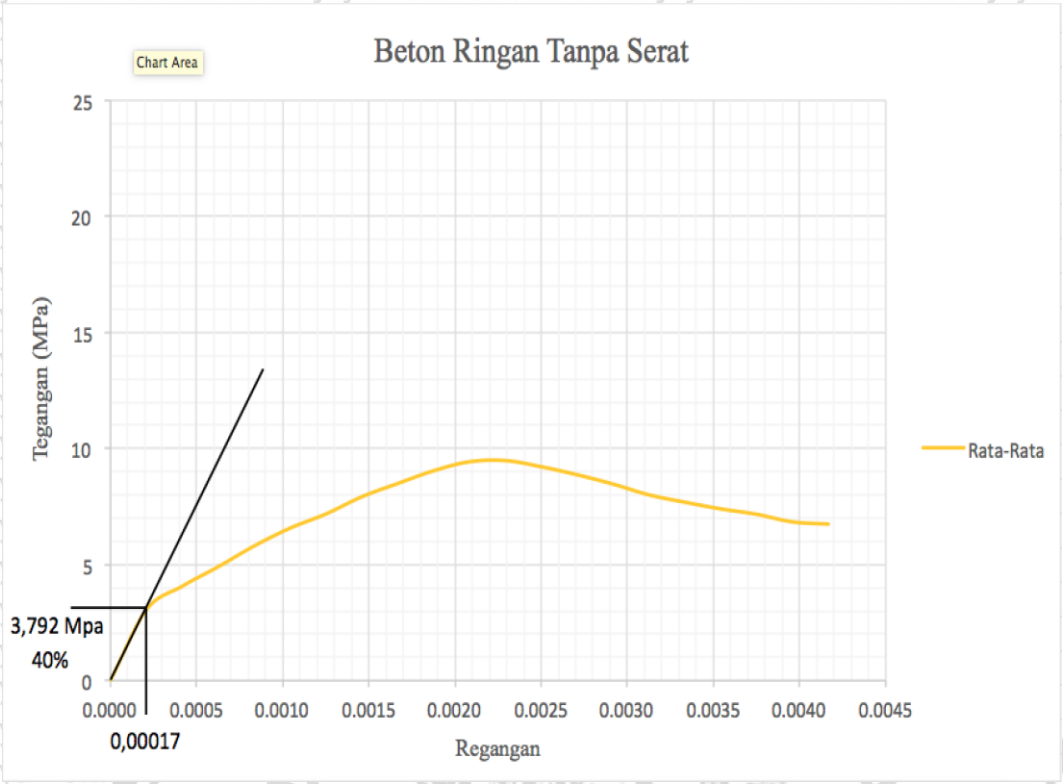
Uji modulus elasisitas dilakukan bersamaan dengan uji kuat tekan dengan adanya penambahan alat bernama *extensometer* yang nantinya akan memperlihatkan hasil deformasi pada suatu bahan tersebut. Penambahan alat tersebut bertujuan untuk mendapatkan nilai bacaan regangan pada dial seiring dengan bertambahnya beban yang diberikan alat uji tekan, sampai benda uji tidak mampu menahan beban karena telah mengalami keruntuhan.

Modulus Elastisitas beton adalah kemiringan kurva tegangan regangan beton pada kondisi linier atau pada kondisi mendekati linier sebelum beton mengalami kondisi plastis. Beberapa faktor yang mempengaruhi modulus elastisitas adalah kelembaman udara dan agregat penyusun beton itu sendiri. tabel 4.13 ini menjelaskan tentang hasil tegangan dalam Mpa regangan yang terjadi pada beton ringan tanpa serat.

Tabel. 4.13

Tegangan dan Regangan Beton Ringan Tanpa Serat

No	ε	σ_n (MPa)
1	0.0000	0.000
2	0.0002	3.049
3	0.0004	4.067
4	0.0006	4.904
5	0.0008	5.798
6	0.0010	6.567
7	0.0013	7.178
8	0.0015	7.919
9	0.0017	8.491
10	0.0019	9.039
11	0.0021	9.429
12	0.0023	9.480
13	0.0025	9.215
14	0.0027	8.869
15	0.0029	8.468
16	0.0031	8.004
17	0.0033	7.687
18	0.0035	7.399
19	0.0038	7.167
20	0.0040	6.839
21	0.0042	6.743
	Maks =	9.480



Gambar 4.13 Grafik hubungan tegangan dan regangan beton ringan tanpa serat

Grafik 4.13 di atas merupakan grafik hubungan tegangan dan regangan dari beton ringan tanpa serat. Grafik tersebut menunjukan bahwa beton ringan tanpa serat memiliki batas elastis yang diukur dengan menggunakan metode modulus elastisitas secan. Yaitu dengan cara ditarik garis lurus yang bersinggungan dengan grafik dan sejajar dengan titik 40% dari nilai maksimum. Beton ringan tanpa serat masih berada pada kondisi elastis liniernya yaitu pada regangan 0,00017 dan pada tegangan 3,792 Mpa. Apabila dihitung dengan menggunakan metode modulus elastisitas initial tangen yang menggunakan tegangan dan regangan saat awal pembebanan dengan rumus : $E_c = \frac{S_1}{\varepsilon_c}$

Di mana :

E_c = Modulus elastisitas beton (MPa)

S_1 = Tegangan awal yang terjadi

ε_c = Regangan longitudinal akibat Tegangan S_1

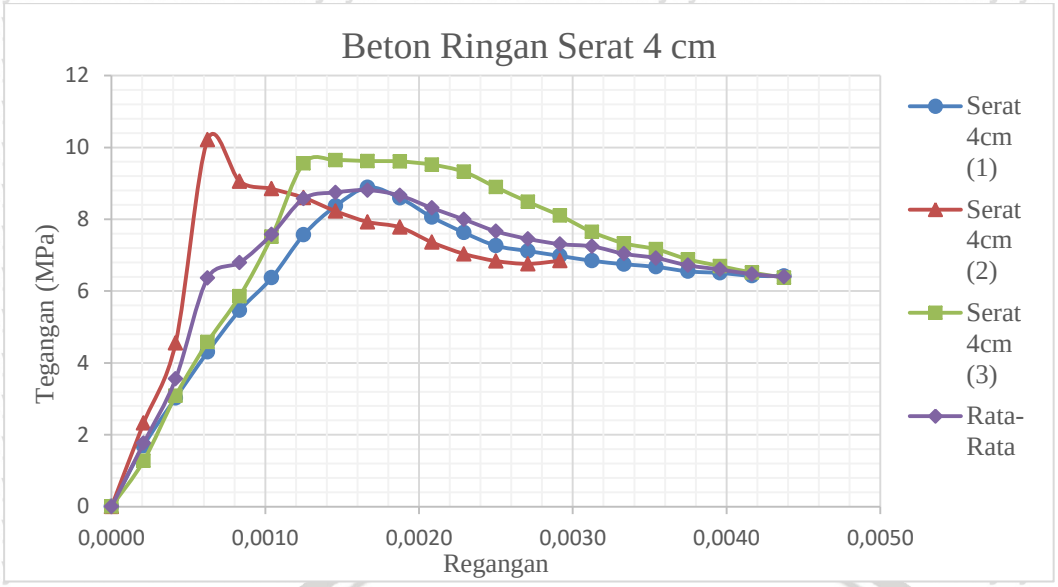
Modulus elastisitas initial tangen beton ringan tanpa serat adalah 14634,67 Mpa

Tabel 4.14

Tabel Tegangan dan Regangan Beton Ringan Serat 4 cm

No	ε	Kode Benda Uji			
		Serat 4cm (1)	Serat 4cm (2)	Serat 4cm (3)	Rata-Rata
		σ_n (MPa)	σ_n (MPa)	σ_n (MPa)	σ_n (MPa)
1	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	0.0002	1.691	2.325	1.273	1.763
3	0.0004	3.026	4.554	3.083	3.554
4	0.0006	4.305	10.216	4.582	6.367
5	0.0008	5.464	9.056	5.860	6.794
6	0.0010	6.369	8.847	7.518	7.578
7	0.0013	7.568	8.598	9.560	8.575
8	0.0015	8.372	8.225	9.644	8.747
9	0.0017	8.886	7.925	9.622	8.811
10	0.0019	8.592	7.778	9.611	8.660
11	0.0021	8.061	7.359	9.520	8.313
12	0.0023	7.631	7.037	9.322	7.996
13	0.0025	7.263	6.839	8.892	7.665
14	0.0027	7.116	6.760	8.485	7.453
15	0.0029	6.980	6.844	8.100	7.308
16	0.0031	6.844	-	7.648	7.246
17	0.0033	6.748	-	7.331	7.040
18	0.0035	6.675	-	7.167	6.921
19	0.0038	6.550	-	6.884	6.717
20	0.0040	6.505	-	6.697	6.601
21	0.0042	6.426	-	6.516	6.471
22	0.0044	6.420	-	6.375	6.398
		Maks =			8.811

Tabel 4.14 menjelaskan tentang tegangan dan regangan pada beton serat 4 cm variasi 1, 2, dan 3.



Gambar 4.14 Grafik hubungan tegangan dan regangan beton ringan serat 4 cm

Gambar grafik 4.14 di atas merupakan grafik hubungan tegangan dan regangan pada beton ringan serat 4 cm. Dengan metode modulus elastisitas secan, diketahui bahwa beton ringan serat 4 cm (1) masih berada pada kondisi elastis liniernya yaitu pada regangan 0,0002 dan tegangan 3,555 Mpa. Beton ringan serat 4 cm (2) masih berada pada kondisi elastis liniernya yaitu pada pada regangan 0,0001 dan pada tegangan 4,086 Mpa. Sedangkan beton ringan serat 4 cm (3) masih berada pada kondisi elastis liniernya yaitu pada regangan 0,0002 dan tegangan 3,858 Mpa. Dari gambar grafik di atas dapat disimpulkan bahwa beton ringan serat 4 cm (2) masih berada pada kondisi elastis liniernya dan itu terjadi pada regangan yang kecil tetapi pada tegangan yang besar. Karena beton ringan serat 4 cm (2) merupakan benda uji yang paling kecil daktilitasnya. Dengan menggunakan metode modulus elastisitas initial tangen, yang menggunakan tegangan dan regangan saat awal pembebanan didapatkan hasil modulus elastisitas initial tangen beton ringan serat 4 cm (1) adalah 8456,566 Mpa, beton ringan serat 4 cm (2) adalah 11624,242 Mpa, dan beton ringan serat 4 cm (3) adalah 6363,636 Mpa.

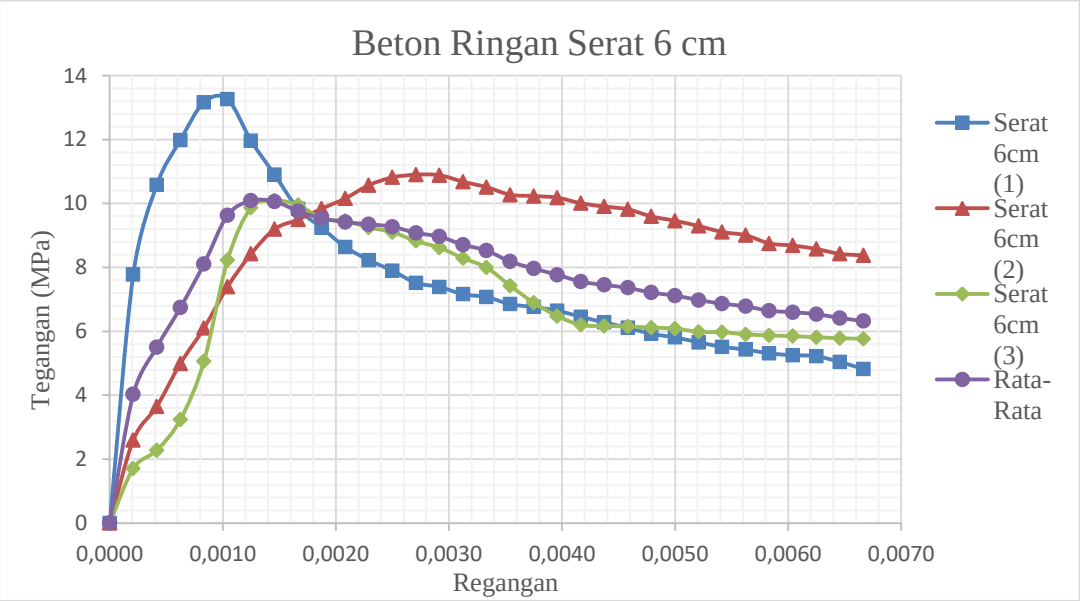
Tabel 4.15

Tabel tegangan dan regangan beton ringan serat 6 cm

No	ε	Kode Benda Uji			
		Serat 6cm (1)	Serat 6cm (2)	Serat 6cm (3)	Rata-Rata
		σ_n (MPa)	σ_n (MPa)	σ_n (MPa)	σ_n (MPa)
1	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	0.0002	7.772	2.596	1.708	4.026
3	0.0004	10.578	3.648	2.280	5.502
4	0.0006	11.981	4.995	3.241	6.739
5	0.0008	13.163	6.098	5.057	8.106
6	0.0010	13.259	7.393	8.225	9.626
7	0.0013	11.964	8.423	9.865	10.084
8	0.0015	10.900	9.198	10.086	10.061
9	0.0017	9.831	9.497	9.950	9.759
10	0.0019	9.237	9.837	9.531	9.535
11	0.0021	8.638	10.159	9.452	9.416
12	0.0023	8.230	10.572	9.248	9.350
13	0.0025	7.897	10.815	9.101	9.271
14	0.0027	7.518	10.900	8.824	9.081
15	0.0029	7.387	10.883	8.615	8.962
16	0.0031	7.161	10.680	8.287	8.709
17	0.0033	7.071	10.510	7.993	8.524
18	0.0035	6.850	10.272	7.427	8.183
19	0.0038	6.760	10.233	6.895	7.963
20	0.0040	6.646	10.182	6.477	7.768
21	0.0042	6.454	10.006	6.200	7.553
22	0.0044	6.279	9.905	6.166	7.450
23	0.0046	6.109	9.814	6.154	7.359
24	0.0048	5.922	9.594	6.115	7.210
25	0.0050	5.809	9.458	6.086	7.118

26	0.0052	5.657	9.294	5.985	6.978
27	0.0054	5.515	9.107	5.973	6.865
28	0.0056	5.430	9.005	5.905	6.780
29	0.0058	5.312	8.751	5.872	6.645
30	0.0060	5.255	8.683	5.849	6.596
31	0.0063	5.221	8.575	5.815	6.537
32	0.0065	5.040	8.423	5.787	6.416
33	0.0067	4.819	8.377	5.764	6.320
		Maks =			10.084

Tabel 4.15 menjelaskan tentang tegangan dan regangan pada beton serat 6 cm variasi 1, 2, dan 3.



Gambar 4.15 Grafik hubungan tegangan dan regangaan beton ringan serat 6 cm

Gambar grafik 4.15 di atas merupakan grafik hubungan tegangan dan regangan pada beton ringan serat 6 cm. Dengan metode modulus elastisitas secan, diketahui bahwa beton ringan serat 6 cm (1) masih berada pada kondisi elastis liniernya yaitu pada regangan 0,0001 dan tegangan 5,304 Mpa. Beton ringan serat 6 cm (2) masih berada pada kondisi elastis liniernya yaitu pada regangan 0,0002 dan pada tegangan 4,360 Mpa. Sedangkan beton ringan serat 6 cm (3) masih berada pada kondisi elastis liniernya yaitu pada regangan 0,0001 dan tegangan 4,034 Mpa. Dari gambar grafik di atas dapat disimpulkan bahwa beton ringan serat 6 cm (1) masih berada pada kondisi elastis liniernya dan itu terjadi pada regangan yang kecil tetapi pada tegangan yang besar. Karena beton ringan serat 6 cm (2)

merupakan benda uji yang paling kecil daktilitasnya dan paling cepat mengalami penurunan kuat tekan setelah mencapai nilai puncaknya. Dengan menggunakan metode modulus elastisitas initial tangen, yang menggunakan tegangan dan regangan saat awal pembebanan didapatkan hasil modulus elastisitas initial tangen beton ringan serat 6 cm (1) adalah 38860,606 Mpa, beton ringan serat 6 cm (2) adalah 12981,818 Mpa, dan beton ringan serat 6 cm (3) adalah 8541,414 Mpa.

1. Perhitungan Modulus elastisitas berdasarkan SK SNI T-15-191

Perhitungan Modulus Elastisitas Beton menggunakan rumus pada SK SNI–T–15–1991 adalah sebagai berikut :

- Untuk $1500 \leq W_c \leq 2500$ kg/m³

$E_c = 0{,}043\ x\ Wc^{1{,}5} x\ fc^{0{,}5}$ ……..(4 – 6)

Keterangan :

E_c = Modulus elastisitas beton (MPa)

W_c = Berat satuan beton (kg/m³)

f_c = Kuat Tekan beton silinder (MPa)

Contoh Perhitungan :

Modulus elastisitas benda uji beton ringan serat 6 cm

Diketahui : Wc = 2083,502 kg/m³

f'c = 13,259 MPa

Sehingga : $E_c = 0{,}043\ x\ 2083{,}502^{1{,}5} x\ 13{,}259^{0{,}5}$

= 14890,68661 MPa

Berikut hasil pengujian modulus elastisitas dengan menggunakan rumus SK SNI T – 15 – 1991 ($1500 \leq W_c \leq 2500$ kg/m³) dapat dilihat pada tabel 4.10

Tabel 4.16

Hasil pengujian uji modulus elastisitas menurut SK SNI T – 15 – 1991 ($1500 \leq W_c \leq 2500$ kg/m³)

No	Kode Benda Uji	P Maks (kN)	P (MPa)	Berat Benda Uji (kg)	Berat Isi Beton (gr/cm³)	Modulus Elastisitas (MPa)	E Rata-Rata (MPa)
1	R.1	167.600	9.480	12.6	2375.758	14471.424	14471.424
2	R.Variasi 4 cm (1)	157.100	8.886	10.9	2055.219	11943.183	13203.280
3	R.Variasi 4 cm (2)	180.600	10.216	11.05	2083.502	13070.570	
4	R.Variasi 4 cm (3)	170.500	9.644	10.85	2045.791	14596.088	
5	R.Variasi 6 cm (1)	234.400	13.259	11.05	2083.502	17114.061	14653.181
6	R.Variasi 6 cm (2)	192.700	10.900	11.1	2092.929	13593.070	
7	R.Variasi 6 cm (3)	178.300	10.086	11.2	2111.785	13252.412	

Tabel 4.16 menjelaskan tentang hasil perhitungan modulus elastisitas dengan metode SNI, dengan hasil beton ringan serat variasi 6 cm merupakan yang terbesar dengan hasil 14653,181 Mpa.

- Untuk W_c = ± 2300 kg/m³

$$Ec = 4700\ x\ f'c^{0,5} \quad \text{.....(4 – 7)}$$

dimana :

Ec = Modulus Elastisitas (MPa)

f'c = kuat tekan beton berumus 28 hari (MPa)

Contoh Perhitungan :

Modulus elastisitas benda uji beton ringan serat 6 cm

Diketahui : f'c = 13,259 MPa

Sehingga : $E_c = 4700\ x\ 13{,}259^{\ 0{,}5}$

= 17114,067 MPa

2. Perhitungan Modulus Elastisitas Initial Tangen

Modulus Elastisitas Initial Tangen adalah kemiringan yang terjadi pada kurva tegangan dan regangan di saat awal pembebanan terjadi. Berikut merupakan rumus perhitungan modulus elastis initial tangen :

$$E_c = \frac{S_1}{\varepsilon_c} \quad \text{.....(4 – 4)}$$

Di mana :

E_c = Modulus elastisitas beton (MPa)

S_1 = Tegangan awal yang terjadi

ε_c = Regangan longitudinal akibat Tegangan S_1

Contoh perhitungan modulus elastis initial tangen dengan rumus di atas adalah

$Ec = \frac{2.5963}{0.0002}$ = 12981,50 MPa

Berikut hasil pengujian modulus elastisitas tangen awal dapat dilihat pada Tabel 4.17

Tabel 4.17

Hasil pengujian uji modulus elastisitas Initial Tangen

No	Kode Benda Uji	σ Awal (MPa)	ε Awal	E Initial Tangen (MPa)	E Initial Tangen Rata-Rata (MPa)
1	R.1	3.048888889	0.0002	14634.667	14634.667
2	R.Variasi 4 cm (1)	1.691313131	0.0002	8456.566	8814.815
3	R.Variasi 4 cm (2)	2.324848485	0.0002	11624.242	
4	R.Variasi 4 cm (3)	1.272727273	0.0002	6363.636	
5	R.Variasi 6 cm (1)	7.772121212	0.0002	38860.606	20127.946
6	R.Variasi 6 cm (2)	2.596363636	0.0002	12981.818	
7	R.Variasi 6 cm (3)	1.708282828	0.0002	8541.414	

Pada tabel 4.17 benda uji yang memiliki modulus elastisitas initial tangen yang terbesar adalah beton ringan serat 6 cm nomer 1 yaitu sebesar 38860,606 Mpa. Sedangkan beton ringan tanpa serat hanya memiliki modulus elastisitas initial tangen sebesar 14634,667 Mpa.

3. **Perhitungan Modulus Elastisitas Secan**

Tabel 4.18

Hasil pengujian uji modulus elastisitas Secan

No	Kode Benda Uji	σ Maks (MPa)	40% dari σ Maks (MPa)	ε Saat 40% σ Maks	E secan (MPa)	E Rata-Rata (MPa)
1	R.1	9.480	3.792	0.00017	22752.970	22752.970
4	R.Variasi 4 cm (1)	8.886	3.555	0.0002	17062.012	
5	R.Variasi 4 cm (2)	10.216	4.086	0.0001	30690.424	22089.923
6	R.Variasi 4 cm (3)	9.644	3.858	0.0002	18517.333	
7	R.Variasi 6 cm (1)	13.259	5.304	0.0001	35428.768	
8	R.Variasi 6 cm (2)	10.900	4.360	0.0002	20928.388	29543.086
9	R.Variasi 6 cm (3)	10.086	4.034	0.0001	32274.101	

Pada tabel 4.18 beton ringan serat dengan panjang 6 cm no 1 merupakan beton yang memiliki nilai modulus elastisitas secan yang terbesar yaitu sebesar 35428.76 Mpa. Sedangkan beton ringan biasa tanpa serat hanya memiliki modulus elastisitas secan 22752,97 Mpa.

Modulus elastisitas secan adalah kemiringan dari garis lurus yang terdapat pada kurva tegangan regangan. Di mana nilai tegangan regangan yang diperlukan untuk menentukan modulus elastisitas secan tersebut adalah 40% dari nilai tegangan maksimum yang terjadi pada beton itu. Berikut merupakan rumus perhitungan modulus elastisitas secan :

$$E_c = \frac{0.4\ x\ f_{max}}{\varepsilon} \quad \text{.....}$$

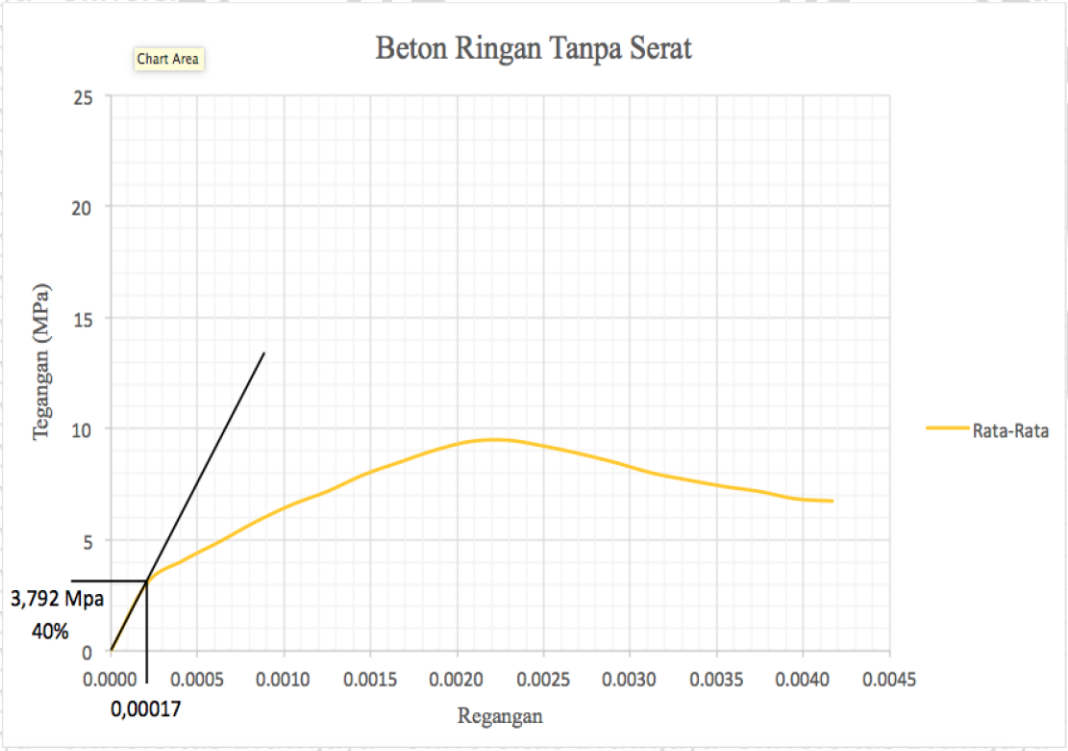
Di mana :

E_c = Modulus Elastisitas Beton (MPa)

f_{maks} = tegangan beton maksimum (MPa)

ε = regangan beton pada saat 40% tegangan maksimum

Contoh perhitungan modulus elastisitas secan pada beton ringan tanpa serat



Gambar 4.16 Grafik perhitungan modulus elastisitas secan beton ringan tanpa serat

Gambar 4.16 menjelaskan tentang cara perhitungan modulus elastisitas sekan dengan menggunakan grafik beton ringan tanpa serat sebagai contohnya.

$$E_c = \frac{0.4\ x\ f_{maks}}{\varepsilon}$$

$$E_c = \frac{3{,}792}{0.00017} = 22752{,}970 \text{ MPa}$$

Tabel 4.19

Hasil rekapitulasi modulus elastisitas dengan cara SNI, Initial Tangen, dan Secan

No	Kode Benda Uji	E Secan	E Initial Tangen	E SNI	Selisih Nilai E Secan dan E SNI	Selisih Nilai E Initial-Tangen E SNI
		(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
1	R.1	22752.970	14634.667	14471.424	-8281.545	-163.242
2	R.Variasi 4 cm (1)	22089.923	8814.815	13203.280	-8886.643	4388.465
3	R.Variasi 4 cm (2)					
4	R.Variasi 4 cm (3)					
5	R.Variasi 6 cm (1)	29543.086	20127.946	14653.181	-14889,905	-5474.765
6	R.Variasi 6 cm (2)					
7	R.Variasi 6 cm (3)					

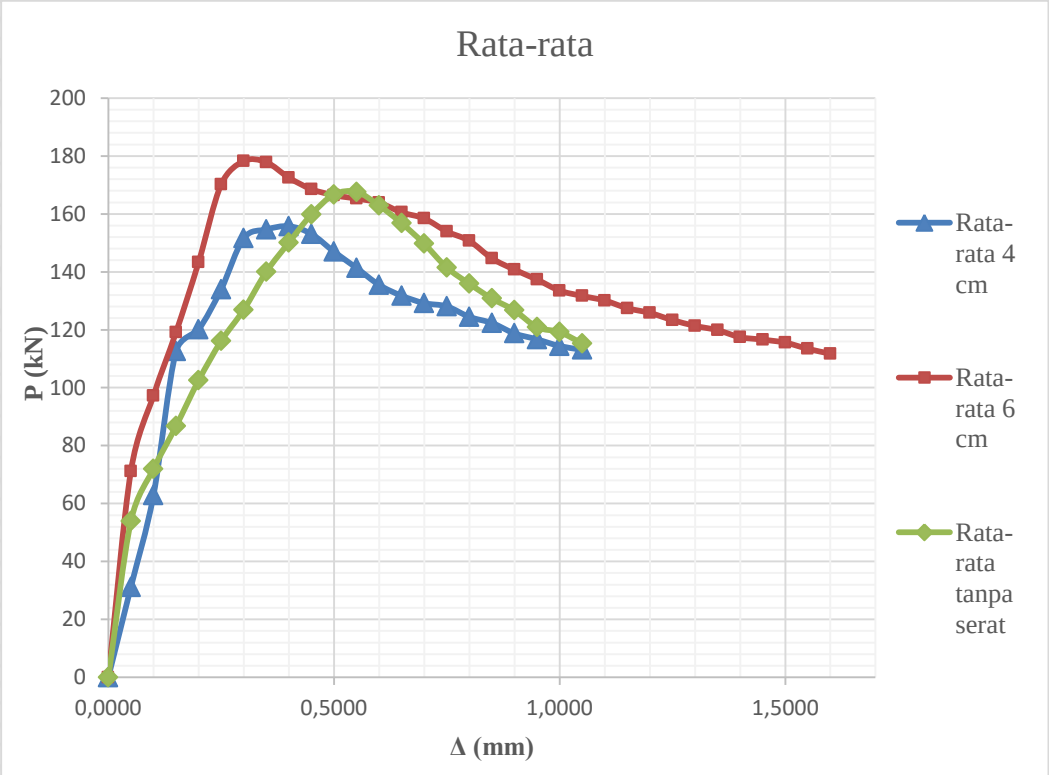
Tabel 4.19 merupakan tabel yang menjabarkan rekapitulasi modulus elastisitas benda uji dengan menggunakan 3 cara. Yaitu dengan cara SNI, Initial Tangen, dan Secan. Dari 3 cara tersebut didapatkan hasil yang paling besar adalah modulus elastisitas beton ringan serat 6 cm. maka dari itu dapat disimpulkan bahwa penambahan serat 6 cm pada beton ringan lebih optimal dibandingkan dengan 4 cm.

4.7 Daktilitas

Pembahasan mengenai daktilitas benda uji silinder beton bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan serat yang terbuat dari potongan botol plastik minuman bekas terhadap nilai daktilitas pada benda uji silinder tersebut.

Pada analisis data untuk mencari nilai daktilitas, penentuan nilai gaya tekan dan deformasi yang digunakan saat analisis menggunakan data nilai rata-rata tiap benda uji. Data deformasi akhir yang digunakan adalah saat gaya tekan yang di terima oleh penampang benda uji silinder mencapai 75% dari gaya tekan maksimumnya. Penentuan ini didasarkan oleh keterbatasan kemampuan alat yang digunakan untuk mengukur deformasi dari benda uji silinder tersebut.

Pada gambar 5.2 digambarkan grafik gaya tekan dengan deformasi yang terjadi pada masing-masing benda uji untuk daktilitas initial tangen :



Gambar 4.17 Grafik rata-rata hubungan P beban dan Δ tiap benda uji

Gambar 4.17 menjelaskan tentang grafik rata-rata hubungan P beban dan Δ tiap benda uji dengan data beton ringan tanpa serat, beton ringan serat variasi 4 cm dan 6 cm

- **Daktilitas Initial Tangen**

Daktilitas Initial Tangen merupakan kemiringan dari kurva gaya tekan dan deformasi pada saat awal pembebanan. Adapun perhitungan daktilitas initial tangen dapat dirumuskan sebagai berikut:

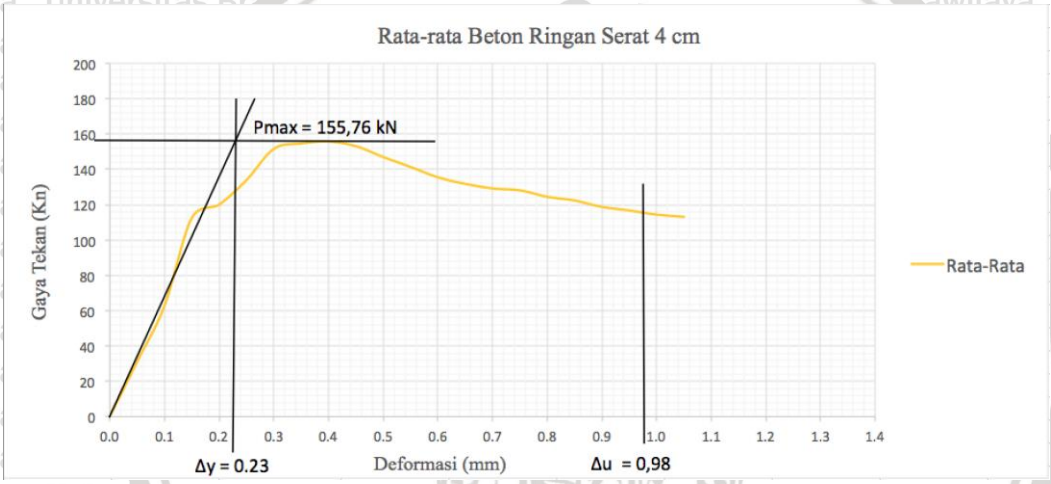
$$\mu_{\Delta} = \frac{\Delta u}{\Delta yt} \quad \text{..... (4 – 7)}$$

Dimana :

μΔ = Nilai daktilitas

Δu = Deformasi akhir (mm)

Δy = Deformasi leleh awal initial tangen (mm)



Gambar 4.18 Grafik proses perhitungan daktilitas initial tangen beton ringan serat 4 cm

Pada gambar 4.18 dijelaskan proses perhitungan daktilitas initial tangen dengan menggunakan grafik yang didapat dari hasil rata-rata tiap benda uji. Dapat dilihat grafik tersebut dihentikan saat gaya tekan telah mencapai 75% dari gaya tekan maksimum.

Contoh perhitungan daktilitas initial tangen menggunakan grafik rata-rata tiap benda uji. Diketahui data:

P maks = 155,76 kN

Δu = 0,98 mm

Δy = 0,23 mm

$$\mu_{\Delta} = \frac{\Delta u}{\Delta y}$$

$$\mu_{\Delta} = \frac{0{,}98\ mm}{0{,}23\ mm}$$

$$\mu_{\Delta} = 4{,}261$$

Berikut hasil pengujian daktilitas initial tangen dapat dilihat pada tabel 4.20

Tabel 4.20

Tabel nilai perhitungan daktilitas initial tangen

No	Kode Benda Uji	Gaya Tekan Maksimum (kN)	f'c (MPa)	Gaya Akhir (kN)	Δu (mm)	Δy (mm)	Daktilitas
1	Tanpa Serat	167.600	9.4804	125.700	0.92	0.15	6.133
2	Rata-rata 4 cm	155.767	8.8110	116.825	0.98	0.23	4.261
3	Rata-rata 6 cm	178.267	10.0838	133.700	1.2	0.135	8.889

Pada tabel 4.20 didapat hasil daktilitas pada masing-masing benda uji dimana daktilitas terbesar didapat dari variasi beton ringan serat 6 cm sebesar 8,889. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa penambahan serat plastik mempengaruhi sifat daktilitas yang dimiliki beton.

BAB V
PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembahasan pada penelitian ini, maka kesimpulan yang dapat diambil adalah sebagai berikut :

1. Berdasarkan data dari hasil pengujian kuat tekan beton, dapat disimpulkan bahwa beton ringan serat 6 cm adalah beton ringan variasi panjang yang mencapai nilai optimum dalam pengujian kuat tekannya dengan nilai rata-rata sebesar 11,415 MPa dengan peningkatan sebesar 20,406% dari nilai kuat tekan rata-rata beton ringan tanpa serat. Dan beton ringan serat 4 cm memiliki rata-rata 9,582 MPa dengan peningkatan sebesar 1,074% dari nilai kuat tekan rata-rata beton ringan tanpa serat. Hal tersebut terjadi karena serat 6 cm memiliki daya lekat yang terjadi antara material beton dan serat yang lebih besar dibandingkan dengan serat 4 cm. Meskipun kedua serat tersebut memiliki lebar yang sama, akan tetapi luas penampangnya berbeda, karena beton ringan serat 6 cm memiliki luas penampang yang lebih besar dibandingkan dengan beton ringan serat 4cm.
2. Berdasarkan data yang didapatkan dari pengujian kuat tarik belah beton, dapat disimpulkan bahwa penambahan serat plastik berpengaruh pada pengingkatan kuat tarik belahnya. Hal ini dapat dilihat bahwa hasil dari beton ringan serat 6 cm merupakan yang paling besar. Nilai kuat tarik belah rata-ratanya adalah 1,136 MPa dengan peningkatan sebesar 5,702% dari nilai kuat tarik belah rata-rata beton ringan tanpa serat. Sedangkan beton ringan serat 4 cm memiliki nilai kuat tarik belah rata-rata sebesar 1,094 MPa dengan peningkatan sebesar 1,754% dari nilai kuat tarik belah rata-rata beton ringan tanpa serat. Meskipun peningkatan yang terjadi pada beton ringan serat 4 cm kurang signifikan, tetapi hasil tersebut tetap

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
Universitas Brawijaya

membuktikan bahwa penambahan serat berpengaruh terhadap peningkatan nilai kuat tarik belah. Karena serat yang ditambahkan membantu beton untuk menahan saat terjadi deformasi horizontal.

3. Dari hasil pengujian modulus elastisitas dengan menggunakan 3 cara yaitu modulus elastisitas secan, modulus elastisitas initial tangen, dan modulus elastisitas berdasarkan SNI, beton ringan serat 6 cm memiliki rata-rata nilai modulus elastisitas yang paling optimum. Dengan menggunakan metode perhitungan modulus elastisitas secan, beton ringan serat 6 cm mendapatkan nilai sebesar 31877,086 MPa dengan peningkatan sebesar 40% dari nilai modulus elastisitas beton ringan tanpa serat. Sedangkan beton ringan serat 4 cm mendapatkan nilai sebesar 22756,590 MPa dengan peningkatan sebesar 0,015% dari nilai modulus elastisitas beton ringan tanpa serat. Hal tersebut membuktikan bahwa penambahan serat berpengaruh terhadap peningkatan modulus elastisitas. Beton ringan serat 4 cm memiliki peningkatan yang tidak signifikan dikarenakan tegangan lekat yang terjadi antar serat dan material penyusun beton tidak sebesar yang terjadi pada beton ringan serat 6 cm. Itu terjadi dikarenakan luas permukaan dari beton ringan serat 4 cm lebih kecil dibandingkan dengan luas permukaan beton ringan serat 6 cm sehingga tegangan lekat yang terjadi juga lebih kecil dan mengakibatkan kurang optimalnya peningkatan nilai modulus elastisitas.

5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan dan pelaksanaan penelitian ini, maka penulis memberikan beberapa saran yang bisa digunakan untuk penelitian selanjutnya guna memperbaiki kekurangan dari penelitian ini, antara lain adalah :

1. Membuat benda uji yang lebih banyak, sehingga data yang digunakan bisa lebih banyak dan lebih valid.
2. Memperhatikan waktu *curing*. Karena waktu *curing* memberikan banyak pengaruh terhadap kekuatan beton saat diuji.
3. Lebih memahami cara mengoprasikan alat uji tekan, uji tarik belah, dan penggunaan *extensometer* saat melakukan pengujian. Agar meminimalisir kesalahan yang terjadi saat pengujian.
4. Lebih memperhatikan permukaan serat sebelum melakukan pengecoran. Semakin kasar serat, semakin bagus juga ikatan yang terjadi antara serat dan material penyusun beton. Sehingga penggunaan serat bisa menjadi lebih optimum.

DAFTAR PUSTAKA

ACI Committee 544. 1982. State of The Art Report on Fiber Reinforced Concrete -Report : ACI 544 IR-82. Farmington Hills : American Concrete Institute.

American Society for Testing and Material C 33-97. 1998. Standart Spesification for Concrete *Aggregate*. American : Annual Book.

Ariatama., Ananta, 2007. "Pengaruh Pemakaian Serat Kawat Berkait Pada Kekuatan Beton Mutu Tinggi Berdasarkan Optimasi Diameter Serat", Semarang

Asroni, Ali. (2010). Balok dan Pelat Beton Bertulang. Yogyakarta: Graha Ilmu.

ASTM C 469. "Standart Test Method For Static Modulus of Elastitisitas and paission' Ratio of Concrete in Compression*".*

Balaguru, P., Narahari, R., Patel, M., 1992, "Flexural Toughnes of Steef Fiber Reinforced Concrete", ACI Materials Journal, November - December, pp. 541 – 545

Bayasi, Z., Zeng, J.,1993, *Properties of Polypropylene Fiber Reinforced Concrete*, ACI Material Journal, Volume 90, No. 6, November-December 1993

Briggs, A., Bowen dan Kollek,J., "Mechanical Properties and Durability of Carbon Fibre Reinforced Cement Composites", Proc of International Conference Carbon Fiberes, The Plastic Institute, February, London

Dipohusodo, Istimawan. 1993. "Struktur Beton Bertulang". PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.

Hidayat., 2012, "Pengaruh Komposisi Agregat Kasar (Breksi Batu Apung dan Batu Pecah) Terhadap Berat Jenis dan Kuat Tekan. Yogyakarta

Izzudin dkk, 2014, "Pengaruh Penambahan Cacahan Limbah Plastik Jenis Terhadap Karakteristik Mekanik dan Susut Pepair Mortar." Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.

Mulyono, T., 2004., *Teknologi Beton*, Andi, Yogyakarta

Cormac, Mc. (2000). Desain Beton Bertulang. Youngstown State University

Naaman, A.E., Njam, H., 1991 *Bond – Slip Mechanism Of Steel Fibers in Concrete*, ACI Materials Journal, V.88,No 2,March-April 1991

Ngabdurrochman, 2009, *Teknologi Beton Ringan*, Wonosobo

Prawito, E., (2010), *Analisis Perbandingan Berat Jenis Dan Kuat Tekan Antara Beton Ringan Dan Beton Normal Dengan Mutu Beton 200*, Skripsi, Fakultas Teknik, USU, Medan

Standar Nasional Indonesia 03-2847. (2002). *Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum. ok

Sudarmoko. (1990*). Kuat Lentur Beton Serat dengan Model Skala Penuh*. Yogyakarta: PAU Ilmu Teknik, Universitas Gadjah Mada.

Suhendro. (1991). *Beton Fiber Lokal Konsep, Aplikasi dan Permasalahannya*. Yogyakarta: PAU Ilmu Teknik, Universitas Gadjah Mada.

Tjokrodimuljo, K., 1996, "*Teknologi Beton",* Nafiri. Yogyakarta