

**PENGARUH VARIASI PILIN SERAT KALENG TERHADAP KUAT
TEKAN, KUAT TARIK BELAH DAN MODULUS ELASTISITAS
BETON NORMAL**

**SKRIPSI
TEKNIK SIPIL**

**Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik**



**IDA BAGUS SAHA PRAKASA
NIM. 145060107111019**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2018
LEMBAR PENGESAHAN**

**PENGARUH VARIASI PILIN SERAT KALENG TERHADAP KUAT
TEKAN, KUAT TARIK BELAH DAN MODULUS ELASTISITAS
BETON NORMAL**

SKRIPSI

TEKNIK SIPIL

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



IDA BAGUS SAHA PRAKSA

NIM. 145060107111019

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing
pada tanggal 20 Juli 2018

Dosen Pembimbing I

Ari Wibowo, ST, MT, Ph.D
NIP. 197406192000121000

Dosen Pembimbing II

Indra Waluyohadi, ST, MT, M.Sc
NIP. 2016078703031001

Mengetahui,

Ketua Program Studi S1



Dr. Eng Indradi W, ST, M.Eng (Prac.)

NIP. 19810220 200604 1 002

HALAMAN IDENTITAS TIM PENGUJI SKRIPSI

JUDUL SKRIPSI:

PENGARUH VARIASI PILIN SERAT KALENG TERHADAP KUAT TEKAN, KUAT TARIK BELAH DAN MODULUS ELASTISITAS BETON NORMAL

Nama Mahasiswa : Ida Bagus Saha Prakasa

NIM : 145060107111019

Program Studi : Teknik Sipil

Minat : Struktur

TIM DOSEN PENGUJI

Dosen Penguji I : Ari Wibowo, ST., MT., Ph.D

Dosen Penguji II : Indra Waluyohadi, ST., MT., M.Sc

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

Tanggal Ujian : 17 Juli 2018

SK Penguji : 1438/UN10.F07/KP/2018

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai 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 jiplakan, saya bersedia skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Malang, 20 Juli 2018

Mahasiswa,



Ida Bagus Saha Prakasa

NIM. 145060107111019

RIWAYAT HIDUP

Ida Bagus Saha Prakasa, lahir di Bali , 19 Juli 1996, putra keempat dari empat bersaudara. Memulai pendidikan formalnya di SD Mutiara sejak tahun 2002 dan lulus pada tahun 2008. Melanjutkan pendidikannya setelah itu di SMPN 2 Singaraja , dan lulus di tahun 2011. Dan mengakhiri predikat siswa di SMAN 1 Singaraja Program Ilmu Pengetahuan Alam di tahun 2014.

Pada tahun 2014 juga melanjutkan ke jenjang selanjutnya, menjadi mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.



Malang, 20 Juli 2018

Penyusun

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

*Sebuah ruang khusus kusediakan,
Untuk ucapan terimakasih kepada dua orang hebat dalam hidupku...
Terimakasih sudah selalu menyediakan,
Ruang khusus berisi doa untuk setiap keberuntunganku...
Semoga ini menjadi awal untukku mewujudkan harapan harapanmu...*

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 Pilin Serat Kaleng Terhadap Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah dan Modulus Elastisitas Beton Normal”**.

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 W., ST, M.Eng (Prac) selaku Dosen Pembimbing I
2. Ibu Christin Remayanti N., ST, MT selaku Dosen Pembimbing II
3. Bapak Ir. Sugeng P. Budio, MS selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Brawijaya sekaligus Dosen Penasehat Akademik.
4. Bapak Ida Bagus Kade Widarta dan Ibu Diah Krisna Dewi sebagai keluarga tersayang

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, Juli 2018

Ida Bagus Saha Prakasa



DAFTAR ISI

Halaman

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	x
RINGKASAN	xi
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 Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Beton	4
2.1.1 Semen.....	4
2.1.2 Agregat.....	5
2.1.3 Air	5
2.1.1 FAS (Faktor Air Semen)	6
2.2 Beton Serat	6
2.3 Serat Kaleng	7
2.4 Pemanfaatan Serat dalam Campuran Beton.....	7
2.5 Sifat Mekanik Beton.....	9
2.5.1 Kuat Tekan	9
2.5.2 Kuat Tarik Belah	10
2.5.3 Tegangan dan Regangan	11
2.5.3 Modulus Elastisitas	12
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	14
3.1 Rancangan Penelitian	14
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian	14

3.3	Alat dan Bahan Penelitian.....	14
3.4	Diagram Alir Penelitian	16
3.5.	Analisa Material.....	17
3.5.1	Pemeriksaan Gradasi Agregat Halus	17
3.5.2	Pemeriksaan Gradasi Agregat Kasar	18
3.5.3	Pemeriksaan Kadar Air Agregat	19
3.5.4	Pemeriksaan Berat Isi Agregat Halus	20
3.5.5	Pemeriksaan Berat Isi Agregat Kasar	20
3.5.6	Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus	21
3.5.7	Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar	22
3.5.8	Pemeriksaan Berat Isi Serat Kaleng.....	23
3.6	Prosedur Penelitian	24
3.6.1	Tahap pertama.....	24
3.6.2	Tahap Kedua	24
3.6.3	Tahap Ketiga.....	25
3.7	Prosedur Pengujian Sifat Mekanik beton	25
3.7.1	Uji <i>Slump</i>	25
3.7.2	Uji Kuat Tarik Belah.....	26
3.7.3	Uji Kuat Tekan.....	27
3.7.4	Uji Modulus Elastisitas	28
3.8	Variabel Penelitian.....	28
3.9	Metode Analisis Data.....	29
3.9.1	Analisis Uji Tarik Belah.....	29
3.9.2	Analisis Uji Kuat Tekan.....	30
3.9.3	Analisis Modulus Elastisitas	31
3.10	Hipotesis Penelitian	33

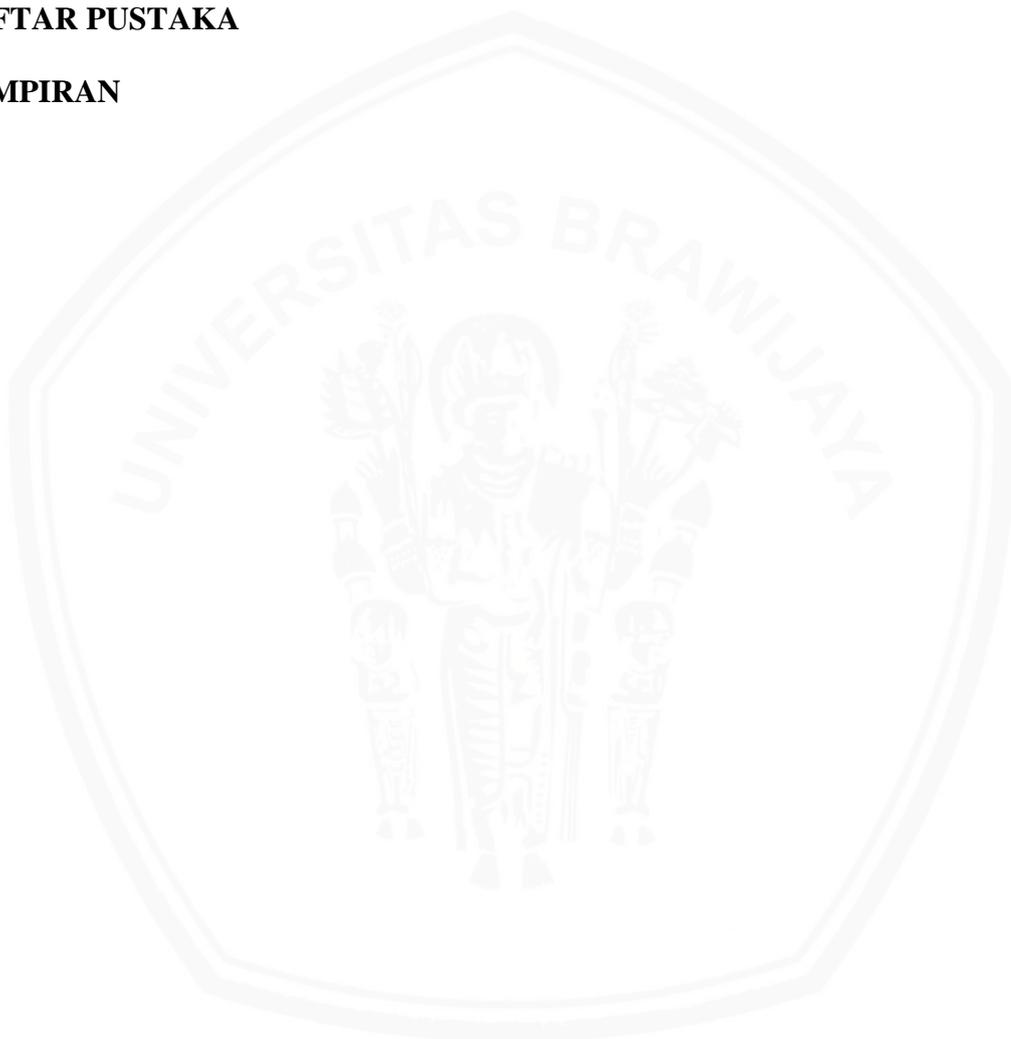
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN..... 34

4.1	Hasil Pengujian Bahan Penyusun Beton	34
4.1.1	Kaleng Minuman Ringan Bekas	34
4.1.2	Perencanaan Mix Design Beton.....	36
4.2	Hasil Pengujian Benda Uji	37
4.2.1	Pengujian Beton Segar (Uji Slump).....	37
4.2.2	Pengujian Kuat Tekan.....	38

4.2.3 Pengujian Kuat Tarik Belah	42
4.2.4 Pengujian Modulus Elastisitas	46
4.2.5 Daktilitas	59
4.2.6 Kekakuan.....	69
BAB V PENUTUP	80
5.1 Kesimpulan.....	80
5.2 Saran	81

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 2.1	Berbagai Penelitian Tentang Beton Serat	7
Tabel 3.1	Jumlah Benda Uji	24
Tabel 4.1	Hasil Pengujian Berat Kaleng	35
Tabel 4.2	Perencanaan Mix Design Beton Normal Dengan Menggunakan Perbandingan Volume	36
Tabel 4.3	Perencanaan Mix Design Beton Normal Berdasarkan Berat Untuk Satu Kali Adukan	36
Tabel 4.4	Perencanaan Mix Design Beton Normal Dengan Penambahan Serat Kaleng 10% Dari Volume Beton Yang Direncanakan.....	36
Tabel 4.5	Hasil Pengujian Slump Beton Segar	37
Tabel 4.6	Hasil Pengujian Kuat Tekan Silinder dan Berat Isi Silinder	40
Tabel 4.7	Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah.....	43
Tabel 4.8	Tegangan dan Regangan Beton <i>Fiber</i> Pilin A	47
Tabel 4.9	Tegangan dan Regangan Beton <i>Fiber</i> Pilin B.....	48
Tabel 4.10	Tegangan dan Regangan Beton Normal	51
Tabel 4.11	Tegangan dan Regangan Beton <i>Fiber</i> Polos.....	53
Tabel 4.12	Hasil Perhitungan Modulus Elastisitas Secan	56
Tabel 4.13	Hasil Perhitungan Modulus Elastisitas Tangen Awal	57
Tabel 4.14	Modulus elastisitas menurut SK SNI T – 15 – 1991	58
Tabel 4.15	Tabel Gaya Tekan Dan Deformasi Beton <i>Fiber</i> Pilin A	60
Tabel 4.16	Tabel Gaya Tekan Dan Deformasi Beton <i>Fiber</i> Pilin B.....	62
Tabel 4.17	Tabel Gaya Tekan Dan Deformasi Beton Normal.....	64
Tabel 4.18	Tabel Gaya Tekan Dan Deformasi Beton <i>Fiber</i> Polos	66
Tabel 4.19	Hasil Pengujian Daktilitas Benda Uji Beton Normal dan Beton <i>Fiber</i>	69
Tabel 4.20	Tabel Gaya Tekan Dan Deformasi Beton <i>Fiber</i> Pilin A.....	70
Tabel 4.21	Tabel Gaya Tekan Dan Deformasi Beton <i>Fiber</i> pilin B.....	72
Tabel 4.22	Tabel Gaya Tekan Dan Deformasi Beton Normal.....	74
Tabel 4.23	Tabel Gaya Tekan Dan Deformasi Beton <i>Fiber</i> Polos.....	76
Tabel 4.24	Tabel Data Kekakuan Benda Uji Beton Normal dan Beton <i>Fiber</i>	79



DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Uji kuat tekan beton.....	9
Gambar 2.2	Tegangan tekan benda uji beton	10
Gambar 2.3	Diagram hubungan kuat beton dengan umur beton	10
Gambar 2.4	Uji kuat tarik belah beton silinder.....	11
Gambar 2.5	Sampel benda uji (a) beton silinder (b) beton kubus.....	11
Gambar 2.6	Regangan benda uji silinder.....	12
Gambar 2.7	Uji modulus elastisitas menggunakan <i>extensometer</i>	13
Gambar 3.1	Serat variasi A pilin 1 kali	15
Gambar 3.2	Serat variasi B pilin 1,5 kali.....	15
Gambar 3.3	Grafik rencana analisis kuat tarik belah dari masing-masing variasi benda uji.....	30
Gambar 3.4	Grafik rencana analisis kuat tekan beton dari masing-masing variasi benda uji.....	31
Gambar 3.5	Grafik rencana hubungan tegangan dan regangan	31
Gambar 4.1	Serat kaleng yang sudah dipotong.....	34
Gambar 4.2	Proses uji slump.	37
Gambar 4.3	Proses pencampuran material beton.....	38
Gambar 4.4	Proses pencampuran serat ke dalam campuran beton.....	39
Gambar 4.5	Proses pengujian kuat tekan silinder beton	39
Gambar 4.6	Beton yang sudah di uji kuat tekan	41
Gambar 4.7	Grafik hubungan variasi serat dengan kuat tekan beton	42
Gambar 4.8	Proses pengujian kuat tarik belah silinder beton.....	42
Gambar 4.9	Grafik hubungan variasi serat dengan kuat tarik belah beton.....	44
Gambar 4.10	Benda uji beton normal setelah proses uji tarik belah.....	44
Gambar 4.11	Benda uji beton <i>fiber</i> polos setelah proses uji tarik belah.....	45
Gambar 4.12	Benda uji beton <i>fiber</i> pilin A setelah proses uji tarik belah	45
Gambar 4.13	Benda uji beton <i>fiber</i> pilin B setelah proses uji tarik belah.....	45
Gambar 4.14	Proses pengujian kuat tekan silinder beton.....	46
Gambar 4.15	Grafik hubungan antara tegangan dan regangan beton <i>fiber</i> pilin A.....	48
Gambar 4.16	Grafik hubungan antara tegangan dan regangan beton <i>fiber</i> pilin B.....	50
Gambar 4.17	Grafik hubungan antara tegangan dan regangan beton normal tanpa <i>fiber</i> ..	52



Gambar 4.18	Grafik hubungan antara tegangan dan regangan beton serat polos.....	54
Gambar 4.19	Grafik hubungan antara tegangan dan regangan rata-rata.....	54
Gambar 4.20	Grafik hubungan tegangan dan regangan beton <i>fiber</i> pilin A1.....	55
Gambar 4.21	Grafik gaya tekan dan deformasi beton fiber pilin A dari masing-masing beda uji.....	61
Gambar 4.22	Grafik gaya tekan dan deformasi beton fiber pilin B dari masing-masing beda uji.....	63
Gambar 4.23	Grafik gaya tekan dan deformasi beton normal dari masing-masing beda uji.....	65
Gambar 4.24	Grafik gaya tekan dan deformasi beton fiber polos dari masing-masing beda uji.....	67
Gambar 4.25	Grafik gabungan rata-rata gaya tekan dan deformasi beton normal dan beton serat beserta variasinya.....	67
Gambar 4.26	Grafik proses perhitungan daktilitas benton <i>fiber</i> pilin A.....	68
Gambar 4.27	Grafik gaya tekan dan deformasi beton fiber pilin A dari masing-masing beda uji.....	71
Gambar 4.28	Grafik gaya tekan dan deformasi beton fiber pilin B dari masing-masing beda uji.....	73
Gambar 4.29	Grafik gaya tekan dan deformasi beton normal dari masing-masing beda uji.....	75
Gambar 4.30	Grafik gaya tekan dan deformasi beton fiber polos dari masing-masing beda uji.....	77
Gambar 4.31	Grafik rata-rata gaya tekan dan deformasi beton normal dan beton fiber.....	77
Gambar 4.32	Grafik proses perhitungan kekauan bento normal.....	78

DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul	Halaman
Lampiran 1	Hasil Analisis Agregat Halus	82
Lampiran 2	Hasil Analisis Agregat Kasar	86
Lampiran 3	Hasil Perencanaan <i>Mix Design</i>	90



RINGKASAN

Saha, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Juni 2018, *Pengaruh Variasi Pilin Serat kaleng terhadap Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah dan Modulus Elastisitas Beton Normal*, Dosen Pembimbing : Ari Wibowo dan Indra Waluyohadi.

Beton merupakan material yang lemah menahan gaya tarik dan kuat menahan gaya tekan sehingga mengakibatkan beton mudah retak saat menerima gaya tarik. Salah satu cara untuk memperbaiki sifat beton yang lemah terhadap tarik adalah dengan menambahkan serat kaleng dimana dengan memberikan tambahan serat tersebut kedalam campuran beton dapat meningkatkan kuat tekan, kuat tarik belah dan modulus elastisitas dari beton tersebut. Percobaan ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana pengaruh serat kaleng yang di pilin terhadap peningkatan kuat tekan, kuat tarik belah dan modulus elastisitas beton tersebut.

Persentase serat kaleng yang ditambahkan kedalam campuran beton pada penelitian ini adalah 10% dari volume beton yang direncanakan. Variasi yang digunakan adalah beton normal tanpa fiber, fiber polos dan fiber dengan pilin A dan pilin B. Pengujian yang dilakukan antara lain kuat tekan, kuat tarik belah dan modulus elastisitas beton. Pengujian dilakukan pada beton yang telah berumur 28 hari. Alat yang digunakan dalam pengujian kuat tarik belah dan kuat tekan adalah *compression machine* atau mesin kuat tekan, sedangkan uji modulus elastisitas menggunakan *extensometer*.

Hasil pengujian kuat tarik belah menunjukkan bahwa nilai kuat tarik rata-rata maksimum diperoleh pada beton *fiber* pilin B dengan nilai sebesar 2,046 MPa. Hasil pengujian kuat tekan juga menunjukkan bahwa nilai kuat tekan rata-rata maksimum diperoleh pada beton dengan penambahan serat fiber pilin B dengan nilai sebesar 22,890 MPa. Untuk pengujian nilai modulus elastisitas dilakukan dengan 3 cara yaitu menggunakan modulus elastisitas secan, modulus elastisitas tangen awal dan berdasarkan SK SNI T-15-1991 dimana diperoleh nilai modulus elastisitas maksimum pada variasi beton *fiber* pilin B dengan nilai modulus elastisitan secan sebesar 18870,9 MPa, modulus elastisitas tangen awal sebesar 19320,0 MPa dan untuk nilai modulus elastisitas yang mengacu pada SK SNI T-15-1991 diperoleh nilai sebesar 23733,512MPa.

Kata kunci : serat kaleng, kuat tarik belah, kuat tekan, modulus elastisitas

SUMMARY

Saha, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Brawijaya, June 2018, *The Effects of Spiral Can Fiber on Compressive Strength, Tensile Strength, and Modulus of Elasticity of Normal Concrete*, Academic Supervisor : Ari Wibowo dan Indra Waluyohadi.

Concrete is a material suitable for tensile strength and compressive force strength. One way to improve the property allows you to use fiber by adding the fiber into the concrete that can increase the compressive strength, tensile strength and modulus of elasticity of the concrete. This experiment aims to find out how the compressive strength, tensile strength and modulus of elasticity of the concrete.

The percentage of processed canned fibers in this study was 10% of the volume of concrete used. Various kinds of common materials without fiber, plain fiber and fiber with a spiral A and spiral B. Tests carried out include compressive strength, tensile strength and modulus of elasticity of concrete. Tests performed on concrete that have been running 28 days. The tools that can be used for compression are compression machines or compressive strength machines, while the elasticity modulus test uses an extensometer.

The result of a strong tensile experiment showed that the highest average were obtained on concrete B fiber with a value of 2.046 MPa. Strong test results also show that the highest average value is obtained at a price of 22,890 MPa. To calculate the elasticity modulus value is done by 3 ways that is using secan modulus elasticity, initial tangen modulus elasticity and achievement SK SNI T-15-1991 where obtained by value of modulus of maximum elasticity on each sheet of B series fiber with value secan modulus elasticity equal to 18870,9 MPa , the initial tangen modulus elasticity of 19320.0 MPa and for the value of elastic modulus referring to SK SNI T-15-1991 obtained value of 23733,512 MPa.

Keywords: can fiber, compressive strength, tensile strength, modulus of elasticity

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Menurut Jack C. McCormac, beton merupakan suatu campuran yang terdiri dari pasir, kerikil, batu pecah, atau agregat-agregat lain yang dicampur menjadi satu dengan suatu pasta yang terbuat dari semen dan air yang nantinya akan membentuk suatu massa yang menyerupai batuan. Terkadang, satu atau lebih bahan aditif ditambahkan untuk menghasilkan beton dengan karakteristik tertentu, seperti kemudahan pengerjaan (*workability*), ketahanan atau keawetan, dan waktu pengerasan. Selain itu Beton sendiri adalah salah satu bahan yang sanagat banyak digunakan dalam dunia konstruksi, sehingga dirasa perlu untuk memperlajarinya lebih lanjut. Seperti material-material lainnya yang memiliki kemiripan dengan batuan, beton memiliki kuat tekan yang tinggi dan kuat tarik yang rendah yang mengakibatkan beton tersebut bersifat getas atau kurang daktail. Sehingga ketika beton menerima gaya tarik, akan mengakibatkan retak pada bagian beton yang mengalami tarik bahkan dapat mengakibatkan keruntuhan yang mendadak.

Untuk menanggulangi kekurangan pada beton tersebut, pada umumnya dilakukan dengan pemasangan tulangan baja di bagian beton yang menahan gaya tarik yang bertujuan untuk menahan gaya tarik tersebut. Dengan pemasangan tulangan baja pada beton bukan berarti beton tidak mengalami keruntuhan tarik, retak-retak masih serig terjadi pada bagian yang mengalami tarik. Dilihat dari efek jangka panjangnya, retakan ini akan mengakibatkan korosi pada baja tulangan sehingga akan mengurangi luas penampang baja tulangan yang dapat mengakibatkan penurunan kekuatan baja tulangan tersebut.

Semakin berkembangnya zaman, maka semakin berkembang pula inovasi di bidang ketekniksipilan. Berbagai penelitian dilakukan untuk mengatasi kelemahan beton tersebut. Salah satunya ialah dengan menambahkan serat (*fiber*) pada adukan beton. Beton serat didefinisikan sebagai beton yang terbuat dari sampuran semen, agregat halus, agregat kasar dan sejumlah kecil serat/*fiber* (*ACI Committee 544, 1982*). Bahan-bahan serat yang dapat digunakan untuk perbaikan sifat beton pada beton serat antara lain baja, plastik, kaca, karbon serta serat dari bahan alami seperti ijuk, jerami maupun serat dari tumbuhan lain (*ACI, 1982*). Pada dasarnya, serat yang ditambahkan ke dalam campuran beton disebarakan merata ke

dalam beton secara acak (*random*) dan merata, sehingga dapat mencegah terjadinya retakan-retakan beton yang terlalu dini, baik akibat panas hidrasi maupun pembebanan.

Penelitian Leksono, Suhendro dan Sulistyono (1995) tentang beton serat yang menggunakan kawat bendrat berbentuk lurus dan berkait kedalam campuran beton dengan volume fiber kawat bendrat (V_f) 0,25%; 0,5%; 0,75% dan 1% dari volume adukan memberikan kesimpulan bahwa kuat tarik, kuat desak dan kuat lentur meningkat setelah diberi serat kawat bendrat dengan volume optimal 0,75% dari volume adukan. Sedangkan menurut International Journal of Advanced Research Foundation (2016) penambahan bahan fiber lokal berupa serat kaleng minuman ringan coca-cola berbentuk pilin tidak memberikan pengaruh besar terhadap kuat tekan dan kuat tarik beton serat.

Hal ini membuat peneliti ingin meneliti lebih lanjut mengenai pengaruh bentuk pilin dan jumlah pilin serat kaleng terhadap kuat tekan, kuat tarik dan modulus elastisitas beton serat. Penelitian ini menggunakan kaleng kemasan minuman ringan yang dipotong menjadi serat-serat yang di pilin sebanyak satu kali dan satu setengah kali dengan fraksi serat sebesar 10% dari volume beton silinder.

1.2 Rumusan Masalah

Untuk mengetahui perilaku beton yang di beri penambahan serat kaleng dengan variasi jumlah pilin dirumuskan suatu permasalahan yang akan diteliti yaitu:

1. Bagaimana pengaruh variasi jumlah pilin pada serat kaleng terhadap kuat tekan beton normal?
2. Bagaimana pengaruh variasi jumlah pilin pada serat kaleng terhadap kuat tarik belah beton normal?
3. Bagaimana pengaruh variasi jumlah pilin pada serat kaleng terhadap modulus elastisitas beton normal?

1.3 Batasan Masalah

Pembatasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Jenis kaleng yang digunakan sebagai bahan serat fiber adalah kaleng minuman ringan yang umum di temukan dipasaran dengan panjang serat kaleng 40 mm, lebar serat kaleng 1-2 mm dan ketebalan serat kaleng 0,1-0,09 mm.
2. Pengaruh lingkungan luar diabaikan.
3. Beton yang digunakan adalah beton silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.
4. Semen yang digunakan adalah PPC.
5. Fas yang dipakai adalah 0,6.

6. Variasi fraksi serat fiber yang digunakan adalah 10% terhadap volume beton silinder.
7. Panjang serat fiber yang digunakan adalah 40 mm.
8. Mutu yang direncanakan adalah $f'c = 17$ MPa.
9. Agregat kasar berupa kerikil.
10. Agregat halus berupa pasir.
11. Korositas diabaikan.
12. Pengujian dilakukan pada saat beton pada dinding telah berumur 28 hari atau lebih.

1.4 Tujuan Penelitian

Beberapa tujuan yang dapat diharapkan dalam penelitian ini adalah:

1. Untuk mengidentifikasi pengaruh variasi jumlah pilin pada serat kaleng terhadap kuat tekan beton normal.
2. Untuk menganalisis pengaruh variasi jumlah pilin pada serat kaleng terhadap kuat tarik belah beton normal.
3. Untuk mengetahui pengaruh variasi jumlah pilin pada serat kaleng terhadap Modulus Elastisitas beton normal.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari Penelitian ini untuk memberikan pengetahuan dan wawasan dalam dunia ketekniksipilan khususnya pada inovasi beton serat (*concrete fiber*) serta menjadi bahan pembelajaran dan penelitian lanjut untuk mahasiswa maupun para peneliti lainnya. Penelitian ini menjelaskan pengaruh penambahan serat kaleng fiber yang di pilin satu kali dan satu setengah kali terhadap kuat tekan, kuat tarik dan modulus elastisitas beton serat.

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).

2.1.1 Semen

Semen dapat diartikan sebagai bahan jadi yang mengeras dengan adanya air (semen hidrolis) yang memiliki sifat adhesif dan kohesif yang memungkinkan melekatnya fragmen-fragmen mineral menjadi suatu massa yang padat (Nurlina, 2011,p.64). Semen yang biasa dipakai untuk campuran beton adalah semen portland (*Portland Cement*). Semen ini merupakan bahan bangunan yang bersifat hidrolis yaitu sebagai perekat, mengeras bila bereaksi dengan air, tahan dan stabil dalam air yang diperoleh dari hasil penghalusan butiran-butiran klinker dengan tambahan gipsum. Karakteristik semen ini adalah berwarna abu-abu kehijauan, ukuran berkisar (45-75) μm , dan tidak stabil secara termodinamis.

Kategori semen dapat dikelompokkan berdasarkan tujuan pemakaiannya, yaitu sebagai berikut:

- 1) Tipe I adalah semen untuk pemakaian konstruksi biasa yang banyak digunakan untuk bangunan, dimana tidak diperlukan sifat khusus.
- 2) Tipe II adalah semen untuk pemakaian konstruksi biasa, dimana diperlukan dalam ketahanan terhadap sulfat atau panas hidrasi yang sedang.
- 3) Tipe III adalah semen untuk pemakaian konstruksi yang menginginkan beton supaya cepat mengeras dan memiliki kekuatan awal yang tinggi.
- 4) Tipe IV adalah semen untuk pemakaian konstruksi yang menginginkan panas hidrasi pada beton yang rendah.
- 5) Tipe V adalah semen untuk pemakaian konstruksi yang menginginkan daya tahan yang sangat tinggi terhadap sulfat dan perlindungan terhadap korosi akibat dari air laut, air danau, air tambang, maupun garam sulfat dalam air tanah. (Nurlina, 2011,p.66-67)

2.1.2 Agregat

Asroni (2010) menyatakan bahwa agregat adalah bahan pengisi yang diikat oleh pasta semen dan terdiri dari pasir dan kerikil. Agregat merupakan komponen beton yang paling berperan dalam menentukan besarnya beton. Banyaknya agregat dalam beton sekitar 60% hingga 80% dari volume beton. Agregat merupakan salah satu bahan yang berperan penting dalam pembuatan beton. Tidak sesuainya dalam penanganan agregat akan membuat pengaruh besar pada kekuatan beton. Penanganan yang dimaksud adalah yang berkaitan dengan kualitas agregat, proporsi campuran, serta kebersihan air dan agregatnya (Nurlina, 2011, p.69). Agregat terdiri dari dua jenis, yaitu:

1. Agregat kasar, yaitu bahan pengisi beton yang dapat berupa kerikil, batu pecah, atau bahan buatan yang memiliki ukuran tertentu. Bahan pengisi beton yang akan digunakan sebagai agregat kasar harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :
 - Ukuran diameter agregat kasar yang baik adalah 5 mm sampai 40 mm.
 - Bersifat padat, keras, dan tidak berpori.
 - Harus bersih dan tidak mengandung lumpur lebih dari 1%.
 - Pada keadaan terpaksa, dapat dipakai kerikil bulat.
2. Agregat halus, yaitu bahan pengisi beton yang dapat berupa pasir atau bahan buatan yang memiliki ukuran tertentu dan lebih kecil dari agregat kasar. Bahan pengisi beton yang akan digunakan sebagai agregat halus harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :
 - Ukuran diameter agregat halus yang baik adalah 1 mm sampai 5 mm.
 - Berbutir tajam dan keras.
 - Bersifat kekal, tidak mudah hancur oleh perubahan cuaca.
 - Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% dari berat keringnya.
 - Tidak boleh menggunakan pasir laut, kecuali dengan petunjuk staf ahli. Karena pasir laut memiliki kandungan garam tinggi yang dapat merusak beton/baja tulangan.

(Asroni, 2010, p.4-5)

2.1.3 Air

Air merupakan salah satu bahan penyusun beton yang digunakan untuk membuat pasta dengan bantuan semen yang berguna sebagai bahan pengikat untuk agregat. Air diperlukan pada

pembuatan beton agar terjadi reaksi kimiawi dengan semen untuk membasahi agregat dan untuk melumas campuran agar mudah pengerjaannya (Nurlina, 2011, p.68).

Menurut Asroni (2010), air untuk pembuatan beton sebaiknya digunakan air bersih yang dapat diminum. Air yang diambil dari dalam tanah, misalnya air sumur atau air yang berasal dari Perusahaan Air Minum, pada umumnya cukup baik bila dipakai untuk pembuatan beton (p.4). Sedangkan menurut Nurlina (2011), air untuk pembuatan dan perawatan beton tidak boleh mengandung minyak, asam alkali, garam, bahan-bahan organis atau bahan lain yang dapat merusak beton atau tulangnya (p.68).

Pasta semen merupakan hasil reaksi kimiawi antara semen dengan air, maka yang menentukan adalah perbandingan antara air dan semen. Air yang berlebihan akan menyebabkan banyaknya gelembung air setelah proses hidrasi selesai, sedangkan air yang terlalu sedikit akan menyebabkan proses hidrasi seluruhnya tidak selesai. Sebagai akibatnya beton yang dihasilkan akan kurang kekuatannya. Proporsi air yang sedikit akan memberikan kekuatan yang tinggi pada beton, tetapi kelemasan beton atau daya kerjanya akan berkurang. Sedangkan proporsi air yang agak besar akan memberikan kemudahan pada waktu pelaksanaan pengecoran, tetapi kekuatan hancur beton jadi rendah. Hal ini lah yang disebut sebagai rasio air semen, yang biasanya sebesar 0,45 hingga 0,65. Dengan rasio ini, dapat dihasilkan beton yang kadem air, namun mutu beton tetap dipengaruhi cara pematatan dan daya kerja (Nurlina, 2011, p.68-69).

2.1.4 FAS (Faktor Air Semen)

Faktor air semen (FAS) merupakan perbandingan antara jumlah air terhadap jumlah semen dalam suatu campuran beton. Fungsi FAS, yaitu :

- a. Untuk memungkinkan reaksi kimia yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya pengerasan.
- b. Memberikan kemudahan dalam pengerjaan beton (*workability*)

Semakin tinggi nilai FAS, mengakibatkan penurunan mutu kekuatan beton. Namun nilai FAS yang semakin rendah tidak selalu berarti bahwa kekuatan beton semakin tinggi. Pada umumnya, nilai FAS yang diberikan minimum 0,4 dan maksimum adalah 0,65

2.2 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 dapat digunakan untuk perbaikan sifat beton pada beton serat antara lain baja,

plastik, kaca, karbon serta serat dari bahan alami seperti ijuk, rami maupun serat dari tumbuhan lain.

Banyak 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.

2.3 Serat Kaleng

Serat kaleng merupakan material hasil daur ulang yang berbahan baku limbah kaleng minuman ringan. Penggunaan serat kaleng pada beton serat ini bertujuan untuk memperbaiki beberapa sifat beton sekaligus menggunakan kembali limbah yang umumnya ada di perkotaan.

2.4 Pemanfaatan Serat dalam Campuran Beton

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

Tabel 2.1

Berbagai Penelitian Tentang Beton Serat

Nomor	Peneliti	Jenis Serat	Kesimpulan
1.	Brigg, Bowen, Kolleck (1979)	Serat Karbon	Bila $l/d > 100$, penyebaran serat tidak merata, bila $l/d < 100$ ikatan beton dan serat tidak baik
2.	Naan dan Najam (1991)	Serat Baja	Sumbangan mekanis pull out serat baja dideform pada mortar besarnya > 100 kali dibanding serat polos
3.	Bayasi dan Seng (1993)	Serat <i>Polypropelene</i>	Presentase volume serat $< 0,5\%$ tidak mempengaruhi <i>workability</i> , sedangkan apabila volume serat $> 0,5\%$ mempengaruhi <i>workability</i>
4.	Suhendro (1997)	Serat Baja Kawat	Balok beton <i>fiber</i> memiliki kuat lentur dan retak meningkat 20% dibanding <i>non-fiber</i> baik sebelum atau sesudah pembebanan

Nomor	Peneliti	Jenis Serat	Kesimpulan
5.	Sudarmoko (2002)	Serat Baja Harex	Nilai <i>slump</i> menurun dari rata-rata 5,75 cm (non serat) menjadi 0,75 cm (serat 0,49%)
6.	Dessy Chrysnawaty dan Sylvany (2002)	Serat Kain Sintetis	Kuat lentur beton mengalami peningkatan sampai konsentrasi serat 1%. Kuat tekan beton meningkat sampai konsentrasi serat 0,5%.
7.	Ananta Ariatama (2007)	Serat Kawat Berkait	Kuat tekan meningkat 14,67% dan kuat lentur meningkat 48,06%
8.	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.
9.	International Journal of Advanced Research Foundation (2016)	Serat Kaleng	Pengaruh serat yang di pilin 180° yang berfungsi untuk meningkatkan ikatan serat dan beton tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap terhadap hasil pengujian kuat tekan dan tarik belah.
10.	Dhia Karima (2017)	Serat Kaleng	Kuat tekan, tarik belah dan modulus elastisitas mengalami peningkatas maksimum saat komposisi serat kaleng yang di tambahkan kedalam campuran beton 10% dari volume campuran beton normal.

2.5 Sifat Mekanik Beton

2.5.1 Kuat Tekan

Kuat tekan beton adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas. Kuat tekan mengidentifikasi mutu 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.

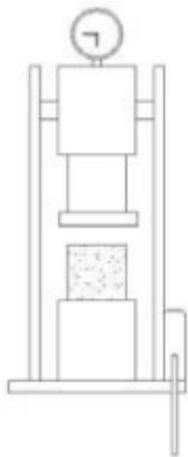
$$f'c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots (2-1)$$

dengan :

$f'c$ = Tegangan tekan beton (N/mm²)

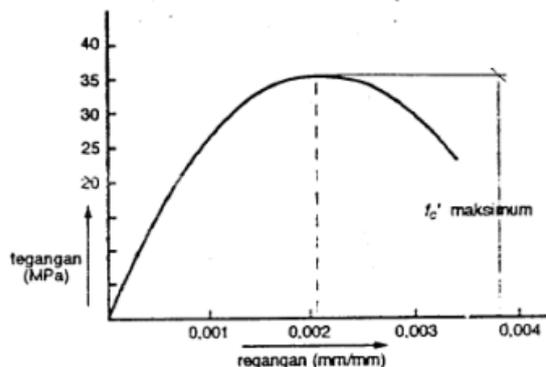
P = Besar gaya yang mampu ditahan silinder (N)

A = Luas penampang silinder (mm²)



Gambar 2.1 Uji kuat tekan beton

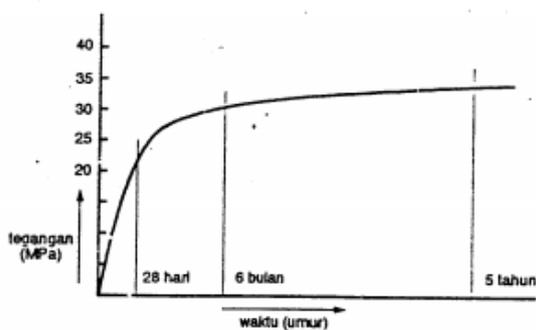
Kuat tekan masing-masing benda uji didapatkan dari tegangan tekan tertinggi ($f'c$) menggunakan mesin uji dengan peningkatan beban tekan bertingkat dan dengan kecepatan pembebanan tertentu. Tegangan tekan ($f'c$) beton yang dihasilkan bukan pada saat beton hancur, namun ketika tegangan maksimum beton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



Gambar 2.2 Tegangan tekan benda uji beton

Sumber: (Istimawan, 1996, p.7)

Nilai kuat tekan beton beragam sesuai dengan umurnya, biasanya pada beton normal kuat tekan beton ditentukan pada umur 28 hari setelah pengecoran. Pada umur 7 hari kuat tekan beton mencapai 70% dari umur 28 hari, dan pada umur 14 hari kuat beton mencapai 85% - 90% dari kuat beton umur 28 hari.



Gambar 2.3 Diagram hubungan kuat beton dengan umur beton

Sumber: (Istimawan, 1996, p.9)

2.5.2 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, 1996, 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 (SNI 03-2491-2002). Tegangan tarik yang timbul sesaat benda uji silinder terbelah disebut *split cylinder strength*.

$$f_t = \frac{2P}{\pi LD} \dots\dots\dots(2-2)$$

dengan :

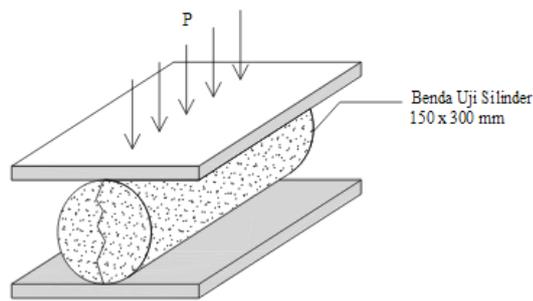
f_t = Kuat tarik belah beton (N/mm²)

P = Beban maksimum (N)



L = Tinggi silinder beton (mm)

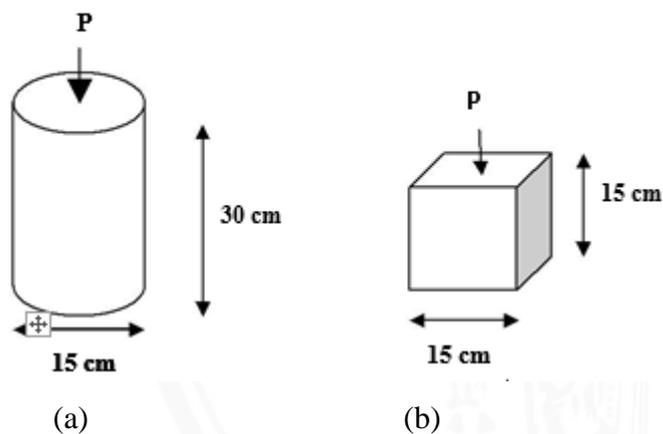
D = Diameter benda uji silinder (mm)



Gambar 2.4 Uji kuat tarik belah beton silinder

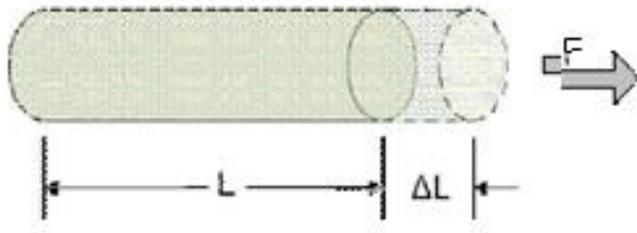
2.5.3 Tegangan dan Regangan

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*).



Gambar 2.5 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 $L + \Delta L$ (jika ditarik) atau $L - \Delta L$ (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 2.6 Regangan benda uji silinder

2.5.4 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. Berikut adalah rumus rumus Modulus Elastisitas yang biasa digunakan :

- a. Modulus Elastisitas Secan

$$E_c = \frac{0,4 f'_c}{\varepsilon} \dots\dots\dots(2-3)$$

dimana :

E_c = 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

$$E_c = \frac{\sigma_1}{\varepsilon_1} \dots\dots\dots(2-4)$$

dimana :

E_c = Modulus Elastisitas (MPa)

σ_1 = Tegangan awal

ε_1 = Regangan saat nilai tegangan awal diambil

- c. Menurut SK SNI T-15-1991 :

Ada dua rumus yang tertulis pada SK SNI T-15-1991, dan pembagiannya berdasarkan berat isi dari beton. Yang pertama apabila $1500 \leq W_c \leq 2500 \text{ kg/m}^3$ maka :

$$E_c = 0,043 \times W_c^{1,5} \times f'_c^{0,5} \dots\dots\dots(2-5)$$

Sedangkan apabila $W_c = \pm 2300 \text{ kg/m}^3$ maka :

$$E_c = 4700 \times f'_c^{0,5} \dots\dots\dots(2-6)$$

dimana :

E_c = Modulus Elastisitas (MPa)

W_c = Berat isi beton (kg/m^3)

f'_c = kuat tekan beton berumur 28 hari (MPa)

Rumus empiris untuk beton normal pada umumnya modulus elastisitas diambil sebesar $4700\sqrt{f'_c}$. Pengujian modulus elastisitas biasanya menggunakan *extensometer* atau *strain gauge*. 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.



Gambar 2.7 Uji modulus elastisitas menggunakan *extensometer*

Sumber : Dokumentasi Penelitian

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Rancangan Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental yang dilakukan di laboratorium. Benda uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah beton silinder yang dicampur dengan serat kaleng dengan variasi berat serat 10% terhadap volume beton silinder. Panjang serat kaleng yang digunakan adalah 4 cm. Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini antara lain uji kuat tekan, uji kuat tarik belah dan modulus elastisitas benda uji setelah beton berumur 28 hari. Pelaksanaan penelitian terhadap benda uji meliputi dua analisis sebagai berikut :

1. Analisis teori atau studi literatur yakni dengan menggunakan teori yang ada untuk memprediksi sifat mekanik beton silinder berserat sehingga analisis ini nantinya menghasilkan nilai-nilai teoritis berdasarkan tinjauan pustaka.
2. Analisis data eksperimental, dimana dari data teknis pada benda uji beton silinder berserat yang digunakan untuk mendapatkan hasil penelitian yaitu nilai kuat tekan, kuat tarik belah dan modulus elastisitas

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Struktur Teknik Sipil Universitas Brawijaya Malang dan dilaksanakan pada semester genap yakni maret sampai april tahun 2018.

3.3 Alat dan Bahan Penelitian

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian adalah:

1. Peralatan
 - a. Ayakan (*siever*) untuk menganalisis gradasi agregat kasar maupun agregat halus.
 - b. Timbangan digital dengan ketelitian 0,1%
 - c. Wadah baja berbentuk silinder untuk pemeriksaan berat isi agregat.
 - d. Keranjang besi dilengkapi dengan alat penggantung keranjang untuk pengujian *specific gravity* dan penyerapan agregat kasar
 - e. Pengaduk beton (*concrete mixer*) untuk mengaduk bahan-bahan penyusun beton silinder berserat agar dapat membentuk campuran yang homogen.

- f. Piknometer kapasitas 500 gram untuk pengujian *specific gravity* agregat halus.
- g. Cetakan silinder (*bekisiting*) dengan diameter dalam 15 cm dan tinggi 30 cm yang terbuat dari besi untuk mencetak beton yang digunakan sebagai benda uji.
- h. *Slump test apparatus* untuk mengukur nilai slump dari adukan beton. Alat ini terbuat dari besi berbentuk kerucut dengan tinggi 30 cm, diameter atas 10 cm, diameter bawah 20 cm dan dilengkapi dengan alat tumbuk berupa tongkat besi sepanjang 60 cm dengan diameter 16 mm.
- i. Alat uji tekan (*compression machine*) untuk mengukur tekanan yang mampu ditahan benda uji hingga mengalami retak serta mengetahui kuat tarik belah oleh benda uji hingga mengalami retak

2. Bahan

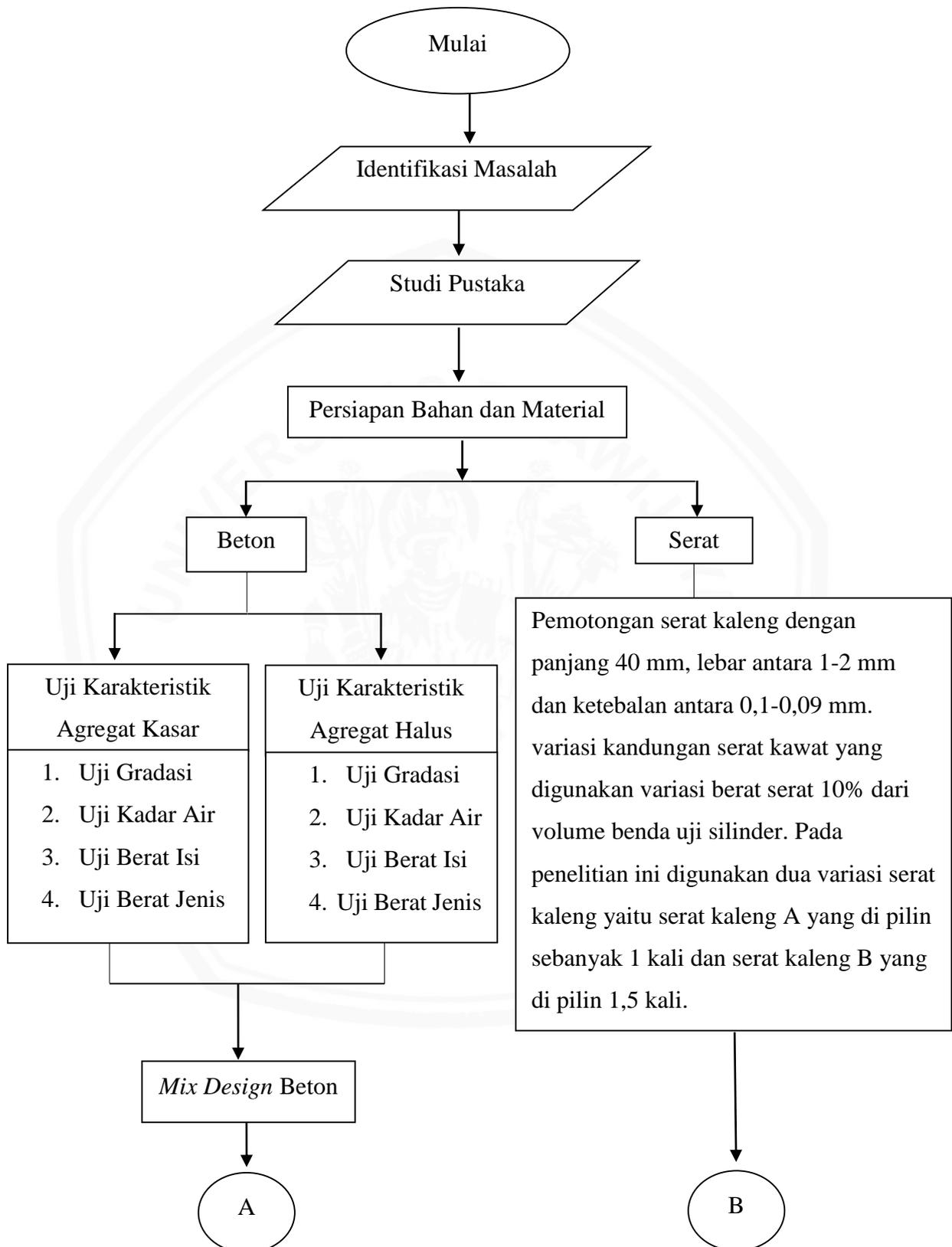
- a. Serat kaleng dengan panjang 40 mm, lebar antara 1-2 mm dan ketebalan antara 0,1-0,09 mm yang terdiri dari dua variasi yaitu variasi A yang di pilin 1 kali dan variasi B yang di pilin 1,5 kali

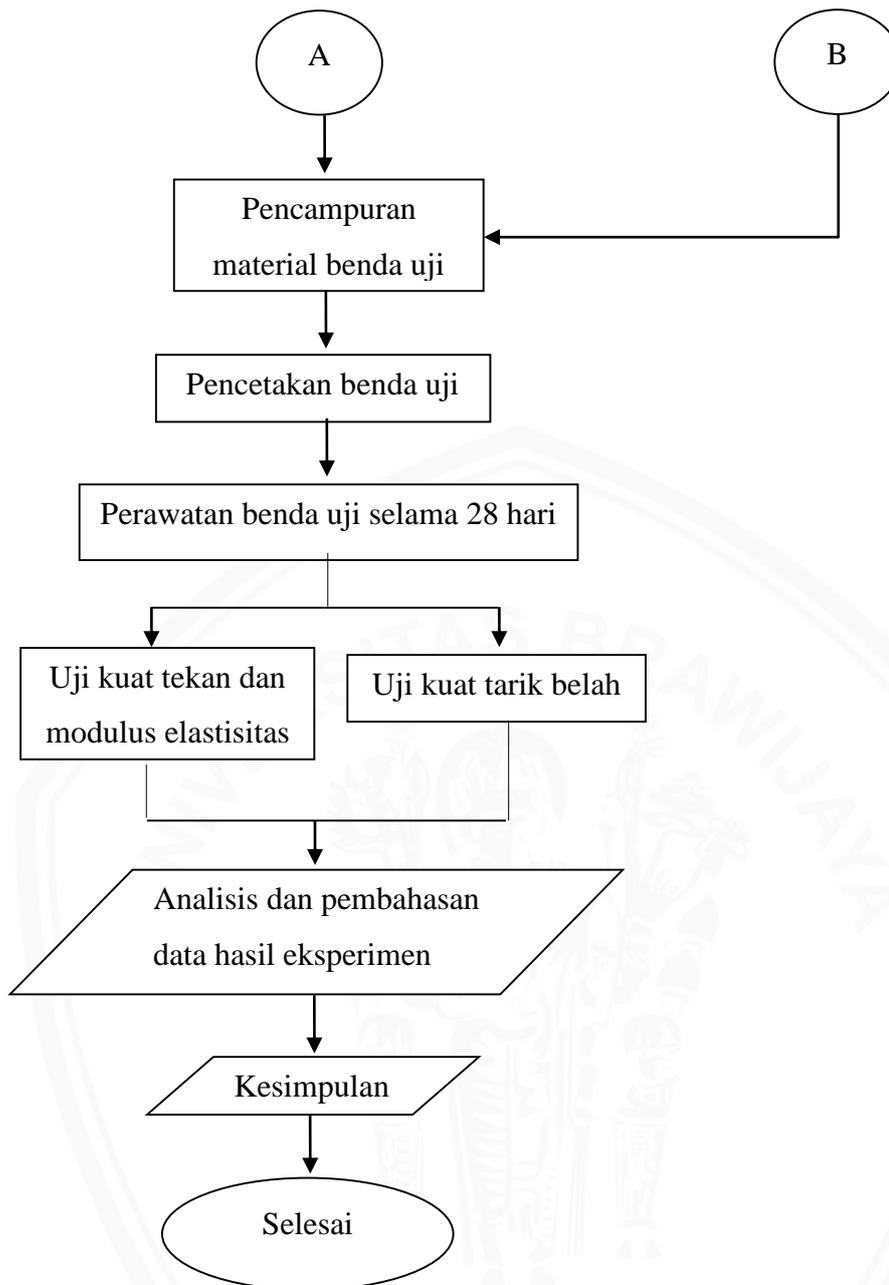


Gambar 3.1 Serat variasi A pilin 1 kali Gambar 3.2 Serat variasi B pilin 1,5 kali

- b. Semen PPC
- c. Agregat halus berupa pasir
- d. Agregat Kasar berupa kerikil
- e. Air

3.4 Diagram Alir Penelitian





3.5 Analisa Material

3.5.1 Pemeriksaan Gradasi Agregat Halus

1. Bahan

Pasir alam yang berasal dari Lumajang dengan besar butiran kurang dari 5 mm dan berat 1000 gr.

2. Peralatan

- a. Timbangan dan neraca dengan ketelitian 0,2 % berat benda uji.
- b. Satu set saringan : 4.8 mm (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); 0.075 mm (no. 200)
- c. Talam-talam dan kuas

- d. Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu
 - e. Mesin pengguncang saringan
3. Pelaksanaan
- a. Bahan ditimbang seberat 1000 gram kemudian dimasukkan ke dalam oven dengan suhu 110°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. Bahan yang tertahan pada masing-masing ayakan ditimbang.
 - d. Setelah bahan-bahan yang tertinggal di masing-masing ayakan ditimbang, hasilnya 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

$$\% \text{ jumlah agregat} = \frac{\Sigma \text{ sisa ayakan (gram)}}{\Sigma \text{ total ayakan (gram)}} \times 100\% \dots\dots\dots(3-1)$$

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 meliputi ukuran ayakan sebagai sumbu x dan % yang lolos ayakan sebagai sumbu y.

3.5.2 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

$$\% \text{ jumlah agregat} = \frac{\Sigma \text{ sisa ayakan (gram)}}{\Sigma \text{ total ayakan (gram)}} \times 100\% \dots\dots\dots(3-2)$$

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 meliputi ukuran ayakan sebagai sumbu x dan % yang lolos ayakan sebagai sumbu y.

3.5.3 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 $(100 \pm 5)^\circ \text{C}$
 - 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 $100 \pm 5^\circ \text{C}$
 - 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 :

$$\text{Kadar Air Agregat} = \frac{W_3 - W_5}{W_5} \times 100\% \dots\dots\dots(3-3)$$

3.5.4 Pemeriksaan Berat Isi Agregat Halus

1. Bahan

Pasir alam yang berasal dari Lumajang

2. Peralatan

- a. Timbangan dengan kapasitas > 1 kg dengan ketelitian 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 sebanyak 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

3.5.5 Pemeriksaan Berat Isi Agregat Kasar

1. Bahan

Batu pecah yang berasal dari Lumajang

2. Peralatan

- a. Timbangan dengan kapasitas > 1 kg dengan ketelitian 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 sebanyak 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

3.5.6 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

1. Bahan
 - a. Pasir alam dengan berat tertentu dalam beberapa benda uji
 - b. Pasir lolos saringan No.4 (4,75 mm)
2. Peralatan
 - a. Timbangan dengan kapasitas > 1 kg dengan ketelitian 0,1 gr.
 - b. Piknometer kapasitas 500 ml
 - c. Kerucut terpancung
 - d. Tongkat tumbuk baja panjang ± 600 mm dengan diameter ± 16 mm
 - e. Kotak takaran atau ember.
 - f. Saringan No. 4 (4,475 mm)
 - g. Oven pengatur suhu kapasitas $(100\pm 5)^{\circ}\text{C}$
 - h. Desikator
3. Pelaksanaan
 - a. Mengeringkan benda uji dalam oven pada suhu $(100\pm 5)^{\circ}\text{C}$ hingga berat tetap. Dinginkan pada suhu ruang lalu rendam dalam air selama 24 jam
 - b. Buang air perendam, lalu tebarkan agregat di atas talam, keringkan di udara panas dengan cara membalik-balikkan benda uji. Lakukan pengeringan sampai tercapai keadaan kering permukaan jenuh (SSD)
 - c. Periksa kondisi SSD dengan mengisi benda uji ke dalam kerucut terpancung, padatkan dengan batang penumbuk sebanyak 25 kali lalu angkat kerucut. Keadaan SSD tercapai bila benda uji runtuh tetapi masih dalam keadaan tercetak.
 - d. Setelah kondisi SSD tercapai, masukkan benda uji ke dalam piknometer, masukkan air suling hingga 90% isi piknometer. Putar sambil diguncang sampai tidak terlihat gelembung udara di dalamnya.

- e. Rendam piknometer dalam air dan ukur suhu air untuk penyesuaian hitungan pada suhu standar 25°C
- f. Tambahkan air sampai mencapai tanda batas.
- g. Timbang piknometer berisi air dan benda uji sampai dengan ketelitian $0,1 \text{ gr } (B_t)$
- h. Keluarkan benda uji, keringkan dalam oven dengan suhu $(100\pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai berat tetap, lalu dinginkan benda uji dalam desikator. Setelah dingin, lalu ditimbang (B_k) .
- i. Tentukan berat piknometer berisi air penuh dan ukur suhu air guna penyesuaian dengan suhu standar 25°C (B)

3.5.7 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 $\pm 5 \text{ kg}$.
 - 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 $0,1 \text{ gr}$ serta dilengkapi dengan alat penggantung keranjang
 - d. Oven pengatur suhu kapasitas $(100\pm 5)^{\circ}\text{C}$
 - 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 $(100\pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai beratnya tetap.
 - c. Dinginkan dalam suhu kamar selama 1-3 jam, lalu timbang dengan ketelitian $0,5 \text{ gr } (B_k)$.
 - 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 (B_j) .
 - g. Letakan benda uji ke dalam keranjang, masukan ke dalam air dan guncangkan batunya untuk mengeluarkan udara dan menentukan beratnya di dalam air (B_a)

3.5.8 Pemeriksaan Berat isi Serat Kaleng

Pemeriksaan berat isi serat kaleng yang dilakukan sebanyak tiga puluh kali untuk mendapatkan hasil yang efektif dengan merata-ratakan hasil dari ketiga puluh percobaan tersebut. Pemeriksaan berat isi dilakukan dengan metode shoveling. Metode ini dipilih karena dirasa jika nantinya serat tersebut digunakan untuk produksi skala besar akan menyulitkan jika dilakukan pemadatan terlebih dahulu saat pengukuran komposisi berat yang akan digunakan kedalam campuran beton.

1. Bahan
 - a. Serat kaleng yang telah dipotong dengan panjang 40 mm, lebar antara 1-2 mm dan ketebalan antara 0,1-0,09 mm
 - 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 serat kaleng secara bertahap sambil digetarkan agar kawat mengisi seluruh wadah dengan maksimal hingga batas yang telah ditentukan.
 - g. Timbang cawan plastik + kawat dan catat hasilnya.
 - h. Lakukan kembali langkah (a) hingga (g).

3.6 Prosedur Penelitian

3.6.1 Tahap pertama

Tahap pertama adalah tahap persiapan, yaitu pengadaan alat dan bahan yang akan digunakan untuk pemeriksaan karakteristik material untuk pembuatan benda uji. Tahap – tahap yang dimaksud adalah sebagai berikut :

1. Pemeriksaan gradasi agregat kasar dan halus.
2. Pengujian kadar air agregat kasar dan agregat halus.
3. Pengujian berat isi agregat kasar dan agregat halus.
4. Pengujian berat jenis agregat kasar dan agregat halus.
5. Persiapan perencanaan *mix design* dengan kuat tekan rencana 17 MPa
6. Persiapan pemotongan serat kawat dengan panjang kawat 40 mm, lebar antara 1-2 mm dan ketebalan antara 0,1-0,09 mm
7. Pembentukan serat kaleng dengan variasi A yang di pilin 1 kali dan B yang di pilin 1,5 kali
8. Variasi berat serat yang digunakan dalam campuran beton silinder adalah sebesar 10% dari volume benda uji silinder

3.6.2 Tahap kedua

Tahap kedua adalah tahap pembuatan dan perawatan (*curing*) benda uji untuk masing-masing variasi serat kawat yang telah direncanakan. Jumlah benda uji yang dibuat dijelaskan pada tabel di bawah ini :

Tabel 3.1

Jumlah Benda Uji

Jenis Benda Uji	Fraksi serat (%)	Jumlah Benda Uji		
		Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas	Kuat Tarik Belah	Total
Beton serat pilin A	10	3	3	6
Beton serat pilin B	10	3	3	6
Beton serat polos	10	3	3	6
Beton normal	10	3	3	6

Langkah – langkah yang dimaksud pada tahap kedua antara lain :

1. Persiapan bekisting, yaitu dengan mengolesi bagian dalam bekisting menggunakan oli. Tujuannya adalah agar benda uji mudah dilepaskan dari cetakan setelah 24 jam.
2. Penimbangan material benda uji sesuai dengan komposisi berat pada perencanaan *mix design*, yaitu agregat kasar, agregat halus, semen dan air.
3. Penimbangan berat serat kaleng sesuai dengan yang direncanakan, yaitu 10% dari volume beton silinder.
4. Pengecoran atau pencampuran material benda uji yang diperlukan.
5. Melakukan uji *slump* untuk mengetahui kelecakan (*workability*) mortar.
6. Pembentukan benda uji ke dalam cetakan silinder (*bekisting*) dan dibiarkan selama 24 jam. Kemudian setelah 24 jam, *bekisting* dilepas.
7. Perawatan (*curing*) benda uji yang dilakukan selama 7 hari.

3.6.3 Tahap ketiga

Tahap ketiga dari prosedur penelitian adalah tahap pengujian sifat mekanik beton silinder yang berumur 28 hari dan pengolahan data hasil pengujian. Langkah-langkah pengujiannya antara lain:

1. Melapisi permukaan atas benda uji beton silinder menggunakan serbuk belerang yang telah dilelehkan.
2. Uji kuat tekan dan modulus elastisitas yang dilakukan bersamaan pada benda uji yang sama menggunakan *compression machine* untuk mendapatkan nilai modulus elastisitas dan nilai kuat tekan benda uji.
3. Uji kuat tarik belah pada benda uji menggunakan *compression machine* untuk mendapatkan nilai kuat tarik belah.
4. Pengamatan dan pencatatan data hasil pengujian baik uji kuat tekan, modulus elastisitas dan uji kuat tarik belah.
5. Pengolahan dan analisis data dari hasil pengamatan selama pengujian.
6. Penarikan kesimpulan.

3.7 Prosedur Pengujian Sifat Mekanik Beton

3.7.1 Uji *Slump*

Uji slump dilakukan untuk mengetahui kelecakan (*workability*) untuk setiap pengecoran benda uji baik beton normal maupun beton serat dengan variasi tertentu.

Alat – alat yang dibutuhkan dalam pengujian *slump* antara lain :

1. Cetakan dari logam tebal berbentuk kerucut
2. Pelat untuk teempat perletakan cetakan kerucut

3. Tongkat pematik

Sedangkan langkah – langkah pengujiannya adalah sebagai berikut :

1. Basahilah cetakan dan pelat dengan kain basah
2. Letakkan cetakan di atas pelat dengan kokoh dan pastikan permukaannya tidak miring
3. Isilah cetakan hingga penuh dengan mortar dalam tiga lapis. Setiap lapisan kira kira berisi 1/3 isi cetakan dan setiap lapisan ditusuk dengan tongkat pematik sebanyak 25 kali secara merata. Tongkat harus masuk sampai lapisan bagian bawah tiap-tiap lapisan. Pada lapisan pertama, untuk penusukan tiap tepi, tongkat dimiringkan sesuai dengan kemiringan cetakan.
4. Segera setelah selesai pemadatan, ratakan permukaan benda uji dengan tongkat dan semua sisa benda uji yang jatuh di sekitar cetakan disingkirkan. Kemudian cetakan diangkat perlahan – lahan tegak lurus ke atas. Seluruh pengujian mulai dari pengisian sampai cetakan harus dalam jangka waktu 2,5 menit.
5. Cetakan dibalik dan diletakkan disamping benda uji, kemudian slump diukur dengan menentukan perbedaan tinggi cetakan dengan tinggi dari benda uji.

3.7.2 Uji Kuat Tarik Belah

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 gr
 - c. Spidol/alat bantu penandaan
 - d. Penggaris
 - e. Pelat dasar dengan permukaan rata yang terbuat dari besi
 - f. Bantalan penekan dari besi dan di bagian bawahnya terdapat lapisan yang terbuat dari *plywood*
3. Pelaksanaan
 - a. Timbang 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 meletakkan pelat dasar tepat di tengah mesin uji kuat tekan sebagai tumpuan perletakan benda uji

- d. Meletakkan benda uji diatas pelat dasar dan pastikan garis yang telah ditandai terletak tepat di tengah pelat dasar. Untuk menahan benda uji agar tidak menggelinding, sementara diberi penahan berupa kerikil kecil 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 hingga menyentuh bagian atas bantalan penekan.
- 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.

3.7.3 Uji Kuat Tekan

1. Bahan

- a. Benda uji berupa beton silinder yang telah berumur 28 hari
- b. Bubuk belerang yang sudah dicairkan

2. Peralatan

- a. *Compression Testing Machine* (Mesin Uji Kuat Tekan)
- b. Satu set kompor pemanas
- c. Satu set alat pelapis (*capping*)
- d. Timbangan dengan ketelitian 0,01 gr

3. Pelaksanaan

- a. Timbang benda uji dan catat hasilnya
- b. Panaskan bubuk belerang dengan suhu sekitar 200 – 800°C hingga mencair kemudian tuangkan ke alat pelapis (*capping*). Lalu letakkan bagian atas benda uji dan pastikan cairan belerang menyebar secara merata. Tunggu sampai belerang mengeras dan kering. Hal ini dilakukan agar saat dilakukan pengujian kuat tekan, permukaan benda uji dipastikan rata dan memberikan hasil yang baik.
- c. Letakkan benda uji pada mesin tekan secara sentris
- d. Jalankan mesin tekan dengan penambahan beban yang konstan

- e. Lakukan pembebanan sampai benda uji menjadi hancur dan catatlah beban maksimum yang terjadi selama pemeriksaan benda uji.

3.7.4 Uji Modulus Elastisitas

Pengujian Modulus Elastisitas dilakukan bersamaan dengan Uji Kuat Tekan. Sehingga untuk satu benda uji dapat dilakukan dua pengujian sekaligus, yaitu uji kuat tekan dan modulus elastisitas

1. Bahan

Benda uji berupa beton silinder yang telah berumur 28 hari yang sudah di *capping*
2. Peralatan
 - a. *Compression Testing Machine*
 - b. Alat *Extensometer*
 - c. Tripod dan kamera
3. Pelaksanaan
 - a. Timbang benda uji dan catat hasilnya
 - b. Mengatur alat *extensometer* pada benda uji. Pastikan baut dan mur pada *extensometer* dipasang dengan kencang agar tidak lepas saat pengujian.
 - c. Letakkan benda uji yang telah dipasang alat *extensometer* pada *compression testing machine*
 - d. Lepaskan pengekan pada alat *extensometer* kemudian atur *dial extensometer* ke angka nol
 - e. Siapkan kamera di depan *compression testing machine* untuk merekam perubahan yang terjadi pada *dial extensometer* selama pengujian
 - f. Nyalakan *compression testing machine* dan atur agar kenaikannya konstan
 - g. Rekamlah selama proses pengujian berlangsung hingga benda uji hancur
 - h. Setelah benda uji hancur, periksa hasil dokumentasi dan catat *displacement longitudinal* yang terbaca pada *dial extensometer* setiap penambahan beban 10 kN.

3.8 Variabel Penelitian

Apabila variabel B merupakan sebab dari variabel A, maka variabel B adalah variabel terikat dan variabel A adalah variabel bebas. Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

a. Variabel bebas

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah jumlah pilin serat kaleng yang dicampur ke dalam adukan beton.

b. Variabel terikat

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

3.9 Metode Analisis Data

Pengambilan data dilakukan dengan dua cara yaitu data hasil studi literatur dan data hasil pengujian benda uji berupa beton silinder dengan campuran serat kaleng yang berumur 28 hari. Data hasil studi literatur yaitu data kuat tekan rencana yang dapat diterima beton silinder ($f^c = 17 \text{ MPa}$) yang dihitung secara teoritis yaitu dengan menggunakan perhitungan *mix design*.

Analisis data diperoleh dari hasil pengujian terhadap beton silinder berserat di laboratorium. Dari pengamatan selama pengujian, didapatkan nilai beban maksimum (P_{max}) yang mampu ditahan oleh benda uji pada *compression machine*. Nilai P_{max} tersebut selanjutnya digunakan memperhitungkan nilai kuat tekan, kuat tarik belah dan modulus elastisitas. Dari hasil analisis data yang diperoleh tersebut nantinya dapat diketahui serat mana yang memberikan hasil paling optimal.

3.9.1 Analisis Uji Tarik Belah

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 (SNI 03-2491-2002). Dari pengujian tersebut akan didapat nilai tekan maksimum. Dari nilai tekan maksimum tersebut dapat diketahui tegangan tarik belah yang terjadi pada masing-masing variasi benda uji dan diperoleh grafik perbandingan kekuatan tarik belah dari masing-masing variasi benda uji dengan rumus :

$$f_t = \frac{2P}{\pi LD} \dots\dots\dots(3-4)$$

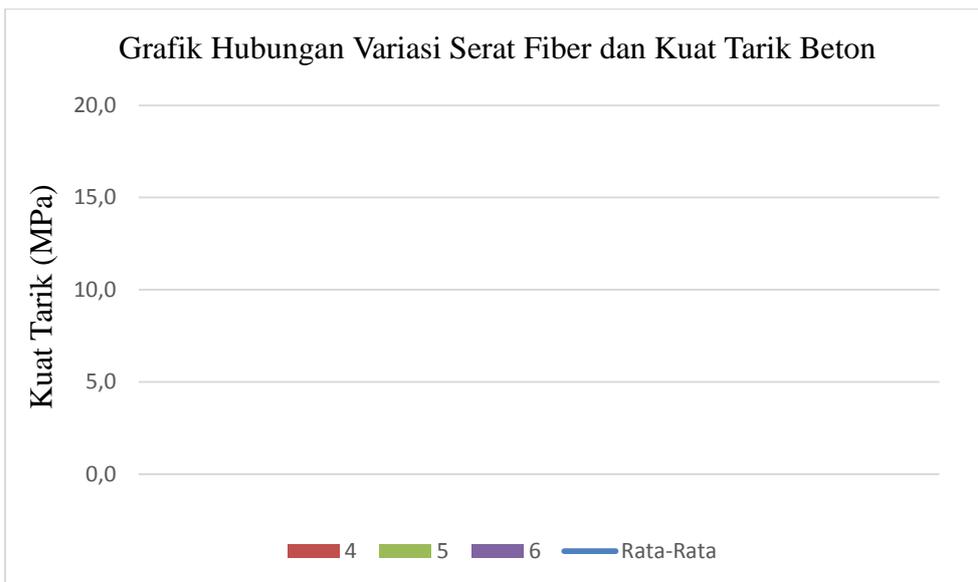
dengan:

f_t = Kuat tarik belah beton (N/mm²)

P = Beban maksimum (N)

L = Tinggi silinder beton (mm)

D = Diameter benda uji silinder (mm)



Gambar 3.3 Grafik rencana analisis kuat tarik belah dari masing-masing variasi benda uji

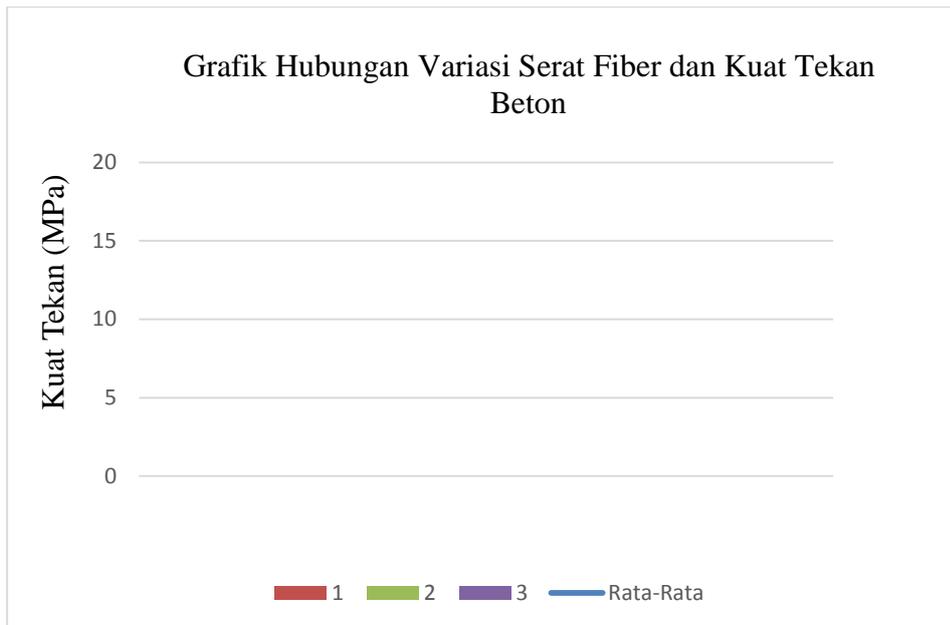
3.9.2 Analisis Uji Kuat Tekan

uji tekan dilakukan dengan compression test dengan mendapatkan nilai gaya tekan maksimum. Kemudian dari nilai gaya tekan tersebut dibagi dengan luas permukaan sehingga mendapatkan nilai tegangan yang terjadi dan dapat diperoleh grafik perbandingan antara kuat tekan dari masing-masing variasi benda uji. Berikut adalah rumus yang digunakan untuk memperoleh nilai kuat tekan dari beton :

$$f'c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(3-5)$$

dengan :

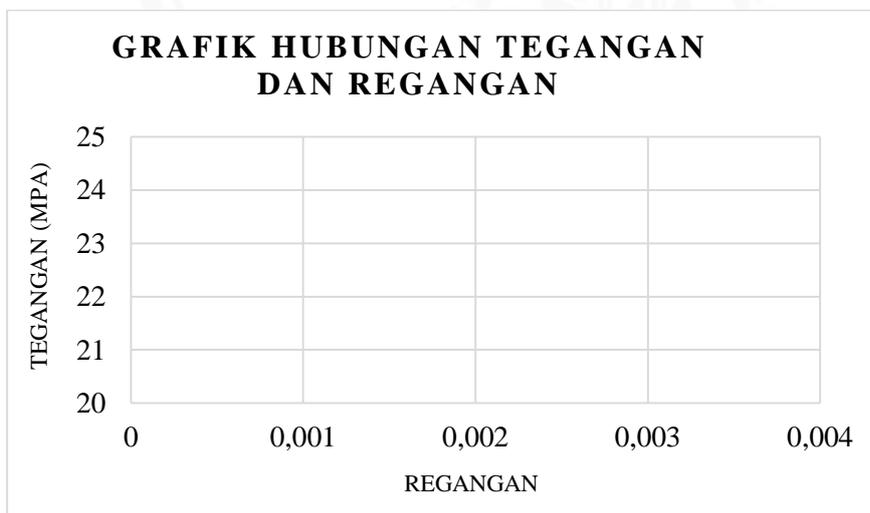
- $f'c$ = Tegangan tekan beton (N/mm²)
- P = Besar gaya yang mampu ditahan silinder (N)
- A = Luas penampang silinder (mm²)



Gambar 3.4 Grafik rencana analisis kuat tekan beton dari masing-masing variasi benda uji

3.9.3 Analisis Modulus Elastisitas

Analisis modulus elastisitas didapat bersamaan dengan uji kuat tekan dengan menambah ekstensometer untuk mencatat regangan yang terjadi. Sehingga dapat diperoleh grafik hubungan tegangan regangan.



Gambar 3.5 Grafik rencana hubungan tegangan dan regangan

Sumber : Rancangan Penelitian

Untuk memperoleh nilai modulus elastisitas ada dua cara yang dapat dilakukan, yaitu berdasarkan analisis kuat tekan beton (f'_c) dan eksperimental dengan menggunakan hasil

pengukuran tegangan (σ) dan regangan (ε) yang nantinya hasil dari kedua analisis tersebut akan dibandingkan. Untuk analisis berdasarkan kuat tekan beton ($f'c$) dapat digunakan rumus yang tertulis pada SK SNI T-15-1991, dan pembagiannya berdasarkan berat isi dari beton. Yang pertama apabila $1500 \leq W_c \leq 2500 \text{ kg/m}^3$ maka :

$$E_c = 0,043 \times W_c^{1,5} \times f'c^{0,5} \dots\dots\dots(3-6)$$

Sedangkan apabila $W_c = \pm 2300 \text{ kg/m}^3$ maka :

$$E_c = 4700 \times f'c^{0,5} \dots\dots\dots(3-7)$$

dimana :

E_c = Modulus Elastisitas (MPa)

W_c = Berat isi beton (kg/m^3)

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

Untuk mencari modulus elastisitas berdasarkan hasil eksperimental yang menggunakan hasil pengukuran tegangan (σ) dan regangan (ε) dapat digunakan analisis dengan modulus elastisitas secan dan modulus elastisitas tangen awal dengan rumus :

Modulus elastisitas tangen awal :

$$E_c = \frac{\sigma_1}{\varepsilon_1} \dots\dots\dots(3-8)$$

dimana :

E_c = Modulus Elastisitas (MPa)

σ_1 = Tegangan awal

ε_1 = Regangan saat nilai tegangan awal diambil

Modulus elastisitas secan :

$$E_c = \frac{0,4 f'c}{\varepsilon} \dots\dots\dots(3-9)$$

dimana :

E_c = Modulus Elastisitas (MPa)

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

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

3.10 Hipotesis Penelitian

Hipotesis penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Nilai kuat tekan beton dengan variasi kait B lebih besar daripada variasi kait A . dan dengan penambahan bentuk pilin pada serat fiber nilai kuat tekan beton akan lebih besar daripada serat polos.
2. Nilai kuat tarik belah beton dengan variasi kait B lebih besar daripada variasi kait A . dan dengan penambahan bentuk pilin pada serat fiber nilai kuat tarik belah beton akan lebih besar daripada serat polos.
3. Nilai modulus elastisitas beton dengan variasi kait B lebih besar daripada variasi kait A . dan dengan penambahan bentuk pilin pada serat fiber nilai modulus elastisitas beton akan lebih besar daripada serat polos.



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian Bahan-Bahan Penyusun Beton

4.1.1 Kaleng Minuman Ringan Bekas

- Karakteristik Kaleng Minuman Ringan

Jenis Kaleng : Limbah kaleng minuman ringan yang ada di pasaran

Material : Alumunium

Ukuran : 40 mm x 2 mm



Gambar 4.1 Serat dari kaleng yang sudah dipotong

- Berat Isi Serat Kaleng

Kaleng Minuman yang digunakan dalam penelitian ini dipotong dengan pajang 40 mm dan lebar 2 mm. Sedangkan variasi bentuk serat kaleng yang dicampurkan ke dalam adukan beton adalah serat polos, serat pilin A dan B sebanyak 10 % dari volume silinder Beton. Hasil pemeriksaan berat isi kaleng dijelaskan pada tabel 4.1

Berat air + cawan	= 221,2	gr
Berat cawan	= 3,2	gr
Berat jenis air	= 1	gr/cm ³
V silinder	= 5298,75	cm ³

Tabel 4.1
Hasil Pengujian Berat Serat Kaleng

No	Berat <i>Fiber</i>		Volume Air (cm3)	Berat isi <i>fiber</i>	
	<i>Loose</i> (gr)	<i>Dense</i> (gr)		<i>Loose</i> (gr/cm3)	<i>Dense</i> (gr/cm3)
1	17,2	26,4	218	0,078	0,121
2	18	26,4	218	0,082	0,121
3	20,6	22	218	0,094	0,100
4	18,2	23,2	218	0,083	0,106
5	17	28,4	218	0,078	0,130
6	16,4	23	218	0,075	0,105
7	16,6	24,2	218	0,076	0,111
8	17,6	24,4	218	0,080	0,111
9	17,6	26,8	218	0,080	0,122
10	17	27,6	218	0,078	0,126
11	16	25,6	218	0,073	0,117
12	14,8	25,2	218	0,067	0,115
13	15,8	24,4	218	0,072	0,111
14	18	24,2	218	0,082	0,111
15	15,8	26,4	218	0,072	0,121
16	15,8	24,8	218	0,072	0,113
17	16	25,6	218	0,073	0,117
18	15,8	25,4	218	0,072	0,116
19	15,8	25,4	218	0,072	0,116
20	16,4	25,8	218	0,075	0,118
21	16,4	26,2	218	0,075	0,120
22	15,8	25	218	0,072	0,114
23	16,4	28,8	218	0,075	0,132
24	16,2	26,8	218	0,074	0,122
25	16,4	27	218	0,075	0,123
26	16	29,2	218	0,073	0,133
27	17,8	24,4	218	0,081	0,111
28	16,6	27,8	218	0,076	0,127
29	15,2	26,4	218	0,069	0,121
30	16	24,4	218	0,073	0,111
			Rata-rata	0,076	0,117
			Nilai Max	0,094	0,133
			Nilai Min	0,067	0,100

Dari data pada tabel 4.1 digunakan berat isi *fiber* dari percobaan dengan metode pengerjaan loose atau tanpa dipadatkan. Berat isi loose digunakan karena dirasa saat proses pengerjaan dilapangan akan lebih mudah dan lebih sesuai dengan kondisi yang ada di lapangan jika nantinya akan diproduksi dalam sekala yang lebih besar, selain itu jika dilakukan pemadatan tidak merusak bentuk dari serat itu sendiri.

4.1.2 Perencanaan *Mix Design* Beton

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.

Tabel 4.2

Perencanaan *Mix Design* Beton Normal dengan Menggunakan Perbandingan Volume

Jenis Material	Perbandingan volume
Semen	1
Air	0,600
Pasir	2,110
Batu Pecah	2,990

Tabel 4.3

Perencanaan *Mix Design* Beton Normal Berdasarkan Berat Untuk Satu Kali Adukan

Jenis Material	Berat (kg)
Semen	13,496
Air	7,200
Pasir	28,588
Batu Pecah	40,448

Tabel 4.4

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

Jenis Material	Berat (kg)
Semen	13,496
Air	7,200
Pasir	28,588
Batu Pecah	40,448
<i>Fiber</i>	0,266

Campuran beton menggunakan nilai FAS sebesar 0,6 dari berat semen. Faktor air semen didapatkan dari ketentuan yang berlaku pada SNI 03-3449-2002.

4.2 Hasil pengujian Benda Uji

4.2.1 Pengujian Beton Segar (Uji *slump*)

Beton Segar adalah bahan penyusun beton yang baru dicampurkan yang membentuk pasta. Pengujian yang dilakukan pada beton segar adalah uji *slump* yang berguna untuk menunjukkan kelecakan (*workability*) dalam campuran beton. Nilai *slump* diperoleh dari besarnya penurunan campuran beton segar yang telah dimasukkan kedalam kerucut Abrams dan diisi tiap $\frac{1}{3}$ bagian dengan setiap lapisan ditumbuk sebanyak 25 kali. Setelah itu, alat uji *slump* diangkat searah vertikal secara perlahan untuk memperoleh penurunan dari beton segar tersebut. Pada uji *slump* ini didapatkan nilai *slump* sebesar maksimal 21 cm pada beton normal.



Gambar 4.2 Proses uji *slump*

Tabel 4.5
Hasil Pengujian *Slump* Beton Segar

No	Jenis Benda Uji	Nilai <i>Slump</i>
1	Beton <i>fiber</i> pilin A	17
2	Beton <i>fiber</i> pilin B	18
3	Beton <i>fiber</i> tanpa pilin / polos	18
4	Beton normal	21

Berdasarkan hasil uji *slump* pada tabel 4.5 diperoleh nilai *slump* yang bervariasi pada tiap adukan beton. Dengan nilai FAS yang sama untuk setiap campuran didapatkan nilai *slump* pada beton normal 21 cm setelah diberi penambahan *fiber* nilai *slump* menjadi berkurang untuk *fiber* polos 18 cm, *fiber* pilin A 17 cm, dan *fiber* pilin

B 18 cm. Dari pengujian *slump* yang dilakukan didapatkan bahwa dengan penambahan serat kaleng dapat mengakibatkan penurunan nilai *slump*. Hal ini diakibatkan oleh air yang menempel pada permukaan *fiber*, Selain itu dengan penambahan dan pembentuk *fiber* juga mengakibatkan ikatan antar campuran beton menjadi semakin kuat sehingga saat pengujian *slump* beton menjadi tidak mudah runtuh atau mengalami penurunan.

4.2.2 Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur 28 hari untuk mendapatkan nilai kuat tekan beton silinder. Benda uji silinder beton dibuat sebanyak 24 buah, yang dimana 6 buah untuk beton normal, 6 buah untuk beton dengan campuran *fiber* pilin tipe A, 6 buah untuk beton dengan campuran *fiber* pilin tipe B, 6 buah untuk beton dengan tanpa pilin atau polos. sehingga total silinder beton yang dibuat sebanyak 24 buah, dimana ukuran tinggi silinder 30 cm dan diameter 15 cm. Pada setiap benda uji dilakukan perawatan (*curing*) dengan cara merendam benda uji dalam air untuk meminimalisasi proses hidrasi pada beton sehingga tidak terjadi retak atau susut pada beton. Proses ini dilakukan selama 7 hari setelah beton dilepas dari bekisting.

Proses pencampuran dilakukan secara manual dengan cara mencampurkan material pasir, kerikil, semen di dalam bak pengaduk kemudian diaduk dan ditambahkan air secara perlahan. Setelah beton segar terbentuk selanjutnya dimbahkan dengan serat *fiber* kemudian diaduk sampai terlihat merata. Setelah campuran beton segar dan fiber terlihat merata dilakukan uji *slump* untuk mendapatkan nilai *slump*.



Gambar 4.3 Proses pencampuran material beton



Gambar 4.4 Proses pencampuran serat ke dalam campuran beton

Setelah itu campuran diaduk kembali dan dimasukkan ke dalam cetakan silinder dengan cara dituangkan perlahan sambil ditumbuk sebanyak 25 kali setiap 1/3 lapisan agar material tersebar merata ke seluruh bagian cetakan silinder.



Gambar 4.5 Proses pengujian kuat tekan silinder beton

Adapun perhitungan yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$f'c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(4 - 1)$$

dimana :

- $f'c$ = kuat tekan belah beton (MPa)
- P = beban maksimum (N)
- A = luasan penampang beton (mm²)

Contoh perhitungan :

Misal menghitung nilai kuat tarik belah N.1

Diketahui: $P = 186 \text{ kN} = 186000\text{N}$

$A = 17678,57 \text{ mm}$

$$f_t = \frac{186000}{17678,57} = 10,521 \text{ MPa}$$

Hasil pengujian kuat tekan lainnya dapat dilihat selengkapnya pada tabel 4.6

Tabel 4.6

Hasil Pengujian Kuat Tekan Silinder dan Berat Isi Silinder

No	Kode Benda Uji	Umur (Hari)	Berat Isi (kg)	Berat Isi Rata-Rata (kg)	Beban Maksimum (kN)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-Rata (MPa)	Nilai Slump (cm)
1	N.1	28	2396,79	2399,937	186	10,521	11,451	21
2	N.2		2425,10		239,1	13,525		
3	N.3		2377,92		182,2	10,306		
4	F.N.1	28	2415,66	2387,356	363,9	20,584	18,995	18
5	F.N.2		2406,23		377,5	21,354		
6	F.N.3		2340,17		266	15,046		
7	F.N.U.A.1	28	2368,48	2393,646	352	19,911	21,344	18
8	F.N.U.A.2		2406,23		394	22,287		
9	F.N.U.A.3		2406,23		386	21,834		
10	F.N.U.B.1	28	2425,10	2371,629	420	23,758	22,890	17
11	F.N.U.B.2		2359,05		387	21,891		
12	F.N.U.B.3		2330,74		407	23,022		

Sesuai dengan SNI 03-2834-2000 bahwa berat isi beton pada umumnya berkisar antara 2200 – 2500 kg/m³. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa berat isi benda uji pada penelitian ini telah sesuai dengan persyaratan yang ada pada SNI.

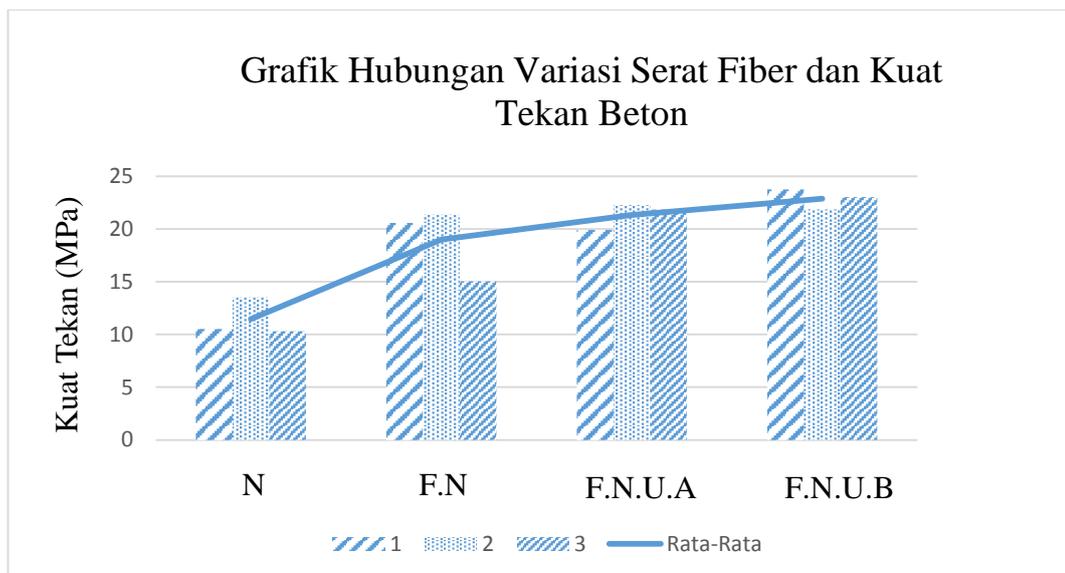
Dengan mutu rencana 17 MPa pada beton normal didapat nilai kuat tekan pada benda uji beton normal sebesar 11,451 MPa yang dimana hasil yang didapat kurang dari mutu yang direncanakan. Hal ini disebabkan karena nilai *slump* pada beton normal yang terlalu besar sehingga mengurangi mutu beton secara signifikan.

Berdasarkan tabel 4.6 Dari hasil pengujian kuat tekan diketahui bahwa penambahan serat meningkatkan kuat tekan pada beton. Dari beberapa variasi bentuk serat *fiber* yang dibuat didapat bahwa serat dengan bentuk polos meningkatkan kuat tekan rata-rata sebesar 65,8% dari beton normal dan beton dengan variasi serat pilin A meningkat kuat tekan rata-rata sebesar 86,4% dari beton normal. Sedangkan untuk

penambahan serat pilin B meningkat kuat tekan rata-rata sebesar 99,9%. Hal ini disebabkan karena serat kaleng yang dicampurkan kedalam adukan beton meningkatkan ikatan antara agregat-agregat beton sehingga saat dilakukan pengujian tekan beton tidak mudah meregang sehingga diperoleh nilai kuat tekan yang tinggi. Selain itu, peningkatan kuat tekan beton yang besar saat diberikan penambahan serat kaleng juga disebabkan oleh rendahnya mutu beton normal karena menggunakan FAS yang cukup tinggi untuk menyesuaikan kebutuhan air yang diperlukan akibat penambahan serat *fiber*.



Gambar 4.6 Beton yang sudah di uji kuat tekan



Gambar 4.7 Grafik hubungan variasi serat dengan kuat tekan beton

Dari grafik pada gambar 4.7 dapat terlihat beton dengan serat normal tanpa pilin mendapat nilai kuat tekan tertinggi yaitu 21,354 MPa, kemudian diikuti serat *fiber* dengan pilin A, pilin B dan beton normal tanpa pilin.

4.2.3 Uji Kuat Tarik Belah

Pada uji kuat tarik belah benda uji diletakkan pada posisi horizontal di antara dua pelat landasan mesin uji tekan kemudian diberikan gaya tekan. Apabila beban diberikan sepanjang sumbu, maka elemen pada bagian vertikal akan mengalami tegangan tekan vertikal dan tegangan tarik horizontal.



Gambar 4.8 Proses pengujian kuat tarik belah silinder beton

Adapun perhitungan yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$f_t = \frac{2 \times P}{\pi \times L \times D} \dots\dots\dots(4-2)$$

dimana :

f_t = kuat tarik belah beton (MPa)

P = beban maksimum (N)

L = Tinggi silinder beton (mm)

D = Diameter benda uji silinder (mm)

Contoh perhitungan :

Misal menghitung nilai kuat tarik belah N.4

Diketahui: P = 110000 N

L = 300 mm

D = 150 mm

$$f_t = \frac{2 \times 110000}{\pi \times 300 \times 150} = 1,556 \text{ MPa}$$

Hasil pengujian kuat tarik belah dapat dilihat selengkapnya pada tabel 4.7

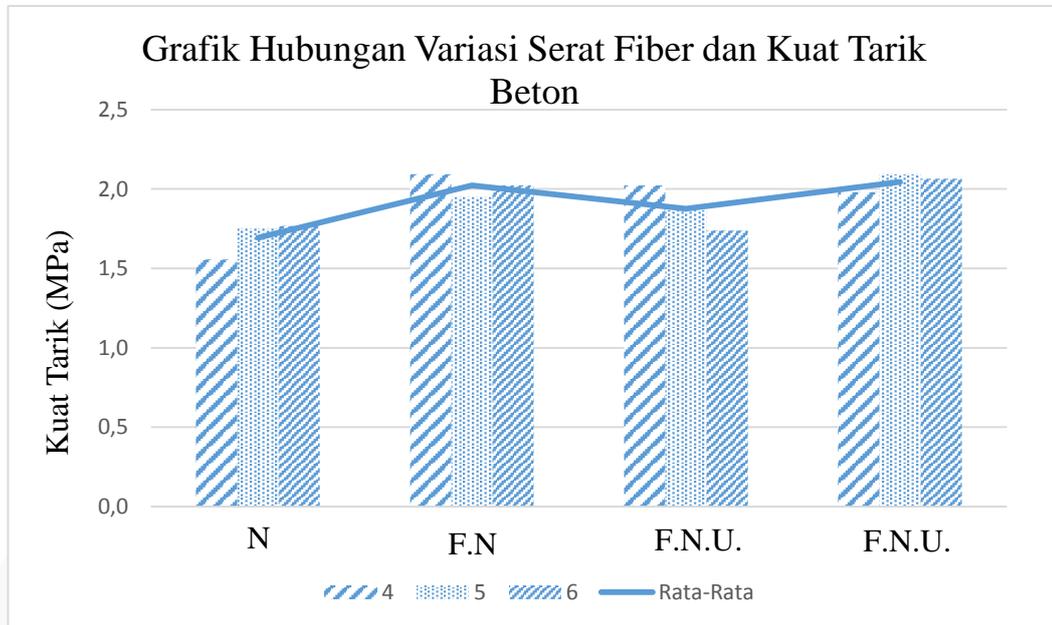
Tabel 4.7

Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah

No	Kode Benda Uji	Umur	Berat Isi (kg/m^3)	Berat Isi Rata-Rata (kg/m^3)	Beban Maksimum (kN)	Kuat Tarik (MPa)	Kuat Tarik Rata-Rata (MPa)
1	N.4	28	2368,48	2374,774	110	1,556	1,692
2	N.5		2415,66		124	1,754	
3	N.6		2340,17		125	1,768	
4	F.N.4	28	2368,48	2390,501	148	2,093	2,022
5	F.N.5		2406,23		138	1,952	
6	F.N.6		2396,79		143	2,022	
7	F.N.U.A.4	28	2330,74	2371,629	143	2,022	1,876
8	F.N.U.A.5		2415,66		132	1,867	
9	F.N.U.A.6		2368,48		123	1,739	
10	F.N.U.B.4	28	2349,61	2368,483	140	1,980	2,046
11	F.N.U.B.5		2368,48		148	2,093	
12	F.N.U.B.6		2387,36		146	2,065	

Pada tabel 4.7 bisa disimpulkan bahwa kuat tarik belah rata-rata terbesar terdapat pada beton *fiber* pilin B dengan nilai rata rata 2,046 MPa dengan peningkatan 20,8% dari rata rata beton normal. Jika dibandingkan dengan benda uji lainnya nilai kuat tarik pada beton fiber pilin B memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan dengan benda

uji beton lainnya. Serta nilai kuat tarik belah rata-rata memiliki nilai yang paling kecil dengan nilai rata-rata 1,692 MPa pada beton normal tanpa fiber. Untuk lebih jelasnya, dapat dilihat pada gambar 4.9

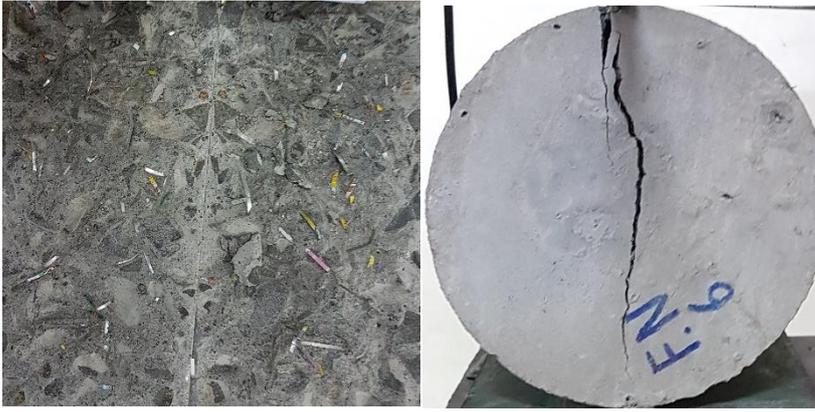


Gambar 4.9 Grafik hubungan variasi serat dengan kuat tarik belah beton

Berdasarkan perbandingan hasil pengujian pada gambar 4.9 dari grafik hubungan variasi serat dengan kuat tarik belah beton dapat diketahui bahwa penambahan serat *fiber* kedalam campuran beton dapat meningkatkan kuat tarik belah beton tersebut dimana beton *fiber* dengan variasi pilin B merupakan variasi yang memberikan nilai kuat tarik belah paling maksimum. Berikut adalah gambar hasil uji tarik belah pada masing masing variasi serat.



Gambar 4.10 Benda uji beton normal setelah proses uji tarik belah



Gambar 4.11 Benda uji beton *fiber* polos setelah proses uji tarik belah



Gambar 4.12 Benda uji beton *fiber* pilin A setelah proses uji tarik belah



Gambar 4.13 Benda uji beton *fiber* pilin B setelah proses uji tarik belah

4.2.4 Pengujian Modulus Elastisitas

Pengujian modulus elastisitas dilakukan bersamaan dengan uji kuat tekan dengan tambahan alat *extensometer* yang memperlihatkan hasil deformasi suatu bahan. Perubahan beban yang terjadi dibaca seiring dengan perubahan deformasi pada dial hingga benda uji mengalami penurunan beban sebesar 85% dari beban maksimum yang mana saat beban telah turun sampai 85% dari beban maksimum benda uji dianggap sudah runtuh dan saat itulah pembacaan *dial* pada *extensometer*

dihentikan, Selain itu Pembacaan pembebanan dan deformasi dihentikan sampai beban mencapai penurunan 85% dari beban maksimum karena terbatasnya kemampuan alat yang digunakan.

Modulus Elastisitas beton merupakan kemiringan kurva tegangan regangan beton pada kondisi linier atau mendekati linier sebelum kondisi plastis. Beberapa faktor yang mempengaruhi modulus elastisitas adalah kelembaban udara dan bahan penyusun beton.

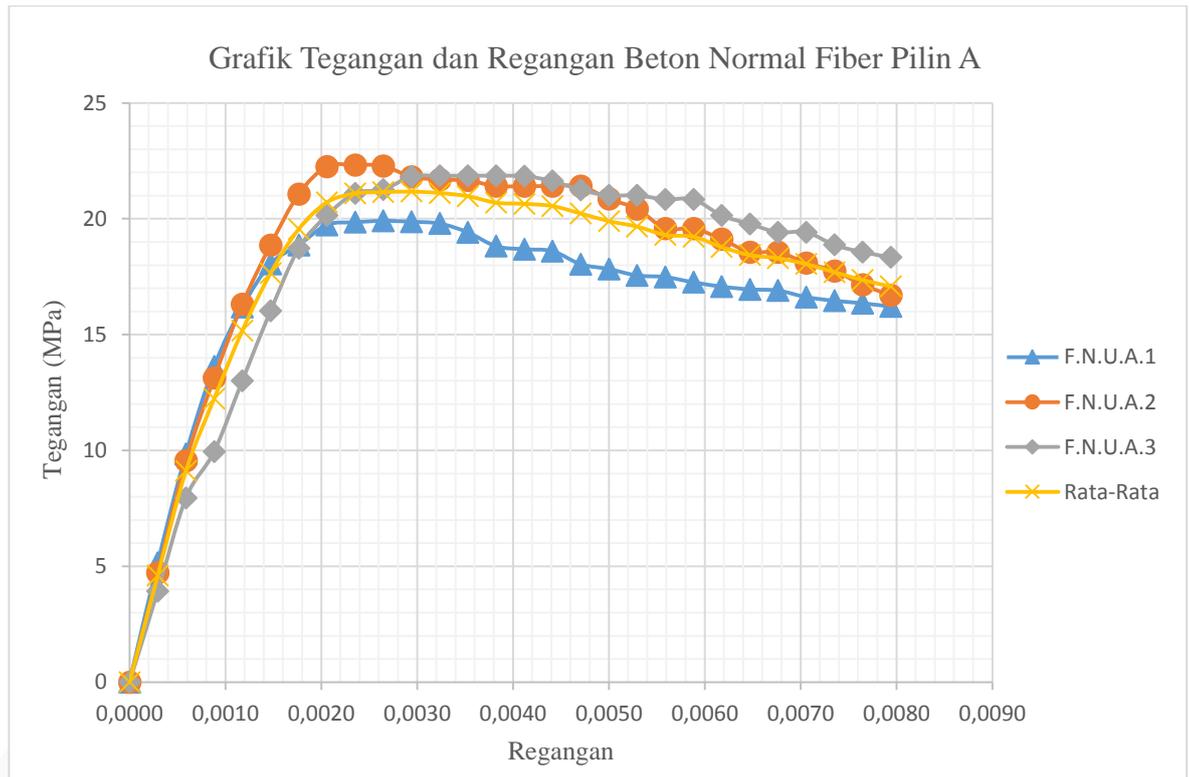


Gambar 4.14 Proses pengujian kuat tekan silinder beton

Berikut merupakan hasil penggambaran grafik tegangan regangan dari benda uji dalam pengujian Modulus Elastisitas menggunakan *extensometer* :

Tabel 4.8Tegangan dan Regangan Beton *Fiber* Pilin A

No	Regangan (ϵ)	Kode Benda Uji			Rata-Rata Tegangan (MPa)
		F.N.U.A.1	F.N.U.A.2	F.N.U.A.3	
		Tegangan (MPa)	Tegangan (MPa)	Tegangan (MPa)	
1	0,0000	0,000	0,000	0,000	0,000
2	0,0003	5,153	4,723	3,920	4,599
3	0,0006	9,848	9,554	7,942	9,115
4	0,0009	13,627	13,123	9,950	12,233
5	0,0012	16,189	16,314	13,010	15,171
6	0,0015	18,050	18,865	16,019	17,645
7	0,0018	18,865	21,065	18,723	19,551
8	0,0021	19,736	22,247	20,143	20,709
9	0,0024	19,849	22,326	21,093	21,090
10	0,0026	19,911	22,276	21,257	21,148
11	0,0029	19,872	21,817	21,823	21,171
12	0,0032	19,792	21,693	21,851	21,112
13	0,0035	19,413	21,653	21,857	20,975
14	0,0038	18,814	21,410	21,857	20,694
15	0,0041	18,684	21,410	21,840	20,645
16	0,0044	18,604	21,410	21,631	20,548
17	0,0047	18,039	21,410	21,240	20,230
18	0,0050	17,829	20,856	21,008	19,898
19	0,0053	17,552	20,426	21,008	19,662
20	0,0056	17,484	19,583	20,833	19,300
21	0,0059	17,258	19,583	20,833	19,225
22	0,0062	17,072	19,119	20,143	18,778
23	0,0065	16,953	18,565	19,775	18,431
24	0,0068	16,902	18,565	19,419	18,295
25	0,0071	16,619	18,090	19,419	18,043
26	0,0074	16,461	17,745	18,870	17,692
27	0,0076	16,353	17,151	18,559	17,354
28	0,0079	16,212	16,693	18,339	17,081

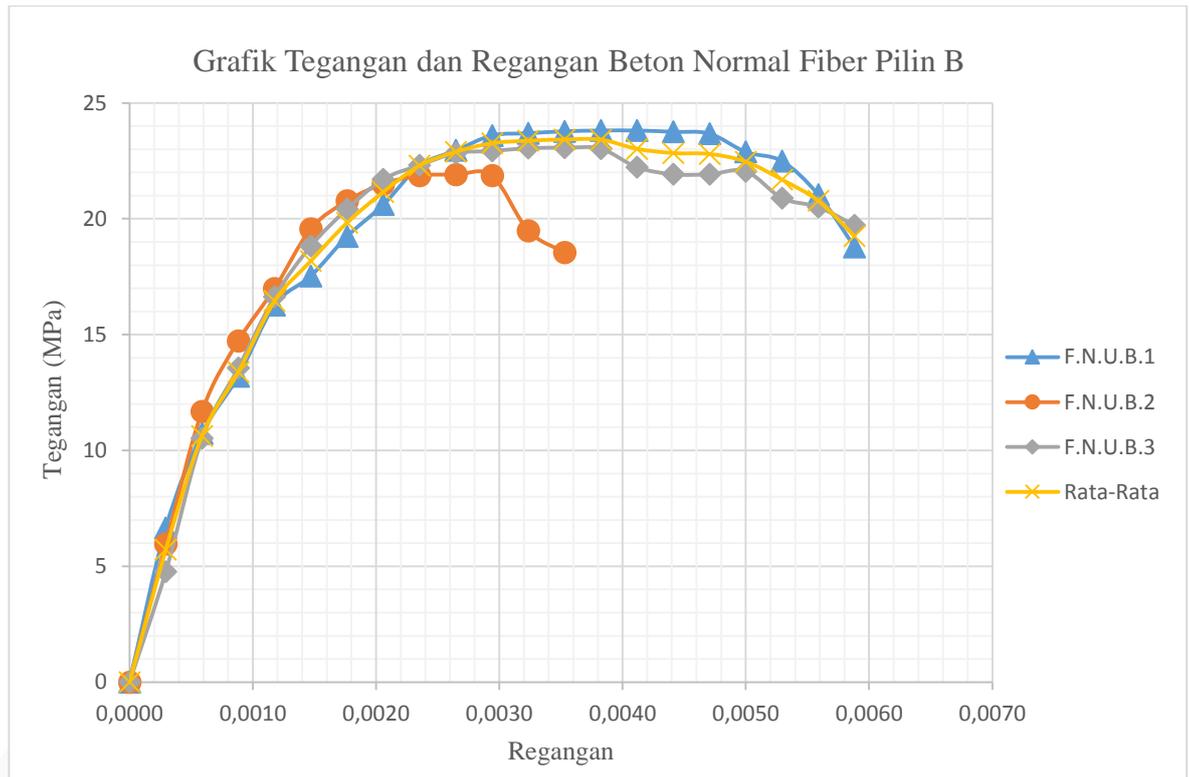


Gambar 4.15 Grafik hubungan antara tegangan dan regangan beton *fiber* pilin A

Dari Gambar 4.15 dapat dilihat kemiringan grafik beton *fiber* pilin A.1 mempunyai sudut kemiringan paling besar dibanding dengan sudut kemiringan grafik beton *fiber* pilin A.2 dan A.3 karena mempunyai sudut kemiringan kurva yang paling besar maka modulus elastisitas dari beton *fiber* pilin A.1 adalah yang terbesar. .

Tabel 4.9Tegangan dan Regangan Beton *Fiber* Pilin B

No	Regangan (ϵ)	Kode Benda Uji			Rata-Rata
		F.N.U.B.1	F.N.U.B.2	F.N.U.B.3	Tegangan
		Tegangan (MPa)	Tegangan (MPa)	Tegangan (MPa)	Tegangan (MPa)
1	0,0000	0,000	0,000	0,000	0,000
2	0,0003	6,658	5,962	4,768	5,713
3	0,0006	10,725	11,686	10,521	10,623
4	0,0009	13,202	14,730	13,559	13,381
5	0,0012	16,268	16,987	16,625	16,446
6	0,0015	17,530	19,560	18,819	18,175
7	0,0018	19,238	20,771	20,415	19,826
8	0,0021	20,607	21,501	21,704	21,156
9	0,0024	22,281	21,863	22,309	22,295
10	0,0026	22,949	21,902	22,830	22,889
11	0,0029	23,594	21,863	22,926	23,260
12	0,0032	23,690	19,487	23,045	23,367
13	0,0035	23,775	18,542	23,067	23,421
14	0,0038	23,808	-	23,022	23,415
15	0,0041	23,808	-	22,225	23,017
16	0,0044	23,752	-	21,919	22,836
17	0,0047	23,673	-	21,919	22,796
18	0,0050	22,881	-	22,049	22,465
19	0,0053	22,485	-	20,890	21,687
20	0,0056	21,037	-	20,505	20,771
21	0,0059	18,780	-	19,713	19,246

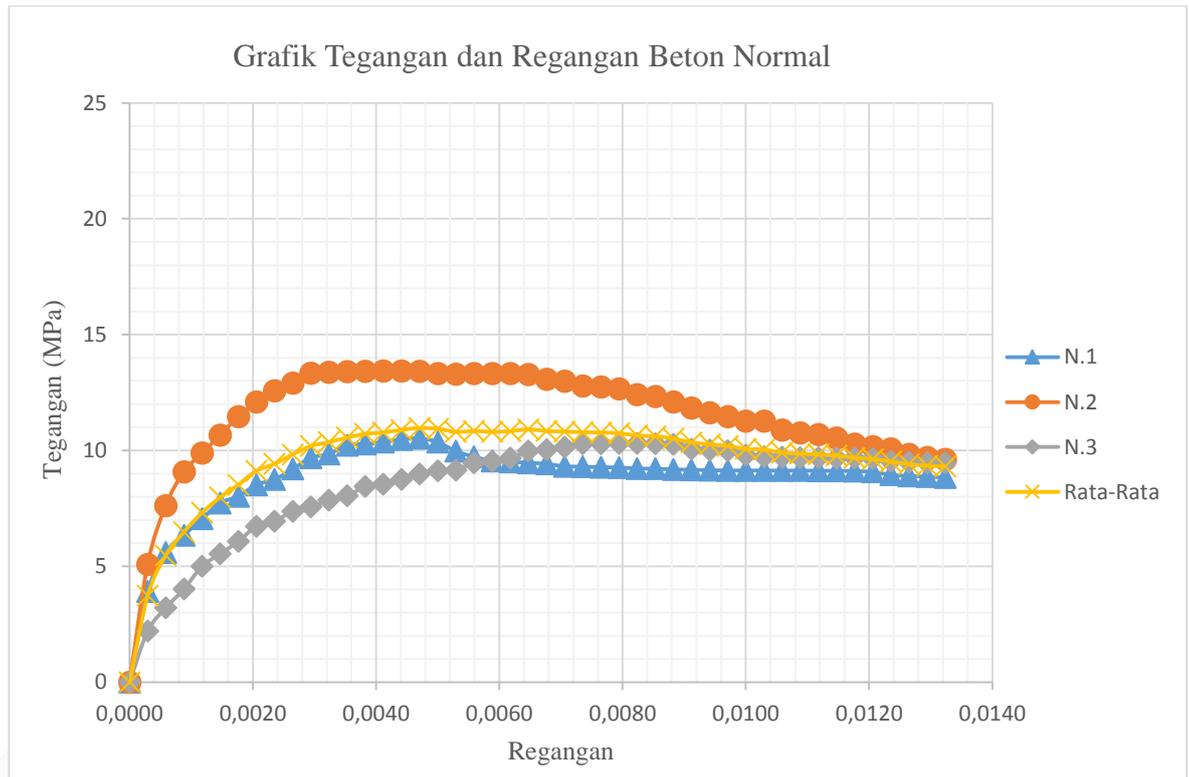


Gambar 4.16 Grafik hubungan antara tegangan dan regangan beton *fiber* pilin B

Dari Gambar 4.16 dapat dilihat kemiringan grafik beton *fiber* pilin B.2 mempunyai sudut kemiringan paling besar dibanding dengan sudut kemiringan grafik beton fiber pilin B.1 dan B.3 karena mempunyai sudut kemiringan kurva yang paling besar maka modulus elastisitas dari beton *fiber* pilin B.1 adalah yang terbesar.

Tabel 4.10
Tegangan dan Regangan Beton Normal

No	Regangan (ϵ)	Kode Benda Uji			Rata-Rata Tegangan (MPa)
		N.1	N.2	N.3	
		Tegangan (MPa)	Tegangan (MPa)	Tegangan (MPa)	
1	0,0000	0,000	0,000	0,000	0,000
2	0,0003	3,903	5,085	2,200	3,730
3	0,0006	5,594	7,619	3,207	5,474
4	0,0009	6,341	9,079	4,016	6,479
5	0,0012	7,054	9,888	5,000	7,314
6	0,0015	7,727	10,663	5,532	7,974
7	0,0018	8,021	11,460	6,075	8,519
8	0,0021	8,519	12,099	6,720	9,113
9	0,0024	8,745	12,575	6,946	9,422
10	0,0026	9,198	12,914	7,371	9,827
11	0,0029	9,678	13,333	7,557	10,189
12	0,0032	9,848	13,372	7,851	10,357
13	0,0035	10,227	13,406	8,038	10,557
14	0,0038	10,278	13,417	8,440	10,712
15	0,0041	10,357	13,434	8,541	10,778
16	0,0044	10,476	13,429	8,751	10,885
17	0,0047	10,521	13,412	8,977	10,970
18	0,0050	10,363	13,316	9,118	10,932
19	0,0053	9,967	13,293	9,147	10,802
20	0,0056	9,729	13,327	9,458	10,838
21	0,0059	9,548	13,321	9,537	10,802
22	0,0062	9,509	13,321	9,667	10,832
23	0,0065	9,469	13,287	9,967	10,908
24	0,0068	9,418	13,078	10,023	10,840
25	0,0071	9,316	12,987	10,137	10,813
26	0,0074	9,299	12,778	10,284	10,787
27	0,0076	9,277	12,744	10,295	10,772
28	0,0079	9,260	12,665	10,306	10,744
29	0,0082	9,220	12,411	10,306	10,646
30	0,0085	9,209	12,331	10,289	10,610
31	0,0088	9,181	12,094	10,267	10,514
32	0,0091	9,164	11,834	10,057	10,352
33	0,0094	9,147	11,624	10,018	10,263
34	0,0097	9,135	11,466	9,989	10,197
35	0,0100	9,135	11,262	9,797	10,065
36	0,0103	9,135	11,262	9,724	10,040
37	0,0106	9,130	10,889	9,707	9,908
38	0,0109	9,130	10,764	9,690	9,861
39	0,0112	9,124	10,685	9,678	9,829
40	0,0115	9,118	10,544	9,673	9,778
41	0,0118	9,107	10,278	9,667	9,684
42	0,0121	9,073	10,165	9,639	9,626
43	0,0124	8,949	10,074	9,531	9,518

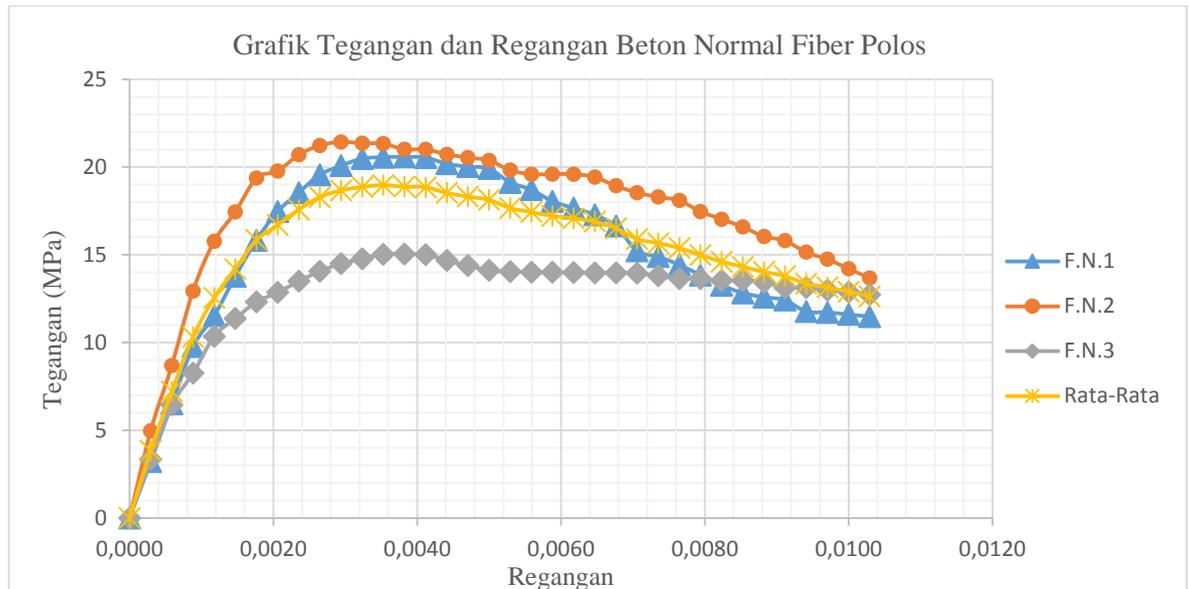


Gambar 4.17 Grafik hubungan antara tegangan dan regangan beton normal tanpa fiber

Dari Gambar 4.17 dapat dilihat kemiringan grafik beton normal N.2 mempunyai sudut kemiringan paling besar dibanding dengan sudut kemiringan grafik beton normal N1 dan N3 karena mempunyai sudut kemiringan kurva yang paling besar maka modulus elastisitas dari beton normal pilin N.2 adalah yang terbesar.

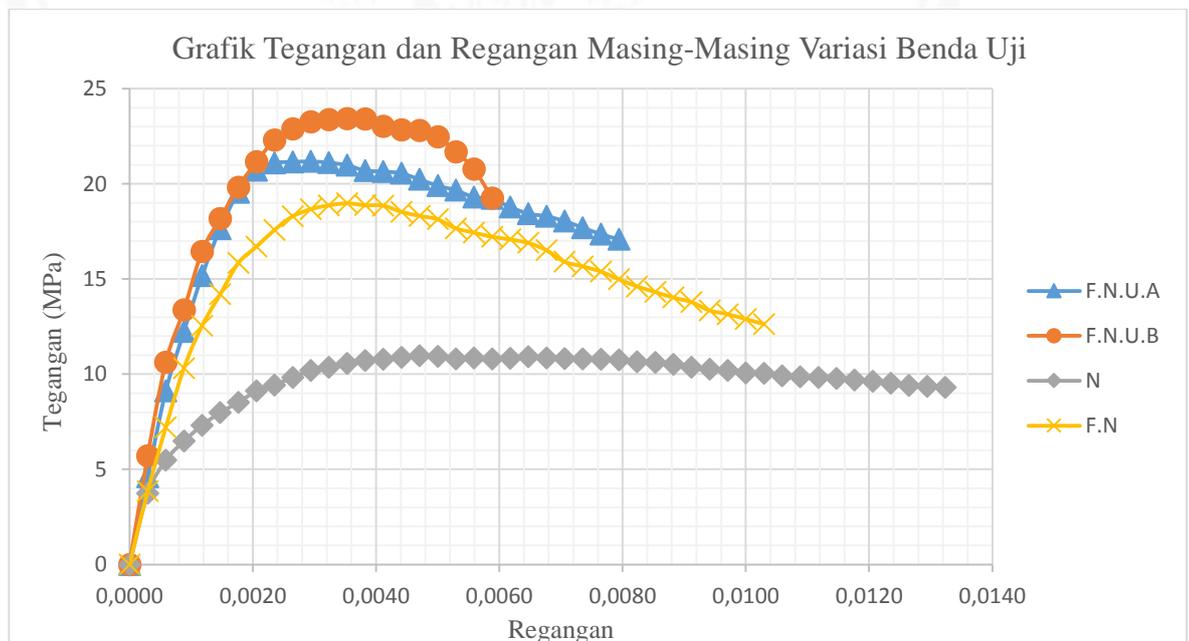
Tabel 4.11
Tegangan dan Regangan Beton *Fiber* Polos

No	Regangan (ϵ)	Kode Benda Uji			Rata-Rata
		F.N.1	F.N.2	F.N.3	
		Tegangan (MPa)	Tegangan (MPa)	Tegangan (MPa)	Tegangan (MPa)
1	0,0000	0,000	0,000	0,000	0,000
2	0,0003	3,213	4,966	3,349	3,843
3	0,0006	6,505	8,694	6,437	7,212
4	0,0009	9,758	12,931	8,247	10,312
5	0,0012	11,522	15,765	10,352	12,546
6	0,0015	13,768	17,439	11,370	14,192
7	0,0018	15,833	19,368	12,309	15,836
8	0,0021	17,462	19,775	12,852	16,696
9	0,0024	18,542	20,697	13,491	17,577
10	0,0026	19,560	21,235	14,068	18,288
11	0,0029	20,075	21,433	14,498	18,669
12	0,0032	20,482	21,354	14,769	18,868
13	0,0035	20,562	21,331	15,029	18,974
14	0,0038	20,579	21,008	15,035	18,874
15	0,0041	20,539	21,008	15,013	18,853
16	0,0044	20,188	20,726	14,673	18,529
17	0,0047	20,024	20,539	14,385	18,316
18	0,0050	19,911	20,381	14,107	18,133
19	0,0053	19,125	19,821	14,040	17,662
20	0,0056	18,718	19,594	14,011	17,441
21	0,0059	18,050	19,594	14,000	17,215
22	0,0062	17,660	19,594	13,983	17,079
23	0,0065	17,275	19,425	13,977	16,892
24	0,0068	16,636	18,933	13,966	16,512
25	0,0071	15,222	18,542	13,949	15,904
26	0,0074	14,894	18,293	13,802	15,663
27	0,0076	14,430	18,095	13,644	15,390
28	0,0079	13,847	17,467	13,644	14,986
29	0,0082	13,265	17,026	13,536	14,609
30	0,0085	12,823	16,591	13,536	14,317
31	0,0088	12,586	16,048	13,446	14,026
32	0,0091	12,416	15,804	13,135	13,785
33	0,0094	11,766	15,143	13,135	13,348
34	0,0097	11,720	14,747	12,982	13,150
35	0,0100	11,596	14,209	12,886	12,897
36	0,0103	11,483	13,678	12,727	12,629



Gambar 4.18 Grafik hubungan antara tegangan dan regangan beton serat polos

Dari Gambar 4.18 dapat dilihat kemiringan grafik beton *fiber* polos F.N.2 mempunyai sudut kemiringan paling besar dibanding dengan sudut kemiringan grafik beton fiber polos F.N.1 dan F.N.3 karena mempunyai sudut kemiringan kurva yang paling besar maka modulus elastisitas dari beton *fiber* polos F.N.2 adalah yang terbesar.



Gambar 4.19 Grafik hubungan antara tegangan dan regangan rata-rata masing-masing variasi benda uji

Dari Gambar 4.19 dapat dilihat bahwa dengan penambahan serat fiber sebesar 10% dari volume dapat meningkatkan modulus elastisitas dari beton tersebut karena memiliki sudut kemiringan yang lebih besar dari pada benda uji beton normal.

1. Perhitungan Modulus Elastisitas Secan

Modulus elastisitas secan adalah kemiringan dari garis lurus kurva tegangan dan regangan dimana nilai tegangan dan regangan yang digunakan untuk memperoleh nilai modulus elastisitas itu bernilai 40% dari tegangan maksimum yang terjadi pada beton tersebut yang dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$E_c = \frac{0.4 \times f_{max}}{\varepsilon} \dots\dots\dots(4 - 3)$$

Dimana :

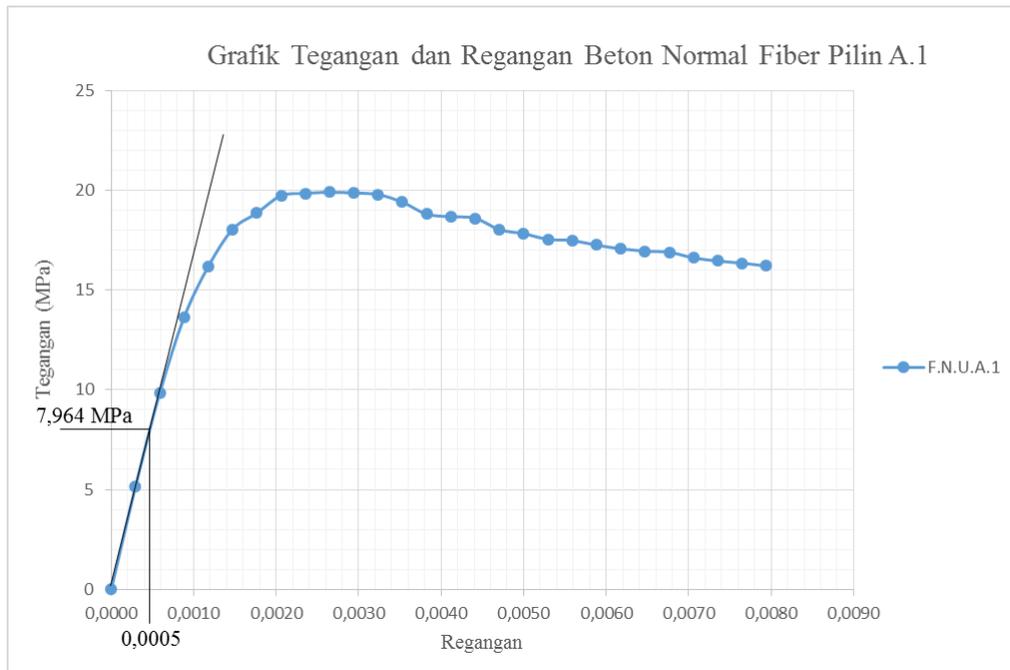
E_c = Modulus Elastisitas Beton (MPa)

f_{max} = tegangan beton maksimum (MPa)

ε = regangan beton pada saat 40% tegangan maksimum

Contoh perhitungan :

- Misal menghitung modulus elastisitas pada benda uji pilin A1
- Pertama bisa dengan cara melihat data pembacaan *extensometer* yang telah dijadikan tegangan regangan kemudian mencari nilai tegangan dan regangan pada 40% tegangan maksimum
- Kemudian cara kedua dengan plot grafik hasil pembacaan data *extensometer* seperti pada gambar 4.20



Gambar 4.20 Grafik hubungan tegangan dan regangan beton *fiber* pilin A.1

- Dari grafik hubungan tegangan dan regangan pada gambar 4.20 didapat nilai maksimum kemudian ditarik garis sejajar 40% dari nilai maksimum, lalu dibuat garis bantu linier yang bersinggungan dengan grafik tersebut sehingga diperoleh batas elastis yang terletak pada tegangan sebesar 7,964 MPa dan regangan sebesar 0,0005
- Menghitung nilai $0,4f_c = 0,4 \times 19,911 = 7,964$ MPa
- Menghitung nilai secan modulus elastisitas:

$$E_c = \frac{5,36}{0,0005} = 11395,152 \text{ MPa}$$

Berikut hasil pengujian secan modulus elastisitas dapat dilihat pada tabel 4.12

Tabel 4.12
Hasil Perhitungan Modulus Elastisitas Secan

No	Kode Benda Uji	Tegangan Maksimum (MPa)	40% Tegangan Maksimum (MPa)	Regangan Saat 40% Tegangan Maksimum	Secan Modulus Elastisitas (MPa)	Modulus Elastisitas Rata-Rata (MPa)
1	N.1	10,521	4,208	0,0004	10220,606	11095,524
2	N.2	13,525	5,410	0,0003	18393,794	
3	N.3	10,306	4,123	0,0009	4672,172	
4	F.N.1	20,584	8,234	0,0008	10767,142	12692,347
5	F.N.2	21,354	8,541	0,0006	14520,404	
6	F.N.3	15,046	6,019	0,0005	12789,495	
7	F.N.U.A.1	19,911	7,964	0,0005	16924,444	15378,736
8	F.N.U.A.2	22,287	8,915	0,0005	16838,967	
9	F.N.U.A.3	21,834	8,734	0,0007	12372,795	
10	F.N.U.B.1	23,758	9,503	0,0005	17950,168	18870,064
11	F.N.U.B.2	21,891	8,756	0,0004	21265,455	
12	F.N.U.B.3	23,022	9,209	0,0005	17394,568	

2. Perhitungan Modulus Elastisitas Tangen Awal

Modulus Elastisitas Tangen Awal merupakan kemiringan dari kurva tegangan dan regangan pada saat awal pembebanan. Adapun perhitungan modulus elastisitas tangen awal dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$E_c = \frac{S_1}{\epsilon_c} \dots\dots\dots(4-4)$$

dimana :

E_c = Modulus elastisitas beton (MPa)

S_1 = Tegangan awal yang terjadi

ϵ_c = Regangan longitudinal akibat Tegangan S_1

Contoh perhitungan :

- Misal menghitung nilai modulus elastisitas pada benda uji beton normal N.1
- $S_1 = 3,903$ MPa
- Kemudian dicari di tabel atau video regangan yang bersesuaian dengan tegangan S_1 yaitu 0,0003
- Menghitung nilai initial tangen modulus elastisitas

$$E_c = \frac{3,903}{0.0003} = 13010,000 \text{ MPa}$$

Berikut hasil pengujian modulus elastisitas tangen dari masing-masing variasi benda uji dapat dilihat pada tabel 4.13

Tabel 4.13
Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Tangen Awal

No	Kode Benda Uji	Tegangan Awal (MPa)	Regangan Awal	Initial Tangen Modulus Elastisitas (MPa)	Modulus Elastisitas Rata-Rata (MPa)
1	N.1	3,903	0,0003	13010,000	12431,111
2	N.2	5,085	0,0003	16950,000	
3	N.3	2,2	0,0003	7333,333	
4	F.N.1	3,213	0,0003	10710,000	12808,889
5	F.N.2	4,966	0,0003	16553,333	
6	F.N.3	3,349	0,0003	11163,333	
7	F.N.U.A.1	5,153	0,0003	17176,667	15328,889
8	F.N.U.A.2	4,723	0,0003	15743,333	
9	F.N.U.A.3	3,92	0,0003	13066,667	
10	F.N.U.B.1	6,658	0,0003	22193,333	19320,000
11	F.N.U.B.2	5,962	0,0003	19873,333	
12	F.N.U.B.3	4,768	0,0003	15893,333	

3. Perhitungan Modulus Elastisitas berdasarkan SK SNI T-15-1991

Perhitungan Modulus Elastisitas Beton menggunakan rumus pada SK SNI – T – 15 – 1991 untuk $1500 \leq W_c \leq 2500 \text{ kg/m}^3$ Rumus yang digunakan

$$E_c = 0.043 \times W_c^{1.5} \times f'_c{}^{0.5} \dots\dots\dots (4 - 5)$$

Sedangkan apabila $W_c = \pm 2300 \text{ kg/m}^3$ maka :

$$E_c = 4700 \times f'_c{}^{0.5} \dots\dots\dots (4 - 6)$$

Keterangan :

E_c = Modulus elastisitas beton (MPa)

W_c = Berat satuan beton (kg/m^3)

f'_c = Kuat Tekan beton silinder (MPa)

Contoh Perhitungan :

Misal menghitung modulus elastisitas benda uji beton normal N.1

Diketahui : $W_c = 2394,613 \text{ kg/m}^3$

$f'_c = 10,521 \text{ MPa}$

$$\begin{aligned} \text{Sehingga : } E_c &= 0,043 \times 2394,613^{1,5} \times 10,521^{0,5} \\ &= 16343,847 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Berikut hasil pengujian modulus elastisitas dengan menggunakan rumus SK SNI T – 15 – 1991 dapat dilihat pada tabel 4.14

Tabel 4.14
Modulus elastisitas menurut SK SNI T – 15 – 1991

No	Kode Benda Uji	Kuat Tekan (MPa)	Berat Isi Beton (kg/m^3)	Modulus Elastisitas (MPa)	Modulus Elastisitas Rata-Rata (MPa)
1	N.1	4,208	2394,613	16343,847	17062,995
2	N.2	5,410	2422,896	18859,784	
3	N.3	4,123	2375,758	15985,353	
4	F.N.1	8,234	2413,468	23131,203	21803,156
5	F.N.2	8,541	2404,040	23421,569	
6	F.N.3	6,019	2338,047	18856,695	
7	F.N.U.A.1	7,964	2366,330	22086,615	23232,787
8	F.N.U.A.2	8,915	2404,040	23927,957	
9	F.N.U.A.3	8,734	2404,040	23683,788	
10	F.N.U.B.1	9,503	2422,896	24996,061	23733,512
11	F.N.U.B.2	8,756	2356,902	23020,393	
12	F.N.U.B.3	9,209	2328,620	23184,081	

4.2.5 Daktilitas

Pembahasan mengenai daktilitas benda uji silinder beton bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan serat fiber dan pembentukan serat fiber yang terbuat dari potongan kaleng alumunium minuman ringan terhadap nilai daktilitas pada benda uji silinder tersebut.

Nilai daktilitas didapatkan dari rumus :

$$\mu_{\Delta} = \frac{\Delta u}{\Delta y} \dots\dots\dots (4-7)$$

Dimana :

μ_{Δ} = Nilai daktilitas

Δu = Deformasi *ultimate* (mm)

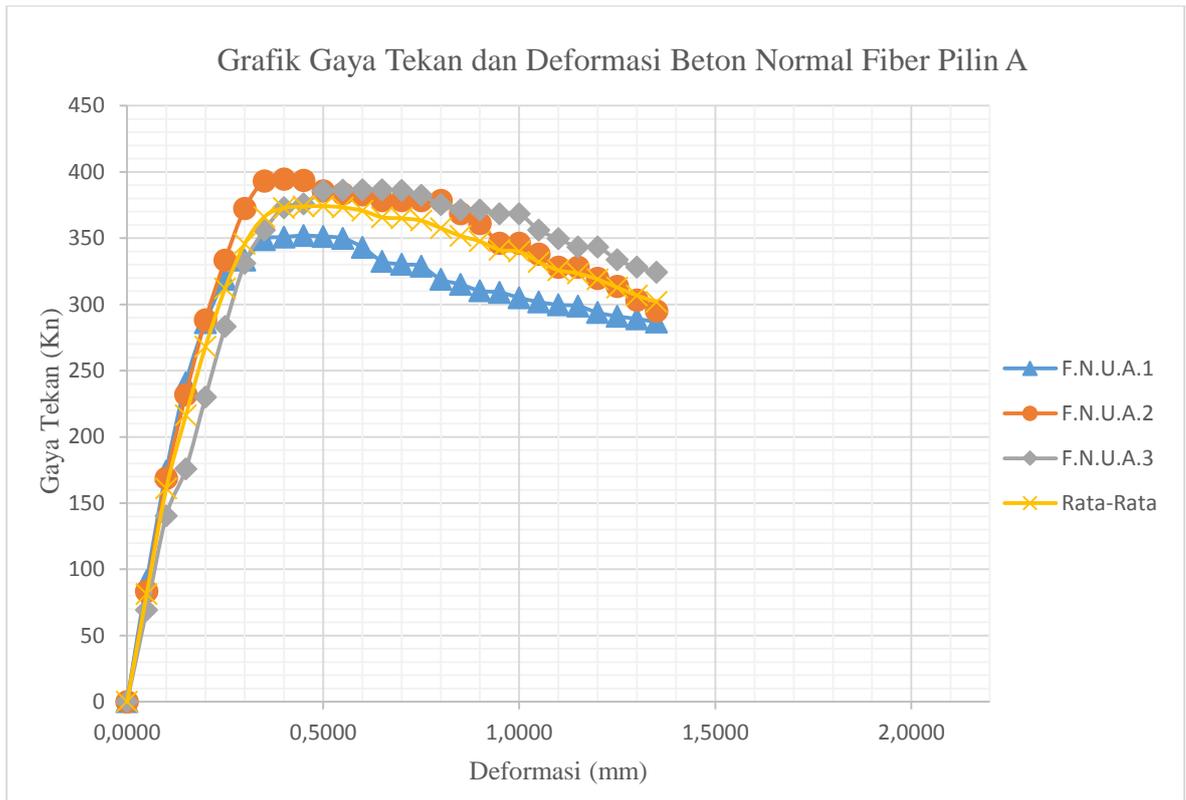
Δy = Deformasi leleh (mm)

Pada analisis data untuk mencari nilai daktilita benda uji silinder beton baik itu beton normal ataupun beton dengan penambahan serat *fiber*, penentuan nilai deformasi ultimate yang digunakan pada analisi ini adalah saat gaya tekan yang di terima oleh penampang benda uji silinder mencapai 85% dari gaya tekan maksimumnya. Penentuan diambilnya deformasi ultimate saat gaya tekan yang diterima oleh penampang beton mencapai 85% dari gaya tekan maksimum didasarkan oleh keterbatasan kemampuan alat yang digunakan untuk mengukur deformasi dari benda uji silnder tersebut. Berikut adalah hasil gaya tekan dengan deformasi yang terjadi pada masing-masing benda uji :

Tabel 4.15

Tabel Gaya Tekan Dan Deformasi Beton Fiber Pilin A

No	Defleksi (mm)	Kode Benda Uji			Rata-Rata Gaya Tekan (Kn)
		F.N.U.A.1	F.N.U.A.2	F.N.U.A.3	
		Gaya Tekan (Kn)	Gaya Tekan (Kn)	Gaya Tekan (Kn)	
1	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000
2	0,05	91,1	83,5	69,3	81,300
3	0,1	174,1	168,9	140,4	161,133
4	0,15	240,9	232	175,9	216,267
5	0,2	286,2	288,4	230	268,200
6	0,25	319,1	333,5	283,2	311,933
7	0,3	333,5	372,4	331	345,633
8	0,35	348,9	393,3	356,1	366,100
9	0,4	350,9	394,7	372,9	372,833
10	0,45	352	393,8	375,8	373,867
11	0,5	351,3	385,7	385,8	374,267
12	0,55	349,9	383,5	386,3	373,233
13	0,6	343,2	382,8	386,4	370,800
14	0,65	332,6	378,5	386,4	365,833
15	0,7	330,3	378,5	386,1	364,967
16	0,75	328,9	378,5	382,4	363,267
17	0,8	318,9	378,5	375,5	357,633
18	0,85	315,2	368,7	371,4	351,767
19	0,9	310,3	361,1	371,4	347,600
20	0,95	309,1	346,2	368,3	341,200
21	1	305,1	346,2	368,3	339,867
22	1,05	301,8	338	356,1	331,967
23	1,1	299,7	328,2	349,6	325,833
24	1,15	298,8	328,2	343,3	323,433
25	1,2	293,8	319,8	343,3	318,967
26	1,25	291	313,7	333,6	312,767
27	1,3	289,1	303,2	328,1	306,800
28	1,35	286,6	295,1	324,2	301,967



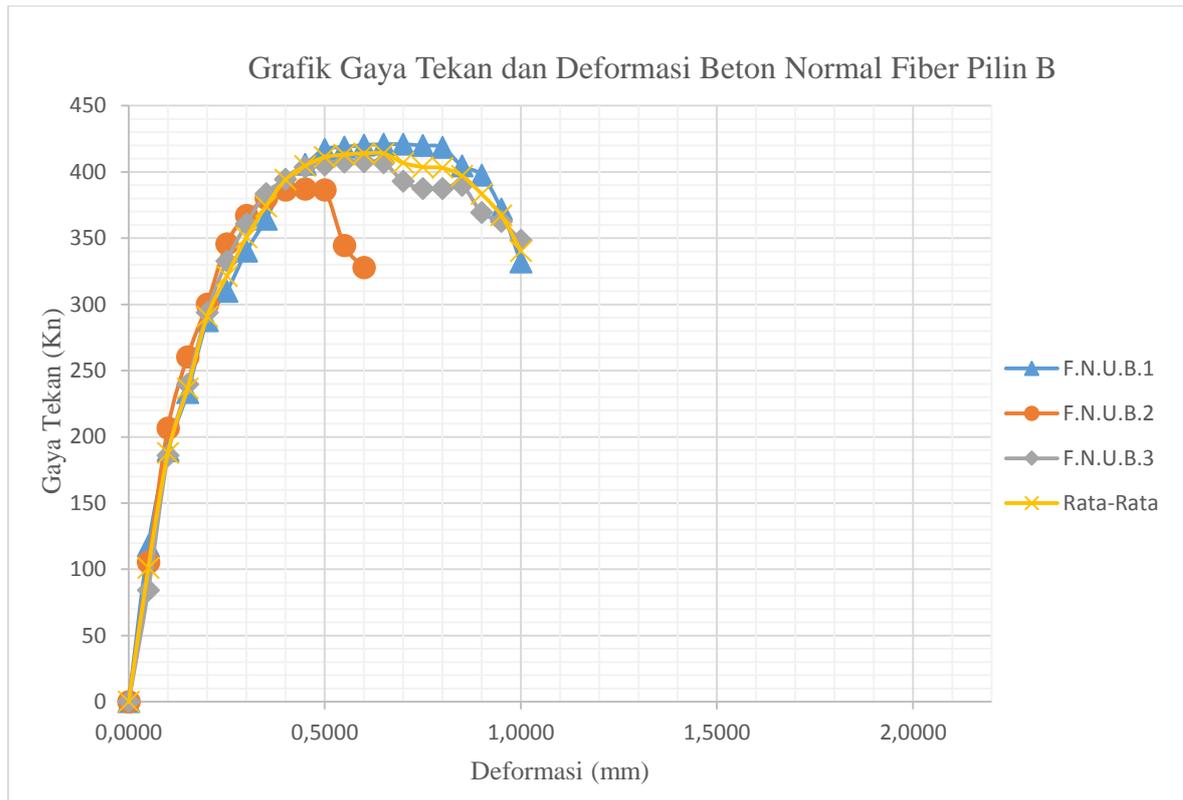
Gambar 4.21 Grafik gaya tekan dan deformasi beton fiber pilin A dari masing-masing beda uji

Dapat dilihat pada grafik gambar 4.21 hubungan gaya dan deformasi pada beton normal *fiber* pilin A dimana pengujian dihentikan setelah penurunan gaya setelah 85% dari beban maksimum.

Tabel 4.16

Tabel Gaya Tekan Dan Deformasi Beton Fiber Pilin B

No	Defleksi (mm)	Kode Benda Uji			Rata-Rata Gaya Tekan (Kn)
		F.N.U.B.1	F.N.U.B.2	F.N.U.B.3	
		Gaya Tekan (Kn)	Gaya Tekan (Kn)	Gaya Tekan (Kn)	
1	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000
2	0,05	117,7	105,4	84,3	101,000
3	0,1	189,6	206,6	186	187,800
4	0,15	233,4	260,4	239,7	236,550
5	0,2	287,6	300,3	293,9	290,750
6	0,25	309,9	345,8	332,7	321,300
7	0,3	340,1	367,2	360,9	350,500
8	0,35	364,3	380,1	383,7	374,000
9	0,4	393,9	386,5	394,4	394,150
10	0,45	405,7	387,2	403,6	404,650
11	0,5	417,1	386,5	405,3	411,200
12	0,55	418,8	344,5	407,4	413,100
13	0,6	420,3	327,8	407,8	414,050
14	0,65	420,9	-	407	413,950
15	0,7	420,9	-	392,9	406,900
16	0,75	419,9	-	387,5	403,700
17	0,8	418,5	-	387,5	403,000
18	0,85	404,5	-	389,8	397,150
19	0,9	397,5	-	369,3	383,400
20	0,95	371,9	-	362,5	367,200
21	1	332	-	348,5	340,250



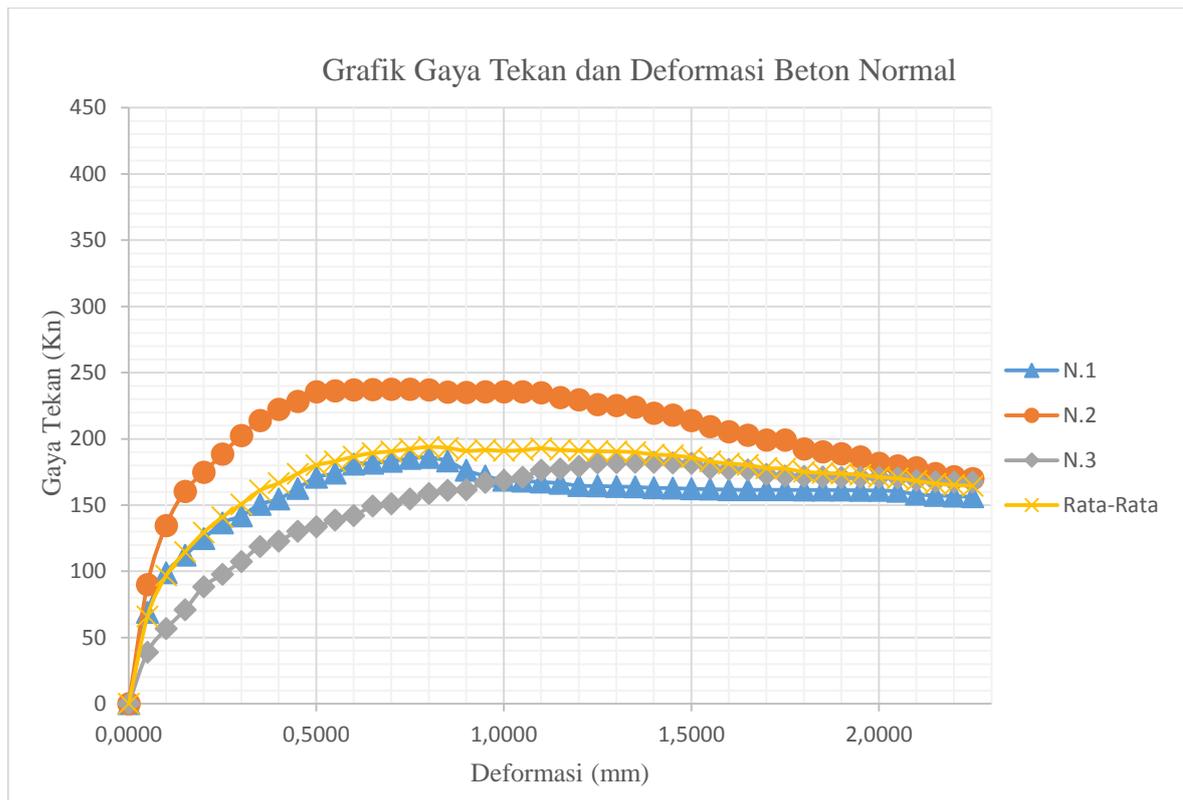
Gambar 4.22 Grafik gaya tekan dan deformasi beton fiber pilin B dari masing-masing beda uji

Dapat dilihat pada grafik gambar 4.22 hubungan gaya dan deformasi pada beton normal *fiber* pilin A dimana pengujian dihentikan setelah penurunan gaya setelah 85% dari beban maksimum.

Pada saat proses pengujian beton *fiber* pilin B.2 terjadi kegagalan dimana alat yang digunakan untuk mengukur deformasi benda uji terlepas sehingga pembacaan deformasi terhenti. Sehingga data yang diperoleh dari pengujian beton fiber pilin B.2 tidak digunakan untuk perhitungan daktilitas.

Tabel 4.17
Tabel Gaya Tekan Dan Deformasi Beton Normal

No	Defleksi (mm)	Kode Benda Uji			Rata-Rata Gaya Tekan (Kn)
		N.1	N.2	N.3	
		Gaya Tekan (Kn)	Gaya Tekan (Kn)	Gaya Tekan (Kn)	
1	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000
2	0,05	69	89,9	38,9	65,933
3	0,1	98,9	134,7	56,7	96,767
4	0,15	112,1	160,5	71	114,533
5	0,2	124,7	174,8	88,4	129,300
6	0,25	136,6	188,5	97,8	140,967
7	0,3	141,8	202,6	107,4	150,600
8	0,35	150,6	213,9	118,8	161,100
9	0,4	154,6	222,3	122,8	166,567
10	0,45	162,6	228,3	130,3	173,733
11	0,5	171,1	235,7	133,6	180,133
12	0,55	174,1	236,4	138,8	183,100
13	0,6	180,8	237	142,1	186,633
14	0,65	181,7	237,2	149,2	189,367
15	0,7	183,1	237,5	151	190,533
16	0,75	185,2	237,4	154,7	192,433
17	0,8	186	237,1	158,7	193,933
18	0,85	183,2	235,4	161,2	193,267
19	0,9	176,2	235	161,7	190,967
20	0,95	172	235,6	167,2	191,600
21	1	168,8	235,5	168,6	190,967
22	1,05	168,1	235,5	170,9	191,500
23	1,1	167,4	234,9	176,2	192,833
24	1,15	166,5	231,2	177,2	191,633
25	1,2	164,7	229,6	179,2	191,167
26	1,25	164,4	225,9	181,8	190,700
27	1,3	164	225,3	182	190,433
28	1,35	163,7	223,9	182,2	189,933
29	1,4	163	219,4	182,2	188,200
30	1,45	162,8	218	181,9	187,567
31	1,5	162,3	213,8	181,5	185,867
32	1,55	162	209,2	177,8	183,000
33	1,6	161,7	205,5	177,1	181,433
34	1,65	161,5	202,7	176,6	180,267
35	1,7	161,5	199,1	173,2	177,933
36	1,75	161,5	199,1	171,9	177,500
37	1,8	161,4	192,5	171,6	175,167
38	1,85	161,4	190,3	171,3	174,333
39	1,9	161,3	188,9	171,1	173,767
40	1,95	161,2	186,4	171	172,867
41	2	161	181,7	170,9	171,200
42	2,05	160,4	179,7	170,4	170,167
43	2,1	158,2	178,1	168,5	168,267
44	2,15	157,3	173,8	167,7	166,267

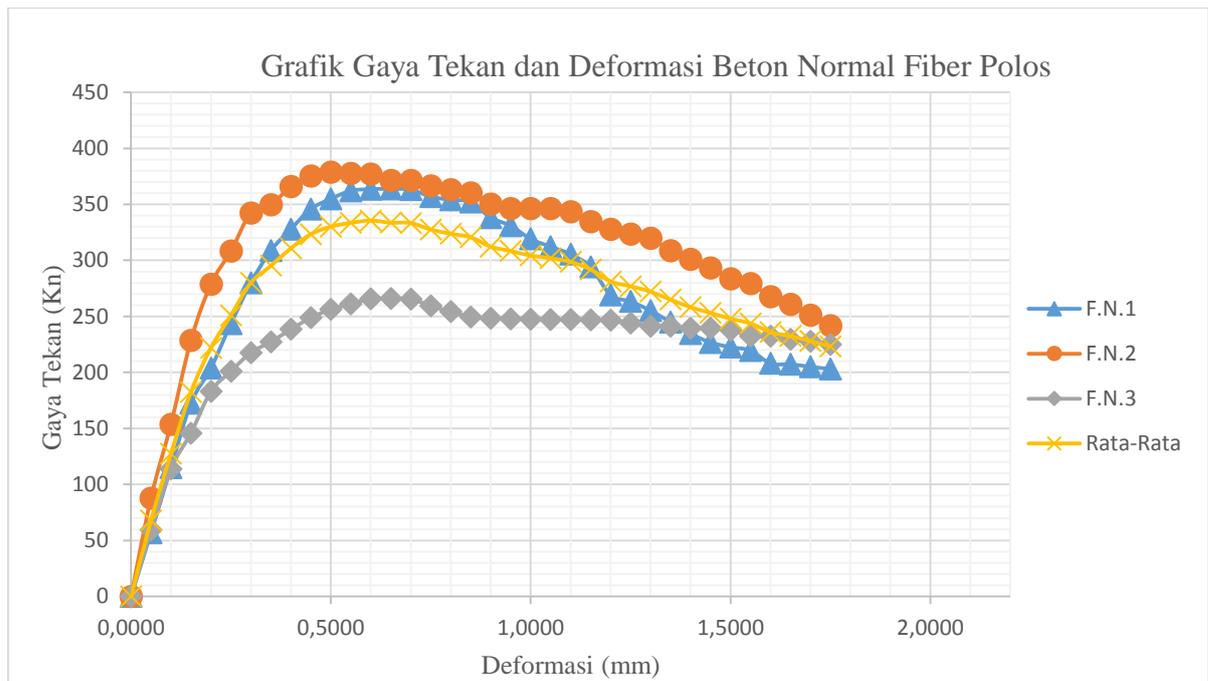


Gambar 4.23 Grafik gaya tekan dan deformasi beton normal dari masing-masing beda uji

Dapat dilihat pada grafik gambar 4.23 hubungan gaya dan deformasi pada beton normal *fiber* pilin A dimana pengujian dihentikan setelah penurunan gaya setelah 85% dari beban maksimum.

Tabel 4.18Tabel Gaya Tekan Dan Deformasi Beton *Fiber* Polos

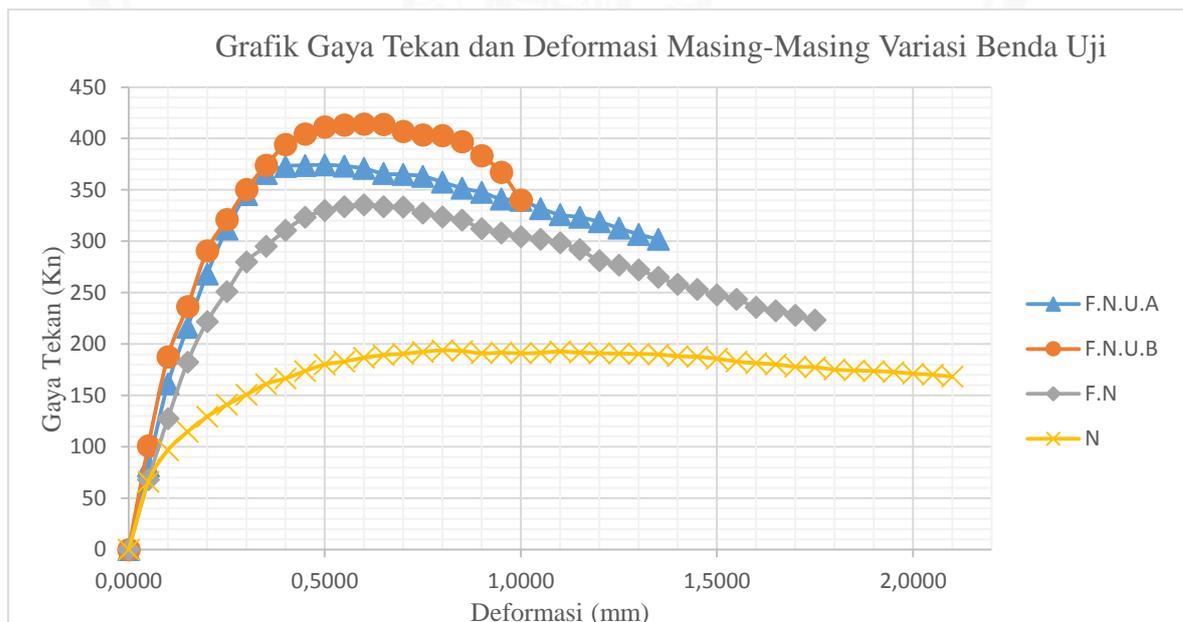
No	Defleksi (mm)	Kode Benda Uji			Rata-Rata
		F.N.1	F.N.2	F.N.3	
		Gaya Tekan (Kn)	Gaya Tekan (Kn)	Gaya Tekan (Kn)	Gaya Tekan (Kn)
1	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000
2	0,05	56,8	87,8	59,2	67,933
3	0,1	115	153,7	113,8	127,500
4	0,15	172,5	228,6	145,8	182,300
5	0,2	203,7	278,7	183	221,800
6	0,25	243,4	308,3	201	250,900
7	0,3	279,9	342,4	217,6	279,967
8	0,35	308,7	349,6	227,2	295,167
9	0,4	327,8	365,9	238,5	310,733
10	0,45	345,8	375,4	248,7	323,300
11	0,5	354,9	378,9	256,3	330,033
12	0,55	362,1	377,5	261,1	333,567
13	0,6	363,5	377,1	265,7	335,433
14	0,65	363,8	371,4	265,8	333,667
15	0,7	363,1	371,4	265,4	333,300
16	0,75	356,9	366,4	259,4	327,567
17	0,8	354	363,1	254,3	323,800
18	0,85	352	360,3	249,4	320,567
19	0,9	338,1	350,4	248,2	312,233
20	0,95	330,9	346,4	247,7	308,333
21	1	319,1	346,4	247,5	304,333
22	1,05	312,2	346,4	247,2	301,933
23	1,1	305,4	343,4	247,1	298,633
24	1,15	294,1	334,7	246,9	291,900
25	1,2	269,1	327,8	246,6	281,167
26	1,25	263,3	323,4	244	276,900
27	1,3	255,1	319,9	241,2	272,067
28	1,35	244,8	308,8	241,2	264,933
29	1,4	234,5	301	239,3	258,267
30	1,45	226,7	293,3	239,3	253,100
31	1,5	222,5	283,7	237,7	247,967
32	1,55	219,5	279,4	232,2	243,700
33	1,6	208	267,7	232,2	235,967
34	1,65	207,2	260,7	229,5	232,467
35	1,7	205	251,2	227,8	228,000
36	1,75	203	241,8	225	223,267



Gambar 4.24 Grafik gaya tekan dan deformasi beton *fiber* polos dari masing-masing beda uji

Dapat dilihat pada grafik gambar 4.24 hubungan gaya dan deformasi pada beton normal *fiber* pilin A dimana pengujian dihentikan setelah penurunan gaya setelah 85% dari beban maksimum.

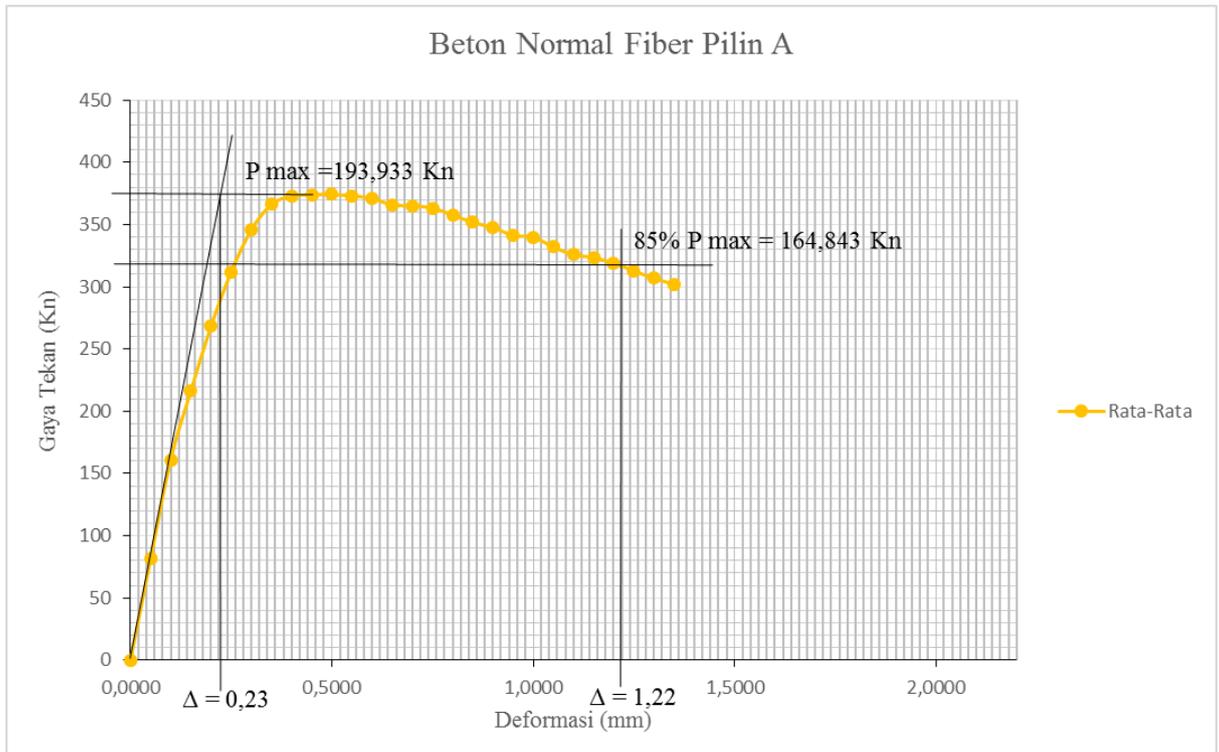
Berikut ini merupakan grafik gabungan rata-rata dari beton normal dan beton serat beserta variasinya



Gambar 4.25 Grafik gabungan rata-rata gaya tekan dan deformasi beton normal dan beton serat beserta variasinya

Pada gambar 4.25 grafik gabungan rata-rata beton normal, serat pilin A, serat pilin B, dan serat polos didapatkan bahwa dengan menambahkan serat ke dalam campuran beton akan meningkatkan kekuatan beton tersebut tetapi juga mengurangi nilai daktilitas dari beton tersebut yang terlihat dari batas terhetinya grafik tersebut.

Contoh perhitungan daktilitas pada benda uji beton fiber pilin A :



Gambar 4.26 Grafik proses perhitungan daktilitas beton *fiber pilin A*

Diketahui :

$$P_{max} = 374,267 \text{ kN}$$

$$85\% P_{max} = 85\% \times 374,267 = 318,127 \text{ kN}$$

$$\Delta u = 1,22 \text{ mm}$$

$$\Delta y = 0,23 \text{ mm}$$

Ditanya : μ_{Δ} ?

Jawab :

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

$$\mu_{\Delta} = \frac{1,22 \text{ mm}}{0,23 \text{ mm}}$$

$$\mu_{\Delta} = 5,304$$

Pada tabel 4.19 didapat hasil daktilitas rata rata pada masing masing benda uji dimana daktilitas terbesar didapat dari variasi beton normal sebesar 15,00 sedangkan daktilitas paling kecil terjadi pada beton *fiber* pilin B sebesar 4,455. Dari hasil tersebut dapat dikatakan bahwa penambahan serat fiber terhadap beton tidak mempengaruhi daktilitas dari beton tersebut dimana perilaku dari beton tersebut masih sama dengan beton yang ada pada umumnya dimana saat mutu beton semakin tinggi maka nilai daktilitas yang diperoleh akan semakin kecil. Berikut ini adalah nilai daktilitas masing masing benda uji :

Tabel 4.19

Hasil Pengujian Daktilitas Benda Uji Silinder Beton Normal dan Beton *Fiber*

No	Kode Benda Uji	Gaya Tekan Maksimum (kN)	85% Gaya Tekan Maksimum (kN)	Deformasi Saat 85% Gaya Tekan Maksimum (mm)	Δy (mm)	Daktilitas Saat 85% Gaya Maksimum
1	N	193,933	164,843	2,25	0,15	15,000
2	F.N	335,433	285,118	1,18	0,24	4,917
3	F.N.U.A	374,267	318,127	1,22	0,23	5,304
4	F.N.U.B	414,050	351,943	0,98	0,22	4,455

4.2.6 Kekakuan

Dalam penelitian ini hasil dari gaya tekan dan deformasi akan dapat diperoleh nilai kekakuan. Nilai kekakuan merupakan kemiringan dari garis kurva hubungan antara beban dan deformasi.

Nilai kekakuan didapatkan dari rumus :

$$k = \frac{P}{\Delta} \dots \dots \dots (4 - 8)$$

Dimana :

k = Kekakuan Struktur (kN/mm)

P = Gaya Tekan (kN)

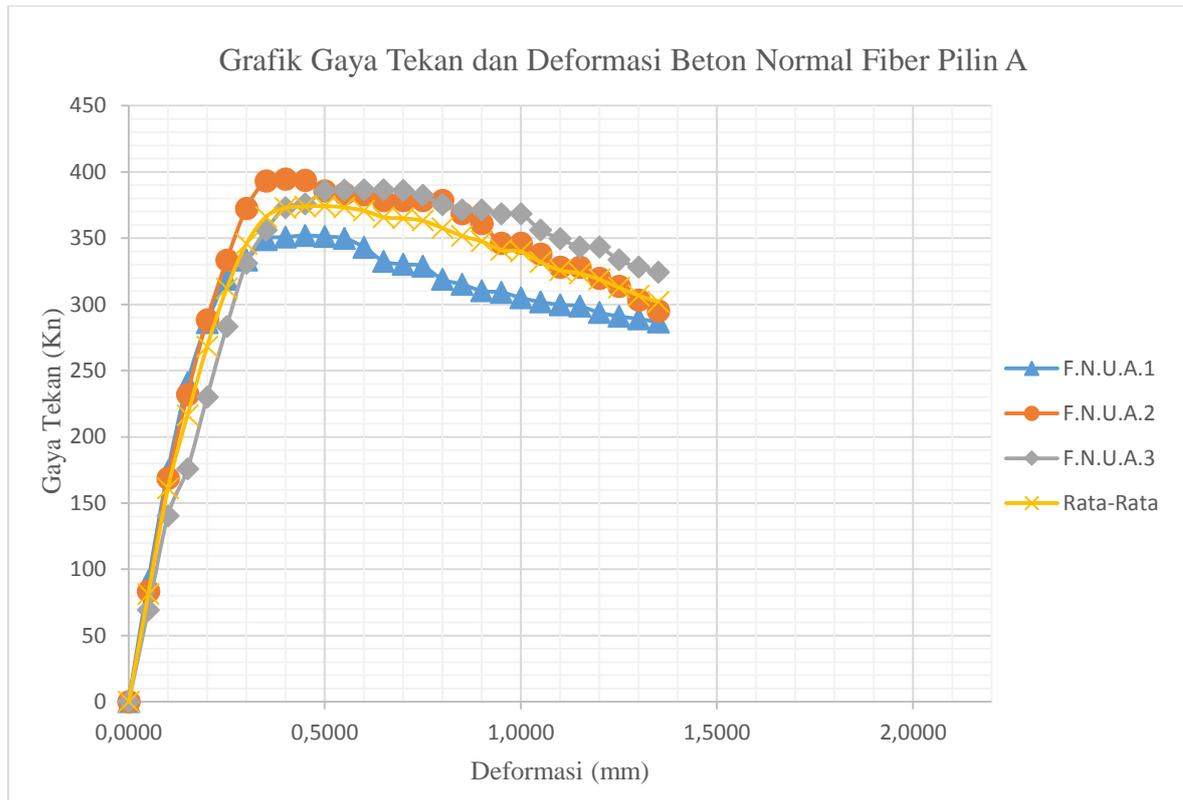
Δ = Deformasi (mm)

Pada analisis data untuk memperoleh nilai kekakuan seluruh benda uji menggunakan metode yang dilakukan oleh Park (1988) yakni, untuk nilai gaya tekan diambil dari 75% beban maksimum dan nilai deformasi diambil dari nilai deformasi pada saat nilai gaya

tekan yang didapat 75% beban maksimum. Berikut adalah hasil gaya tekan dengan deformasi yang terjadi pada masing-masing benda uji :

Tabel 4.20Tabel Gaya Tekan Dan Deformasi Beton *Fiber Pilin A*

No	Defleksi (mm)	Kode Benda Uji			Rata-Rata
		F.N.U.A.1	F.N.U.A.2	F.N.U.A.3	
		Gaya Tekan (Kn)	Gaya Tekan (Kn)	Gaya Tekan (Kn)	Gaya Tekan (Kn)
1	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000
2	0,05	91,1	83,5	69,3	81,300
3	0,1	174,1	168,9	140,4	161,133
4	0,15	240,9	232	175,9	216,267
5	0,2	286,2	288,4	230	268,200
6	0,25	319,1	333,5	283,2	311,933
7	0,3	333,5	372,4	331	345,633
8	0,35	348,9	393,3	356,1	366,100
9	0,4	350,9	394,7	372,9	372,833
10	0,45	352	393,8	375,8	373,867
11	0,5	351,3	385,7	385,8	374,267
12	0,55	349,9	383,5	386,3	373,233
13	0,6	343,2	382,8	386,4	370,800
14	0,65	332,6	378,5	386,4	365,833
15	0,7	330,3	378,5	386,1	364,967
16	0,75	328,9	378,5	382,4	363,267
17	0,8	318,9	378,5	375,5	357,633
18	0,85	315,2	368,7	371,4	351,767
19	0,9	310,3	361,1	371,4	347,600
20	0,95	309,1	346,2	368,3	341,200
21	1	305,1	346,2	368,3	339,867
22	1,05	301,8	338	356,1	331,967
23	1,1	299,7	328,2	349,6	325,833
24	1,15	298,8	328,2	343,3	323,433
25	1,2	293,8	319,8	343,3	318,967
26	1,25	291	313,7	333,6	312,767
27	1,3	289,1	303,2	328,1	306,800
28	1,35	286,6	295,1	324,2	301,967

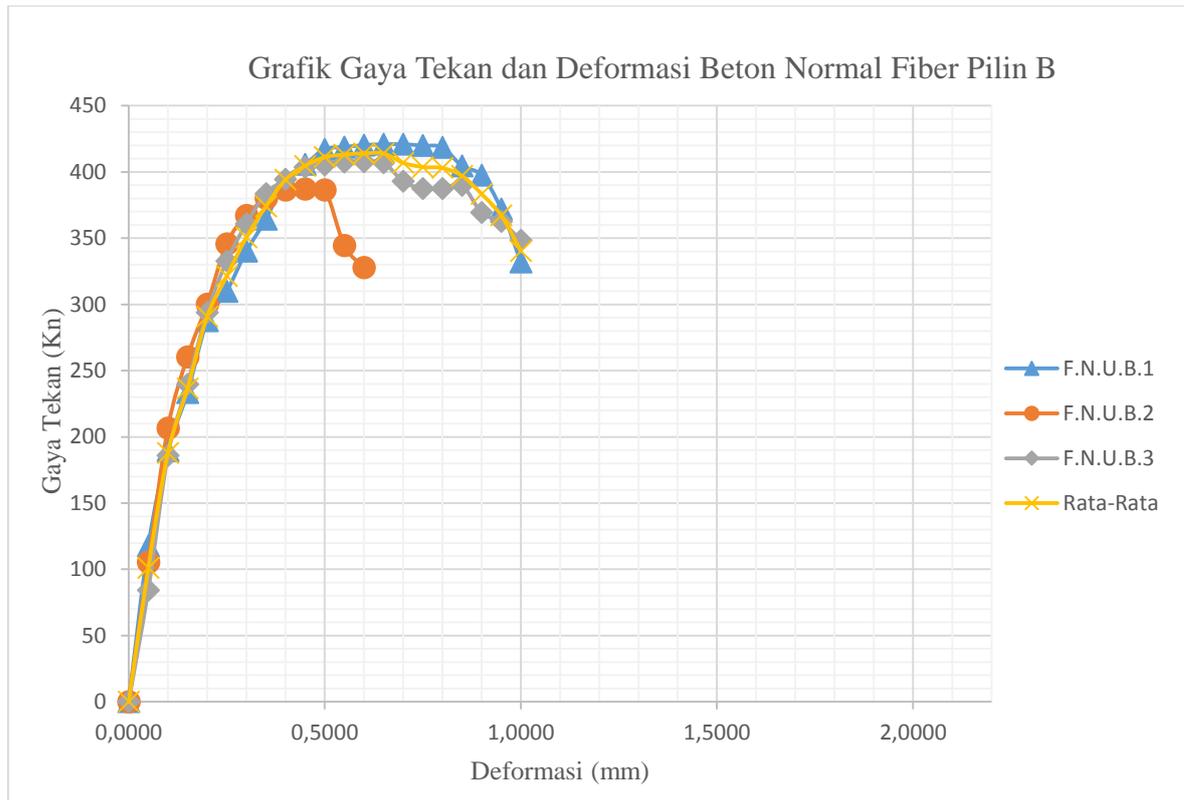


Gambar 4.27 Grafik gaya tekan dan deformasi beton fiber pilin A dari masing-masing beda uji

Dapat dilihat pada gambar 4.27 grafik hubungan gaya dan deformasi pada beton normal *fiber* pilin A dimana pengujian dihentikan setelah penurunan gaya setelah 85% dari beban maksimum

Tabel 4.21Tabel Gaya Tekan Dan Deformasi Beton *Fiber* pilin B

No	Defleksi (mm)	Kode Benda Uji			Rata-Rata Gaya Tekan (Kn)
		F.N.U.B.1	F.N.U.B.2	F.N.U.B.3	
		Gaya Tekan (Kn)	Gaya Tekan (Kn)	Gaya Tekan (Kn)	
1	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000
2	0,05	117,7	105,4	84,3	101,000
3	0,1	189,6	206,6	186	187,800
4	0,15	233,4	260,4	239,7	236,550
5	0,2	287,6	300,3	293,9	290,750
6	0,25	309,9	345,8	332,7	321,300
7	0,3	340,1	367,2	360,9	350,500
8	0,35	364,3	380,1	383,7	374,000
9	0,4	393,9	386,5	394,4	394,150
10	0,45	405,7	387,2	403,6	404,650
11	0,5	417,1	386,5	405,3	411,200
12	0,55	418,8	344,5	407,4	413,100
13	0,6	420,3	327,8	407,8	414,050
14	0,65	420,9	-	407	413,950
15	0,7	420,9	-	392,9	406,900
16	0,75	419,9	-	387,5	403,700
17	0,8	418,5	-	387,5	403,000
18	0,85	404,5	-	389,8	397,150
19	0,9	397,5	-	369,3	383,400
20	0,95	371,9	-	362,5	367,200
21	1	332	-	348,5	340,250



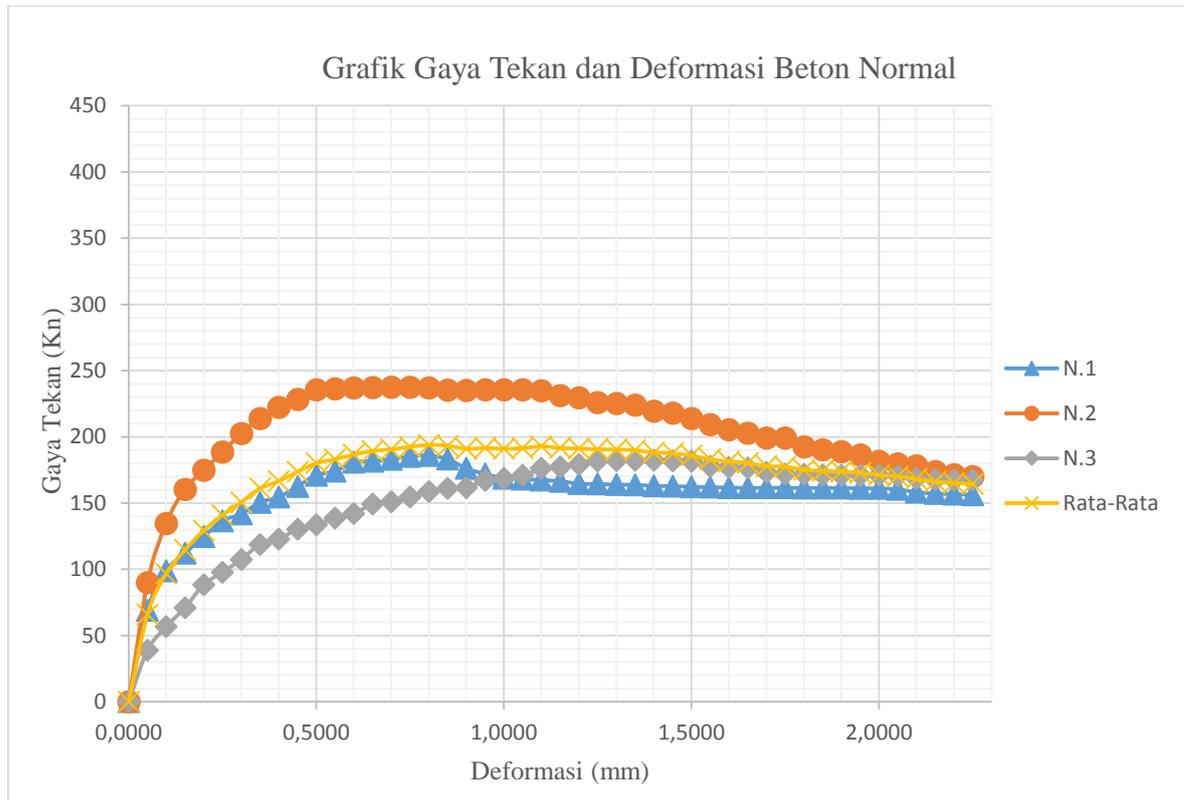
Gambar 4.28 Grafik gaya tekan dan deformasi beton *fiber* pilin B dari masing-masing beda uji

Dapat dilihat pada grafik gambar 4.28 hubungan gaya dan deformasi pada beton normal *fiber* pilin B dimana pengujian dihentikan setelah penurunan gaya setelah 85% dari beban maksimum.

Tabel 4.22

Tabel Gaya Tekan Dan Deformasi Beton Normal

No	Defleksi (mm)	Kode Benda Uji			Rata-Rata Gaya Tekan (Kn)
		N.1	N.2	N.3	
		Gaya Tekan (Kn)	Gaya Tekan (Kn)	Gaya Tekan (Kn)	
1	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000
2	0,05	69	89,9	38,9	65,933
3	0,1	98,9	134,7	56,7	96,767
4	0,15	112,1	160,5	71	114,533
5	0,2	124,7	174,8	88,4	129,300
6	0,25	136,6	188,5	97,8	140,967
7	0,3	141,8	202,6	107,4	150,600
8	0,35	150,6	213,9	118,8	161,100
9	0,4	154,6	222,3	122,8	166,567
10	0,45	162,6	228,3	130,3	173,733
11	0,5	171,1	235,7	133,6	180,133
12	0,55	174,1	236,4	138,8	183,100
13	0,6	180,8	237	142,1	186,633
14	0,65	181,7	237,2	149,2	189,367
15	0,7	183,1	237,5	151	190,533
16	0,75	185,2	237,4	154,7	192,433
17	0,8	186	237,1	158,7	193,933
18	0,85	183,2	235,4	161,2	193,267
19	0,9	176,2	235	161,7	190,967
20	0,95	172	235,6	167,2	191,600
21	1	168,8	235,5	168,6	190,967
22	1,05	168,1	235,5	170,9	191,500
23	1,1	167,4	234,9	176,2	192,833
24	1,15	166,5	231,2	177,2	191,633
25	1,2	164,7	229,6	179,2	191,167
26	1,25	164,4	225,9	181,8	190,700
27	1,3	164	225,3	182	190,433
28	1,35	163,7	223,9	182,2	189,933
29	1,4	163	219,4	182,2	188,200
30	1,45	162,8	218	181,9	187,567
31	1,5	162,3	213,8	181,5	185,867
32	1,55	162	209,2	177,8	183,000
33	1,6	161,7	205,5	177,1	181,433
34	1,65	161,5	202,7	176,6	180,267
35	1,7	161,5	199,1	173,2	177,933
36	1,75	161,5	199,1	171,9	177,500
37	1,8	161,4	192,5	171,6	175,167
38	1,85	161,4	190,3	171,3	174,333
39	1,9	161,3	188,9	171,1	173,767
40	1,95	161,2	186,4	171	172,867
41	2	161	181,7	170,9	171,200
42	2,05	160,4	179,7	170,4	170,167
43	2,1	158,2	178,1	168,5	168,267
44	2,15	157,3	173,8	167,7	166,267

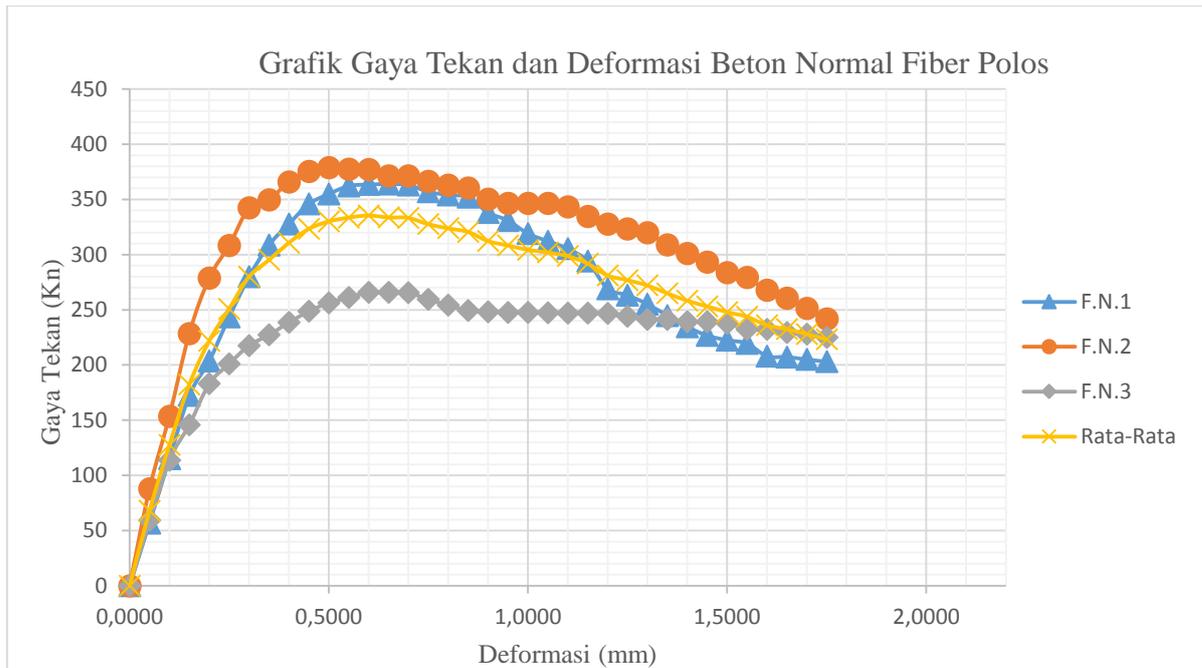


Gambar 4.29 Grafik gaya tekan dan deformasi beton normal dari masing-masing beda uji

Dapat dilihat pada grafik gambar 4.29 hubungan gaya dan deformasi pada beton normal dimana pengujian dihentikan setelah penurunan gaya setelah 85% dari beban maksimum.

Tabel 4.23Tabel Gaya Tekan Dan Deformasi Beton *Fiber* Polos

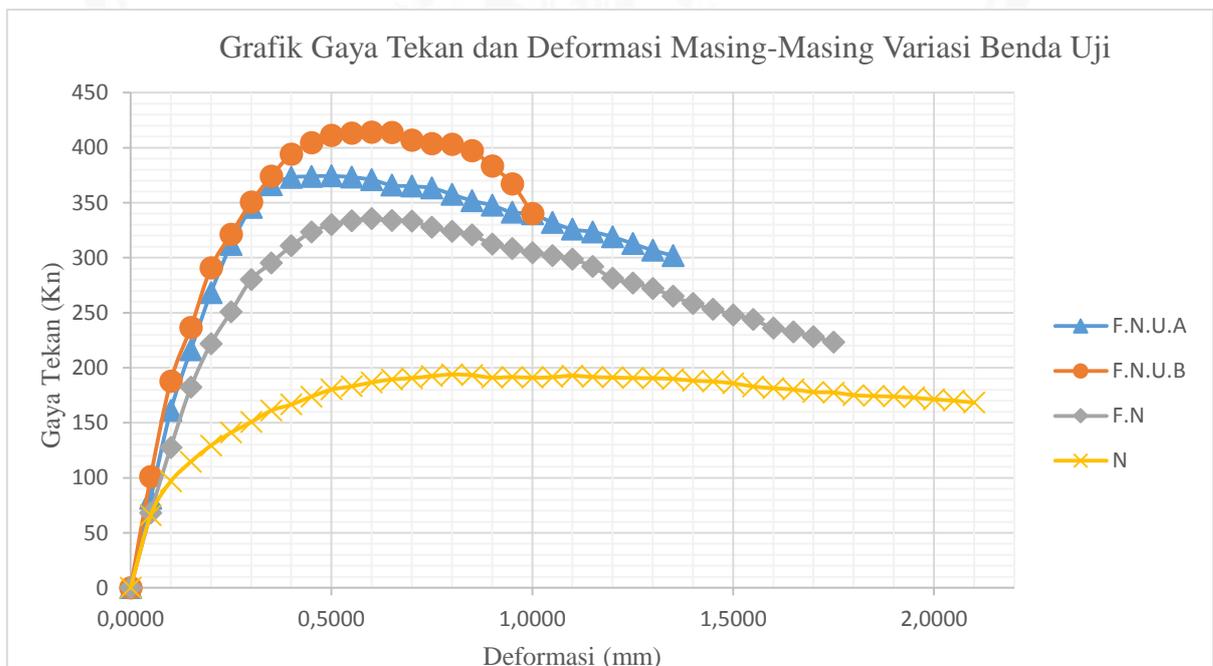
No	Defleksi (mm)	Kode Benda Uji			Rata-Rata
		F.N.1	F.N.2	F.N.3	Gaya Tekan
		Gaya Tekan (Kn)	Gaya Tekan (Kn)	Gaya Tekan (Kn)	Gaya Tekan (Kn)
1	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000
2	0,05	56,8	87,8	59,2	67,933
3	0,1	115	153,7	113,8	127,500
4	0,15	172,5	228,6	145,8	182,300
5	0,2	203,7	278,7	183	221,800
6	0,25	243,4	308,3	201	250,900
7	0,3	279,9	342,4	217,6	279,967
8	0,35	308,7	349,6	227,2	295,167
9	0,4	327,8	365,9	238,5	310,733
10	0,45	345,8	375,4	248,7	323,300
11	0,5	354,9	378,9	256,3	330,033
12	0,55	362,1	377,5	261,1	333,567
13	0,6	363,5	377,1	265,7	335,433
14	0,65	363,8	371,4	265,8	333,667
15	0,7	363,1	371,4	265,4	333,300
16	0,75	356,9	366,4	259,4	327,567
17	0,8	354	363,1	254,3	323,800
18	0,85	352	360,3	249,4	320,567
19	0,9	338,1	350,4	248,2	312,233
20	0,95	330,9	346,4	247,7	308,333
21	1	319,1	346,4	247,5	304,333
22	1,05	312,2	346,4	247,2	301,933
23	1,1	305,4	343,4	247,1	298,633
24	1,15	294,1	334,7	246,9	291,900
25	1,2	269,1	327,8	246,6	281,167
26	1,25	263,3	323,4	244	276,900
27	1,3	255,1	319,9	241,2	272,067
28	1,35	244,8	308,8	241,2	264,933
29	1,4	234,5	301	239,3	258,267
30	1,45	226,7	293,3	239,3	253,100
31	1,5	222,5	283,7	237,7	247,967
32	1,55	219,5	279,4	232,2	243,700
33	1,6	208	267,7	232,2	235,967
34	1,65	207,2	260,7	229,5	232,467
35	1,7	205	251,2	227,8	228,000
36	1,75	203	241,8	225	223,267



Gambar 4.30 Grafik gaya tekan dan deformasi beton *fiber* polos dari masing-masing beda uji

Dapat dilihat pada grafik gambar 4.30 hubungan gaya dan deformasi pada beton normal *fiber* polos dimana pengujian dihentikan setelah penurunan gaya setelah 85% dari beban maksimum.

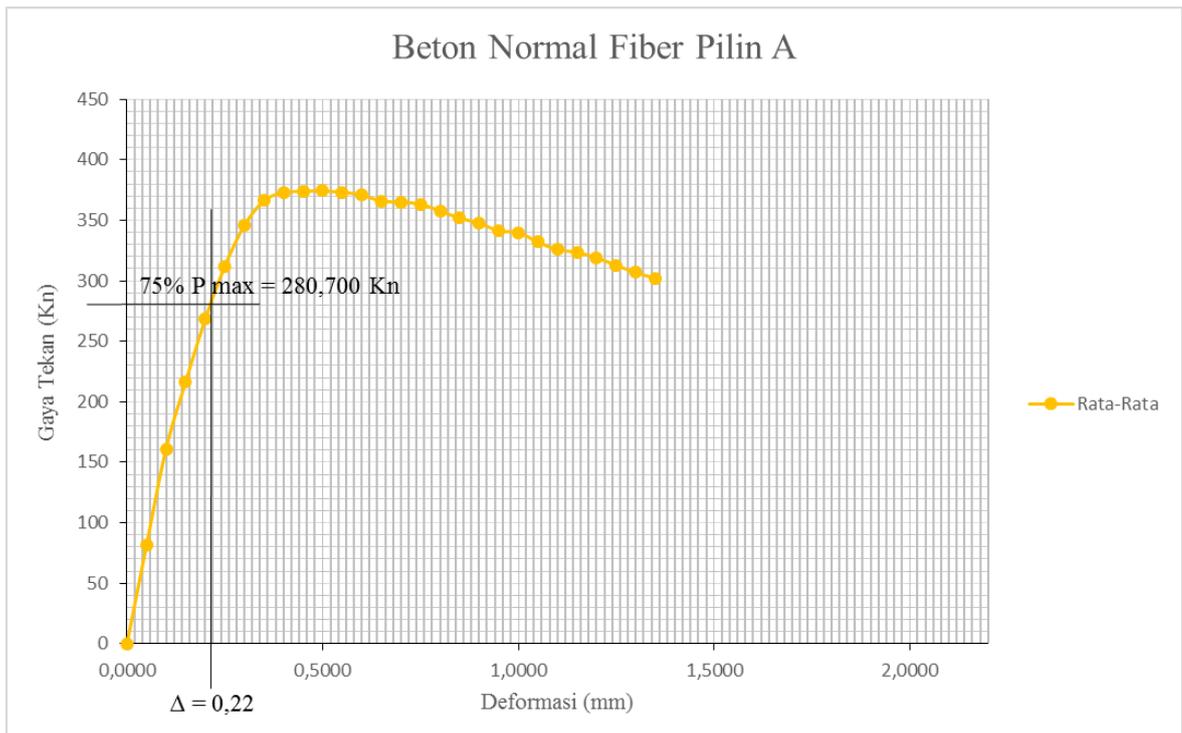
Berikut ini merupakan grafik gabungan rata rata dari beton normal dan beton serat beserta variasinya



Gambar 4.31 Grafik rata-rata gaya tekan dan deformasi beton normal dan beton *fiber*

Pada gambar 4.31 grafik gabungan rata-rata beton normal, serat pilin A, serat pilin B, dan serat polos didapatkan bahwa dengan menambahkan serat ke dalam campuran beton akan meningkatkan kekakuan dari beton yang terlihat dari kemiringan masing masing kurva yang dimana semakin besar kemiringan kurva maka semakin besar kekakuan.

Contoh perhitungan kekakuan pada beton normal *fiber* pilin A :



Gambar 4.32 Grafik proses perhitungan kekakuan beton normal *fiber* pilin A

Diketahui :

$$P_{\max} = 374,267 \text{ kN}$$

$$75\% P_{\max} = 75\% \times 374,267 = 280,7 \text{ kN}$$

$$\Delta = 0,22 \text{ mm}$$

Ditanya : k ?

Jawab :

$$k = \frac{P}{\Delta}$$

$$k = \frac{280,7 \text{ kN}}{0,22 \text{ mm}}$$

$$k = 1275,909 \text{ kN/mm}$$

Pada tabel 4.20 didapat hasil kekakuan rata-rata pada masing masing benda uji dimana kekakuan terbesar didapat dari variasi beton fiber pilin B sebesar 1350,163 kN/mm sedangkan kekakuan paling kecil terjadi pada beton normal tanpa *fiber* sebesar 538,703 kN/mm. Dari hasil tersebut dapat dikatakan bahwa dengan penambahan serat kaleng dapat menambah kekakuan secara signifikan juga dengan penambahan variasi pilin juga berpengaruh terhadap kekakuan. Penambahan serat polos meningkatkan kekakuan rata rata sebesar 79,61% terhadap beton normal tanpa *fiber*, sedangkan beton fiber pilin A meningkatkan sebesar 136,84% terhadap beton normal tanpa fiber dan peningkatkan maksimum didapatkan dengan penambahan serat pilin B ke dalam campuran beton, dengan peningkatan sebesar 150,63%. Berikut ini adalah nilai kekakuan masing masing benda uji.

Tabel 4.24

Tabel Data Kekakuan Benda Uji Beton Normal dan Beton *Fiber*

No	Kode Benda Uji	Gaya Tekan Maksimum (kN)	75% Gaya Tekan Maksimum (kN)	Deformasi Saat 75% Gaya Tekan Maksimum (mm)	Kekakuan Saat Kondisi 75% Gaya Maksimum (kN/mm)
1	N	193,933	145,450	0,27	538,703
2	F.N	335,433	251,575	0,26	967,596
3	F.N.U.A	374,267	280,700	0,22	1275,909
4	F.N.U.B	414,050	310,538	0,23	1350,163

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

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

1. Dari penelitian yang dilakukan dengan penambahan serat kaleng pada beton disimpulkan bahwa penambahan serat dapat meningkatkan kuat tekan beton. Dari variasi bentuk yang dilakukan didapat bahwa serat dengan bentuk pilin B lebih baik dari variasi bentuk pilin A dan serat polos. Pada beton normal didapatkan nilai kuat tekan rata-rata sebesar 11,451 MPa. Kemudian dengan penambahan serat kaleng didapatkan nilai rata-rata tertinggi pada variasi serat dengan bentuk pilin B yaitu 22,890 MPa, sedangkan untuk rata-rata serat pilin A memiliki kuat tekan rata-rata sebesar 21,344 MPa dan serat polos sebesar 18,995 MPa. Sehingga dapat disimpulkan bentuk pilin dan jumlah pilin pada serat *fiber* dapat meningkatkan kuat tekan dari beton.
2. Pada uji kuat tarik belah didapatkan nilai kuat tarik belah maksimum rata rata pada beton dengan serat pilin B sebesar 2,046 Mpa. Pada beton normal didapat nilai kuat tarik belah rata-rata 1,692 Mpa sedangkan untuk pilin A sebesar 1,876 Mpa dan serat polos sebesar 2,022 Mpa. Sehingga dapat disimpulkan penambahan serat *fiber* dengan bentuk pilin dan jumlah pilin dari serat tersebut kurang berpengaruh terhadap kuat tarik belah beton.
3. Pada pengujian modulus elastisitas diperoleh beberapa jenis nilai modulus elastisitas yaitu modulus elastisitas secan, modulus elastisitas tangen awal dan modulus elastisitas yang diperoleh berdasarkan SK SNI T-15-1991 dimana didapatkan nilai modulus elastisitas secan rata-rata tertinggi pada variasi pilin B yaitu 18870,064 MPa dan pada perhitungan modulus elastisitas tangen awal diperoleh nilai modulus elastisitas rata-rata tertinggi pada variasi serat pilin B dengan nilai 19320 MPa dan untuk perhitungan modulus elastisitas yang mengacu pada SK SNI T-15-1991 diperoleh nilai modulus elastisitas rata-rata tertinggi pada variasi pilin B dengan nilai 23733,512 MPa. Sehingga dapat disimpulkan penambah serat *fiber* dengan bentuk pilin dan jumlah pilin pada serat *fiber* memberikan peningkatan yang cukup besar terhadap nilai modulus elastisitas beton.

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. Memperhatikan FAS pada campuran beton karena dengan adanya tambahan serat maka nilai slump akan mengalami penurunan maka dirasa perlu untuk melakukan pre-test untuk menentukan FAS yang dapat menyesuaikan penurunan nilai slump akibat penambahan fiber secara tepat.
2. Menggunakan molen atau mesin pengaduk saat membuat beton segar agar campuran lebih merata.
3. Belajar mengoperasikan alat uji tekan, tarik belah, dan terutama modulus elastisitas baik exstensometer maupun strain gauge agar tidak terjadi kesalahan dalam melakukan pengujian dan dapat memaksimalkan waktu yang ada.
4. Hati-hati dalam memotong dan mengkait kaleng karena membutuhkan kesabaran yang tinggi.
5. Perlu dilakukan penyelidikan lebih lanjut tentang pengaruh panjang serat terhadap kuat tarik belah beton.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariatama, Ananta. (2007). Pengaruh Pemaikaian Serat Kawat Berkait Pada Kekuatan Beton Mutu Tinggi Berdasarkan Optimasi Diameter Serat. *Skripsi*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Asroni, Ali. (2010). Balok dan Pelat Beton Bertulang. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Nurlina, Siti. (2011). *Teknologi Bahan I*. Malang: Bergie Media.
- Nurlina, Siti. (2008). *Struktur Beton*. Malang: Bergie Media.
- 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.
- Standar Nasional Indonesia 03-2847. (2002). *Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Syarat Industri Indonesia 0052-80. (1980). *Mutu dan Cara Uji Agregat Beton*. Jakarta: Departemen Perindustrian Republik Indonesia.
- American Society for Testing and Material C 33-97. 1998. Standart Spesification for Concrete Aggregate. American : Annual Book.
- Cormac, Mc. (2000). Desain Beton Bertulang. Youngstown State University
- Nawy, E.G. (2010). Beton Bertulang. The State University of New Jersey