

**PENGARUH VARIASI PANJANG SERAT BOTOL PLASTIK  
TERHADAP KUAT TEKAN, KUAT TARIK BELAH, DAN MODULUS  
ELASTISITAS BETON NORMAL**

**SKRIPSI  
TEKNIK SIPIL**

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**FRAMANDA BAYU DWI SAKTYO  
NIM. 145060100111011**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
MALANG  
2019**

## LEMBAR PENGESAHAN

# PENGARUH VARIASI PANJANG SERAT BOTOL PLASTIK TERHADAP KUAT TEKAN, KUAT TARIK BELAH, DAN MODULUS ELASTISITAS BETON NORMAL

## SKRIPSI

### TEKNIK SIPIL

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**FRAMANDA BAYU DWI SAKTYO**

**NIM. 145060100111011**

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing  
pada tanggal 17 Juli 2019

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Ari Wibowo ST., MT., Ph.D  
NIP. 19740619 200012 1 002

Ananda Insan F, ST., MT., M.Sc  
NIK. 201607 900504 1 001

Mengetahui,  
Ketua Program Studi S1

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

*Sebuah ruang khusus kusediakan,  
Untuk ucapan terima kasih ku kepada dua orang hebat dalam  
hidupku.*

*Terima kasih sudah selalu menyediakan, ruang khusus berisi doa  
doa yang engkau panjatkan kepada sang khalik.  
Semoga ini menjadi awal untukku mewujudkan harapan harapan  
ku dan engkau berdua.*

## HALAMAN IDENTITAS TIM PENGUJI SKRIPSI

Judul Skripsi :

Pengaruh Variasi Panjang Serat Botol Plastik terhadap Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah, dan Modulus Elastisitas Beton Normal

Nama Mahasiswa : Framanda Bayu Dwi Saktyo

NIM : 145060100111011

Program Studi : Teknik Sipil

Minat : Struktur

Tim Dosen Penguji :

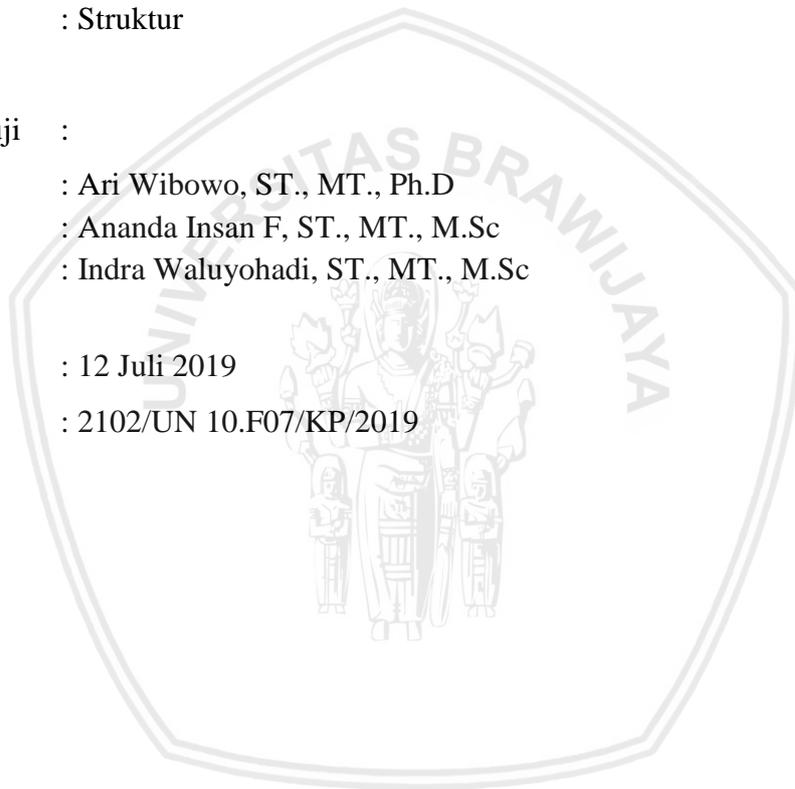
Dosen Penguji 1 : Ari Wibowo, ST., MT., Ph.D

Dosen Penguji 2 : Ananda Insan F, ST., MT., M.Sc

Dosen Penguji 3 : Indra Waluyohadi, ST., MT., M.Sc

Tanggal Ujian : 12 Juli 2019

SK Penguji : 2102/UN 10.F07/KP/2019



## LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

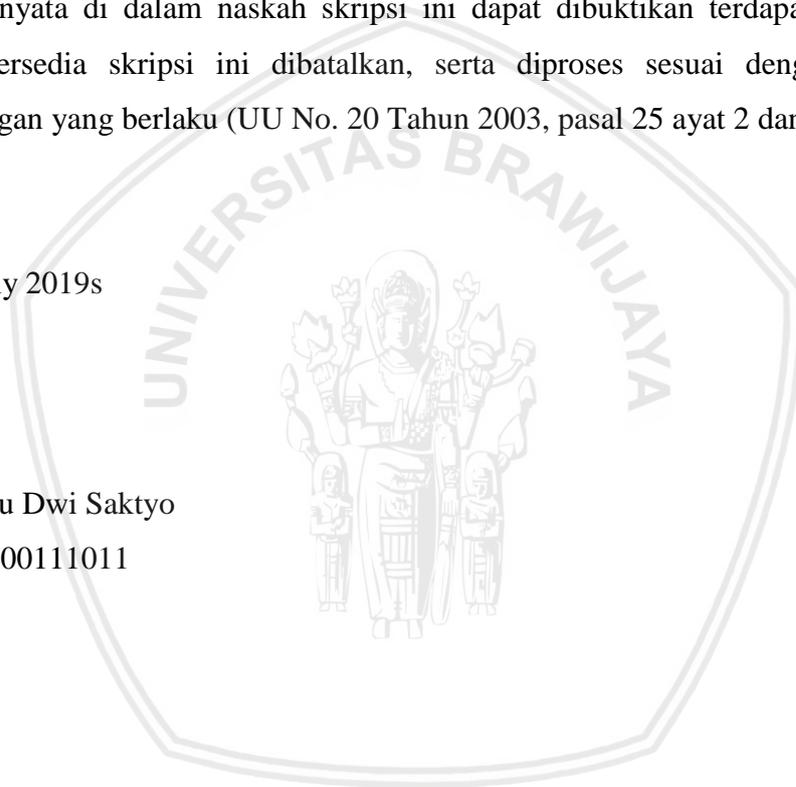
Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran sebagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam naskah skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya, tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu perguruan tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

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

Malang, 16 July 2019s

Framanda Bayu Dwi Saktyo

NIM. 145060100111011



## RIWAYAT HIDUP

Framanda Bayu, lahir di Mojokerto, 28 November 1996, anak kedua dari Bapak Sutrisno Yuwono dan Ibu Endah Sri Rejeki. Mulai memasuki bangku sekolah di SD Mojosari 2 sejak tahun 2002 dan lulus pada tahun 2008. Kemudian melanjutkan pendidikan di SMP Negeri 1 Mojosari dan lulus pada tahun 2011. Selanjutnya melanjutkan pendidikan di SMA Negeri 1 Mojosari dan lulus pada tahun 2014. Kemudian berkuliah hingga lulus S1 (Strata 1) pada tahun 2019 dari Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Malang.

Malang, July 2019



Penulis

## RINGKASAN

**Framanda Bayu Dwi Saktyo**, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Mei 2019, *Pengaruh Variasi Panjang Serat Botol Plastik terhadap Kuat Tekan,, Kuat Tarik Belah, dan Modulus Elastisitas Beton Normal* Dosen Pembimbing : Ari Wibowo dan Ananda Insan Firdausy

Perancangan struktur konstruksi di dalam penggunaan material adalah suatu hal yang penting pada pembangunan. Dimana penggunaan material ini akan mempengaruhi kualitas akan kekuatan struktur dalam konstruksi. Salah satu material yang sering digunakan dalam pembangunan adalah beton. Beton sendiri sering digunakan dalam pembangunan karena seluruh elemen untuk pembangunan gedung dan lain sebagainya paling sering digunakan adalah beton.

Adapun penelitian sekarang adalah penambahan variasi serat botol plastik dengan variasi panjang terhadap peningkatan kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas beton normal. Serat botol plastik yang digunakan dalam penelitian ini adalah berukuran lebar 0,5mm– 2,5 mm dengan panjang 4 cm (Type A) dan 6 cm (Type B). Fraksi serat yang digunakan yaitu 10%, dari volume beton silinder dimensi 15x30 cm.

Dalam hasil pengujian yaitu kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas. Pengujian kuat tekan mendapatkan hasil pada beton normal sebesar 14,051 MPa, beton serat panjang 4 cm sebesar 12,559 MPa dan beton serat panjang 6 cm sebesar 11,971 MPa. Pengujian kuat tarik belah mendapatkan hasil beton normal sebesar 1,188 MPa, beton serat panjang 4 cm sebesar 1,122 MPa, beton serat panjang 6 cm sebesar 1,183 MPa. Pada pengujian modulus elastisitas mendapatkan hasil beton normal sebesar 47153,131 MPa, beton serat panjang 4 cm sebesar 25774,028 MPa dan beton serat panjang 6 cm sebesar 11677,986 MPa. Dalam pengujian modulus elastisitas pada perhitungan menggunakan cara secan.

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

## SUMMARY

**Framanda Bayu Dwi Saktyo**, Department of civil engineering, Faculty of Engineering University of Brawijaya, Mei 2019 *The Effect of Plastic Bottle Fiber Length on Compression Strength, Tensile Strength, and Modulus of Elasticity of Normal Concrete*, Academic Supervisor: Ari Wibowo and Ananda Insan Firdausy

*The design of construction structures in the use of materials is an important thing in development. Where the use of this material will affect the quality of structural strength in construction. One material that is often used in construction is concrete. Concrete itself is often used in development because all the elements for building construction and so on are often used is concrete.*

*The current research is the addition of variations in plastic bottle fibers with long variations on increasing compressive strength, split tensile strength, and normal concrete elasticity modulus. The plastic bottle fibers used in this study were 0.5 mm– 2.5 mm wide with 4 cm length (Type A) and 6 cm (Type B). The fiber fraction used is 10%, from the volume of cylindrical concrete dimensions of 15x30 cm.*

*In the test results are compressive strength, tensile strength, and modulus of elasticity. Testing of compressive strength to get results on normal concrete is 14,051 MPa, 4 cm long fiber concrete of 12,559 MPa and fiber length of 6 cm for 11,971 MPa. Testing of split tensile strength obtained normal concrete yield of 1.188 MPa, 4 cm long fiber concrete of 1.122 MPa, fiber concrete of 6 cm length of 1.183 MPa. In testing the modulus of elasticity getting normal concrete results of 47153.131 MPa, 4 cm long fiber concrete of 25774,028 MPa and fiber length of 6 cm for 11677,986 MPa. In testing the elastic modulus in the calculation using the method secan.*

*Key words: plastic fiber, plastic bottle drinks, compressive strength, tensile strength, modulus of elasticity.*

## DAFTAR ISI

<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>i</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>iii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>ix</b>
<b>RINGKASAN.....</b>	<b>xi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	1
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian .....	2
1.5 Manfaat Peneltitian.....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>5</b>
2.1 Beton .....	5
2.1.1 Semen dan Air.....	5
2.1.2 Bahan Agregat .....	5
2.1.3 FAS .....	5
2.2 Beton Serat .....	6
2.2.1 Serat Baja .....	6
2.2.2 Serat Polypropelene .....	7
2.2.3 Serat Kaca .....	7
2.2.4 Serat Karbon .....	7
2.2.5 Serat Plastik .....	8
2.3 Sifat Mekanik Beton .....	8
2.3.1 Kuat Tekan.....	8
2.3.2 Kuat Tarik Belah .....	10
2.3.3 Modulus Elastisitas .....	11
2.3.4 Tegangan dan Regangan .....	12



<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>15</b>
3.1 Metode Penelitian .....	15
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian.....	15
3.3 Alat dan Bahan Penelitian .....	15
3.4 Mix Design .....	16
3.5 Diagram Alir Penelitian .....	17
3.6 Analisis Bahan .....	19
3.6.1 Semen.....	19
3.6.2 Air .....	19
3.6.3 Agregat Halus .....	19
3.6.4 Agregat Kasar .....	19
3.7 Prosedur Penelitian .....	19
3.7.1 Tahap Persiapan Bahan.....	19
3.7.2 Tahap Pembuatan dan Perawatan Benda Uji.....	20
3.7.3 Tahap Pengujian dan Pengolahan Data .....	21
3.8 Prosedur Pengujian Sifat Mekanik beton.....	22
3.8.1 Uji <i>Slump</i> .....	22
3.8.2 Uji Kuat Tarik Belah.....	22
3.8.3 Uji Modulus Elastisitas dan Kuat Tekan Beton.....	24
3.9 Variabel Penelitian.....	25
3.10 Metode Analisis Data.....	25
3.10.1 Analisis Uji Kuat Tarik Belah Beton.....	25
3.10.2 Analisis Uji Tekan Tekan Beton.....	26
3.10.3 Analisis Modulus Elastisitas .....	26
<b>BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>29</b>
4.1 Hasil Pengujian Bahan – Bahan Penyusun Beton.....	29
4.1.1 Botol Minuman Plastik .....	29
4.1.2 Perencanaan Mix Design Beton .....	32
4.2 Hasil Pengujian Benda Uji .....	33
4.2.1 Pengujian Beton Segar.....	33
4.2.2 Pengujian Kuat Tekan.....	34
4.2.3 Uji Kuat Tarik Belah.....	38
4.2.3.1 Hubungan Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah .....	41
4.2.4 Uji Modulus Elastisitas .....	43

4.2.4.1 Uji Modulus Elastisitas ( <i>exrensometer</i> ).....	43
4.2.5 Daktilitas.....	56
4.2.6 Kekakuan.....	62
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>67</b>
5.1 Kesimpulan.....	67
5.2 Saran .....	68
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>69</b>



*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*



## DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 2.1	Spesifikasi Serat .....	6
Tabel 3.1	Jumlah Benda Uji .....	20
Tabel 3.2	Nilai-Nilai <i>Slump</i> Untuk Berbagai Pekerjaan Beton .....	22
Tabel 4.1	Berat Isi Plastik Hasil Pengujian .....	30
Tabel 4.2	Kebutuhan Berat Serat.....	31
Tabel 4.3	Perencanaan <i>Mix Design</i> beton normal dengan menggunakan perbandingan volume.....	32
Tabel 4.4	Perencanaan <i>Mix Design</i> Beton Normal dengan perbandingan volume Menggunakan data berat dalam sekali Mix.....	32
Tabel 4.5	Perencanaan <i>Mix Design</i> Beton dengan <i>serat</i> plastik 10% Menggunakan Perbandingan volume dengan data berat.....	32
Tabel 4.6	Hasil Pengujian <i>slump</i> Beton Segar.....	33
Tabel 4.7	Hasil Pengujian Berat Isi Silinder .....	37
Tabel 4.8	Hasil Pengujian Uji Kuat Tekan dan Selisih Terhadap Beton Normal .....	38
Tabel 4.9	Hasil Pengujian Uji Kuat Tarik Belah.....	39
Tabel 4.10	Hubungan kuat tekan dan kuat tarik belah .....	41
Tabel 4.11	Tegangan dan regangan beton <i>variasi panjang</i> 4 cm.....	44
Tabel 4.12	Tegangan dan regangan beton <i>variasi panjang</i> 6 cm.....	46
Tabel 4.13	Hasil pengujian uji modulus elastisitas secan .....	51
Tabel 4.14	Hasil Pengujian Uji Modulus Elastisitas Initial Tangen.....	52
Tabel 4.15	Hasil Pengujian Uji Modulus Elastisitas Menurut SK SNI T – 15 – 1991 ( $W_c = 1500 \leq W_c \leq 2500$ Kg/M).....	54
Tabel 4.16	Selisih Nilai Modulus Elastisitas .....	55
Tabel 4.17	Tabel Nilai Perhitungan Daktilitas Initial Tangen.....	59
Tabel 4.18	Tabel Nilai Perhitungan Daktilitas Secan.....	61
Tabel 4.19	Tabel Data Kekakuan Initial Tangen .....	64
Tabel 4.20	Tabel Data Kekakuan Secan .....	66



*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*



## DAFTAR GAMBAR

No.	Judul.....	Halaman
Gambar 2.1	Berbagai Tipe Bentuk Serat .....	7
Gambar 2.2	Tegangan Tekan Benda Uji Beton.....	9
Gambar 2.3	Diagram Hubungan Kuat Beton dengan Umur Beton.....	10
Gambar 2.4	Uji Kuat Tarik Belah Beton Silinder .....	10
Gambar 2.5	Sampel Benda Uji (a) Beton Silinder (b) Beton Kubus.....	13
Gambar 2.6	Regangan .....	13
Gambar 3.1	Mekanisme Uji Tarik Belah.....	23
Gambar 3.2	Extensometer .....	24
Gambar 4.1	Proses Uji Slump.....	33
Gambar 4.2	Proses Pencampuran Materiak Beton.....	35
Gambar 4.3	Proses Pencampuran Serat ke Adukan Beton .....	35
Gambar 4.4	Proses Pengujian Kuat Tekan Silinder Beton .....	36
Gambar 4.5	Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Silinder .....	37
Gambar 4.6	Proses Pengujian Kuat Tarik Belah Silinder Beton .....	38
Gambar 4.7	Gambar Persebaran Serat Plastik Variasi Panjang 4 cm .....	40
Gambar 4.8	Gambar Persebaran Serat Plastik Variasi Panjang 6 cm.....	40
Gambar 4.9	Grafik Kuat Tarik Rata - Rata.....	41
Gambar 4.10	Proses Pengujian Kuat Tekan Beton Silinder .....	43
Gambar 4.11	Grafik Hubungan Antara Tegangan dan Regangan Variasi Panjang 4 cm	45
Gambar 4.12	Grafik Hubungan Antara Tegangan dan Regangan Variasi Panjang 6 cm ..	48
Gambar 4.13	Grafik Hubungan Antara Tegangan dan Regangan Rata – rata 4cm, 6 cm, Normal .....	48
Gambar 4.14	Grafik Hubungan Tegangan dan Regangan Beton Normal .....	50
Gambar 4.15	Grafik Modulus Elastisitas Secan, Tangen, SNI.....	56
Gambar 4.16	Grafik rata-rata hubungan P beban dan $\Delta$ tiap benda uji .....	57
Gambar 4.17	Grafik Proses Perhitungan Daktilitas Initian Tangen Beton Normal 4 cm.	58
Gambar 4.18	Grafik Proses Perhitungan Daktilitas Secan Beton Normal 4 cm.....	60
Gambar 4.19	Grafik Nilai dari Daktilitas Tangen dan Secan.....	61
Gambar 4.20	Grafik rata-rata P beban dan $\Delta$ tiap benda uji.....	62
Gambar 4.21	Grafik proses perhitungan kekakuan initial tangen variasi serat 4 cm .....	63

Gambar 4.22 Grafik proses perhitungan kekakuan secan variasi serat 4 cm .....65  
Gambar 4.23 Grafik Nilai dari Kekakuan Secan dan Initial Tangen .....66



## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT karena hanya berkat rahmat, hidayah dan karunia-Nya penulis berhasil menyelesaikan skripsi dengan judul **“Pengaruh Variasi Panjang Serat Botol Plastik 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 Ari Wibowo, ST., MT., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing I
2. Bapak Ananda Insan Firdausy, ST., MT., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing II
3. Bapak I Dr. Eng. Alwafi Pujiraharjo, ST, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Brawijaya.
4. Bapak Dr. Ir. Harimurti, MT selaku Dosen Penasehat Akademik
5. Bapak Sutrisno Yuwono, Ibu Endah Sri Rejeki, dan kakak saya Frinda Ika Yunastiti sebagai keluarga tersayang
6. Dea Zulvia Bidari Firdaus yang telah menemani dan membantu selama pengerjaan skripsi
7. Keluarga Bandit skripsi (tim skripsi) yang terdiri dari Resdayanto, Rizal, Even, Rachmaniar, Rizky W
8. Bapak Sugeng dan Mas Dino yang telah membantu saya dan tim selama di Laboratorium Struktur Teknik Sipil Universitas Brawijaya
9. Keluarga Besar Mahasiswa Sipil Teknik Sipil Universitas Brawijaya
10. Ida Bagus Saha P yang telah memberikan waktunya untuk membelajari dan memberikan ilmu nya kepada tim keluarga bandit skripsi.
11. Kontrakan suci yang terdiri dari abiel, akbartino, arya, bahy, bima, budi, fahrizal, farouk, firman, himawan, imawan, Iqbal, isma, jimmi, Jodi, kadek, maul, mawan, radit, aldo, rofif.

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, July 2019

Framanda Bayu Dwi S



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Beton**

Menurut SNI-03-2847-2002, pengertian beton adalah campuran antara semen Portland atau semen hidraulik lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk masa padat. Beton disusun dari agregat kasar dan agregat halus. Agregat halus yang digunakan biasanya berupa pasir alam maupun pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu, sedangkan agregat kasar yang dipakai biasanya berupa batu alam maupun batuan yang dihasilkan oleh industri pemecah batu.

##### **2.1.1 Semen dan Air**

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

##### **2.1.2 Bahan Agregat**

Agregat terdiri dari agregat halus dan agregat kasar. Agregat halus berupa pasir dan agregat kasar berupa kerikil atau batu pecah.

##### **2.1.3 FAS (Faktor Air Semen)**

Faktor air semen (FAS) adalah perbandingan antara jumlah air terhadap semen dalam campuran beton. Semakin tinggi nilai FAS, mengakibatkan penurunan mutu kekuatan beton. Namun nilai FAS yang semakin rendah tidak selalu kekuatan beton semakin tinggi. Pada umumnya, nilai FAS yang diberikan minimum 0,4 dan maksimum adalah 0,65 (Tri Mulyono, 2004)

## 2.2 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 bisa di gunakan untuk memperbaiki sifat beton pada beton serat antara lain yaitu baja, plastik, kaca, karbon serta serat dari bahan alami seperti ijuk, rami maupun serat dari tumbuhan lain (ACI, 1982)

**Tabel 2.1** Spesifikasi Serat

Serat	Berat jenis	Kuat tarik (Ksi)	Modulus elastisitas ( $10^3$ Ksi)	Volume fraksi (%)	Diameter (inchi)	Panjang (inchi)
Baja	7,86	100 - 300	30	0,79 - 3	0,0005 – 0,04	0,5 – 1,5
Kaca	2,7	> 180	11	2 - 8	0,004 – 0,03	0,5 – 1,5
Plastik	0,91	> 100	0,14 – 1,2	1 - 3	> 0,1	0,5 – 1,5
Karbon	1,6	> 100	> 7,2	1 - 5	0,0004 – 0,0008	0,02 - 05

(sumber : Soroushian dan Bayasi, 1987)

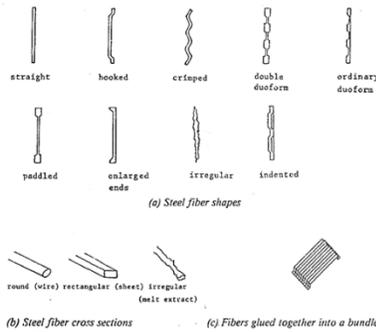
### 2.2.1 Serat Baja

Kelebihan serat ini adalah kekuatan dan modulus elastisitasnya yang tinggi, tetapi serat ini juga mempunyai kelemahan yaitu sangat korosif. Ada beberapa jenis fiber baja yang biasa digunakan (Soroushian dan Bayasi, 1991) :

1. Bentuk serat baja (*steel fiber shapes*)
  - a. Lurus (*straight*)
  - b. Berkait (*hooked*)
  - c. Bergelombang (*crimped*)
  - d. Double duo form
  - e. Ordinary duo form
  - f. Bundel (*paddled*)
  - g. Kedua ujung ditekuk (*enlarged ends*)
  - h. Tidak teratur (*irregular*)
  - i. Bergerigi (*idented*)
2. Penampang serat baja (*steel fiber cross section*)
  - a. Lingkaran atau kawat (*round* atau *wire*)
  - b. Persegi atau lembaran (*rectangular* atau *sheet*)

c. Tidak teratur atau bentuk dilelehkan (*irregular atau melt extract*)

3. Serat dilekatkan bersama dalam satu ikatan (*fiber glued together into a bundle*)



Gambar 2.1 Berbagai Tipe Bentuk Serat Baja

Sumber: (Soroushian dan Bayasi, 1991)

### 2.2.2 Serat Polypropelene

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

### 2.2.3 Serat Kaca

Menurut Soroushin & Bayasi (1987) serat kaca memiliki kuat tarik yang relatif tinggi, kepadatan rendah dan modulus elastisitas tinggi. Kelemahan serat kaca adalah mudah rusak akibat alkali yang terkandung dalam semen dan mempunyai harga beli yang lebih tinggi bila dibandingkan serat lainnya.

### 2.2.4 Serat Karbon

Serat karbon mempunyai beberapa kelebihan yaitu tahan terhadap lingkungan agresif, stabil pada suhu yang tinggi, tahan terhadap abrasi, relatif kaku dan lebih tahan lama. Tetapi persebaran serat karbon di dalam adukan beton lebih sulit di bandingkan dengan serat jenis lain.

### 2.2.5 Serat Plastik

Plastik adalah bahan yang mempunyai derajat kekristalan. Sebagian besar penduduk di dunia memanfaatkan plastik dalam menjalankan aktivitasnya. Berdasarkan data Environmental Protection Agency (EPA) Amerika Serikat, pada tahun 2001, penduduk Amerika Serikat menggunakan sedikitnya 25 juta ton plastik setiap tahunnya. Belum ditambah pengguna plastik di negara lainnya. Bukan suatu yang mengherankan jika plastik banyak digunakan. Plastik memiliki banyak kelebihan dibandingkan bahan lainnya. Secara umum, plastik memiliki densitas yang rendah, bersifat isolasi terhadap listrik, mempunyai kekuatan mekanik yang bervariasi, ketahanan suhu terbatas, serta ketahanan bahan kimia yang bervariasi. Selain itu, plastik juga ringan, mudah dalam perancangan dan biaya pembuatannya murah. Dibalik segala kelebihannya, limbah plastik menimbulkan masalah bagi lingkungan. Penyebabnya tak lain sifat plastik yang tidak dapat diuraikan dalam tanah. Untuk mengatasinya, para pakar lingkungan dan ilmuwan dari berbagai disiplin ilmu telah melakukan berbagai penelitian dan tindakan. Salah satunya dengan cara mendaur ulang limbah plastik. Namun cara ini tidaklah terlalu efektif. Hanya sekitar 4% yang dapat didaur ulang, sisanya menggenung di tempat penampungan sampah. Polimer adalah suatu zat kimia yang terdiri dari molekul-molekul yang besar dengan karbon dan hidrogen sebagai molekul utamanya. Bahan polimer berasal dari limbah plastik yang didaur ulang, kemudian dicampur dengan bahan kimia.

## 2.3 Sifat Mekanik Beton

### 2.3.1 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 (Mulyono, 2004).

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 03-1974, 2011). Tegangan tekan beton merupakan

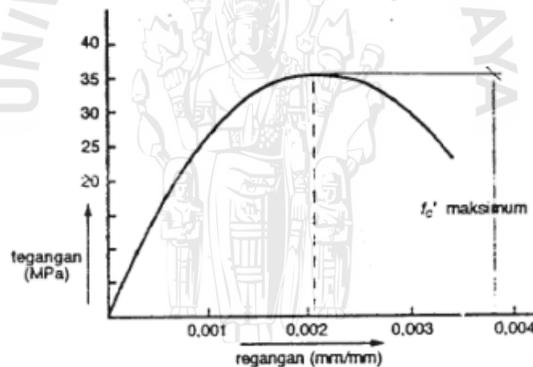
perbandingan antara gaya yang ditahan oleh benda uji silinder dengan luas penampang alas silinder.

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

dengan :

- $f'c$  = Tegangan tekan beton (N/mm<sup>2</sup>)
- P = Besar gaya yang mampu ditahan silinder (N)
- A = Luas penampang silinder (mm<sup>2</sup>)

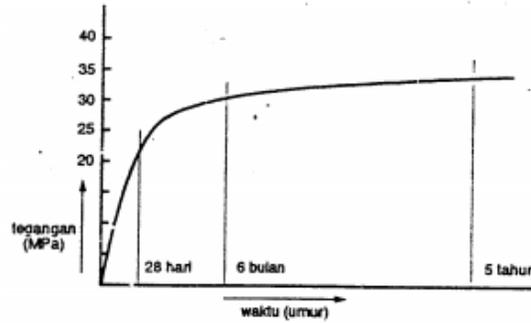
Kuat tekan masing-masing benda uji didapatkan dari tegangan tekan tertinggi ( $f'c$ ) menggunakan mesin uji dengan peningkatan beban tekan bertingkat dan dengan kecepatan pembebanan tertentu. Tegangan tekan ( $f'c$ ) beton yang dihasilkan bukan pada saat beton hancur, namun ketika tegangan maksimum beton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

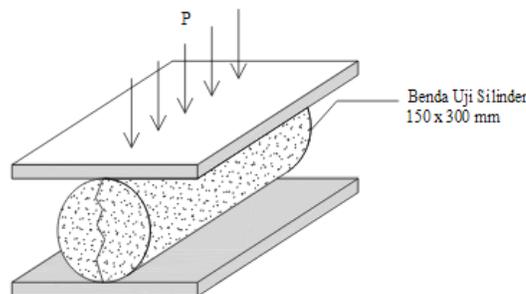
### 2.3.2 Kuat Tarik Belah

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/mm<sup>2</sup>)
- $P$  = Beban maksimum (N)
- $L$  = Tinggi silinder beton (mm)
- $D$  = Diameter benda uji silinder (mm)



Gambar 2.4 Uji kuat tarik belah beton silinder

**2.3.3 Modulus Elastisitas**

Modulus Elastisitas adalah perbandingan dari tekanan yang diberikan dengan perubahan bentuk per satuan panjang, sebagai akibat dari tekanan yang diberikan (Murdock dan Brook, 1999). Modulus elastisitas juga tergantung pada umur beton, sifat-sifat dari agregat dan semen, kecepatan pembebanan, jenis dan ukuran dari benda uji (Wang & Salmon, 1994). Berikut adalah rumus rumus Modulus Elastisitas yang biasa digunakan :

- a. Menurut Eurocode 2 (1992)

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

dimana :

$E_c$  = Modulus Elastisitas (MPa)  
 = Regangan aksial (mm/mm)

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

- b. Menurut ASTM C469

$$E_c = \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{\epsilon_2 - \epsilon_1} \dots\dots\dots(2 - 4)$$

dimana :

$E_c$  = Modulus Elastisitas (MPa)

$\sigma_1$  = Tegangan untuk regangan 0,00005

$\sigma_2$  = Tegangan 40% dari tegangan hancur ultimate

$\epsilon_1$  = 0,00005

$\epsilon_2$  = Regangan yang menghasilkan  $\sigma_2$

- 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 ( $\text{kg/m}^3$ )

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

d. Menurut TS 500 (Turkey Standart)

$$E_c = (3250 \times \sqrt{f'_c}) + 14000 \dots\dots\dots(2 - 7)$$

dimana :

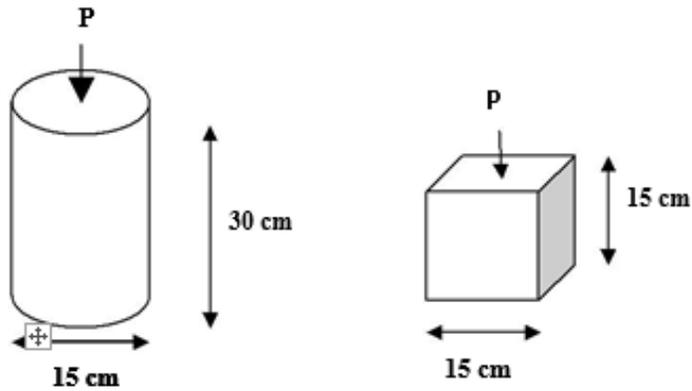
$E_c$  = Modulus Elastisitas (MPa)

$f'_c$  = 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.

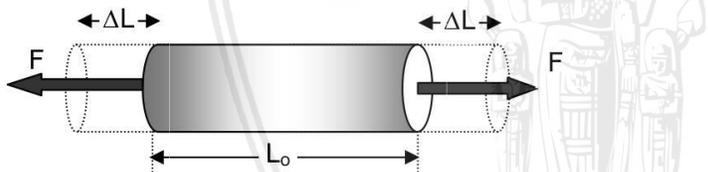
#### 2.3.4 Tegangan dan Regangan

Tegangan didefinisikan sebagai perbandingan antara gaya yang bekerja pada benda uji dengan luas penampang benda uji. Tegangan biasanya diberi notasi huruf Yunani “ $\sigma$ ” (*sigma*). Tegangan terbagi menjadi 2 yaitu tegangan tekan jika benda uji ditekan dan tegangan tarik apabila benda uji ditarik oleh gaya sebesar P.



Gambar 2.5 Sampel benda uji (a) beton silinder (b) beton kubus

Tegangan yang diberikan pada sebuah benda uji akan mengakibatkan sebuah regangan. Sebuah benda uji ketika diberi suatu beban tertentu akan mengalami perubahan bentuk atau deformasi, perubahan benda uji dapat menjadi lebih panjang ataupun menjadi lebih pendek. Suatu benda uji yang memiliki panjang sebesar  $L$ , akan mengalami perubahan bentuk atau deformasi sebesar  $L + \Delta L$  (jika ditarik) atau  $L - \Delta L$  (jika ditekan). Jadi regangan adalah rasio perbandingan antara Rasio  $\Delta L$  dan  $L$  inilah yang dilambangkan dengan “ $\epsilon$ ” (*epsilon*).



Gambar 2.6 Regangan (*strain*)

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*



## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Metode Penelitian

Dalam penelitian perlu dilakukan eksperimental di dalam laboratorium struktur. Didalam penilitan ini menggunakan benda uji silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm dicampur dengan serat plastik dengan fraksi 10 % dengan ukuran 0,5mm-2,5mm dengan panjang 6 cm dan 4 cm. Setelah itu akan dilakukan pengujian terhadap benda uji tersebut pengujiannya adalah kuat tekan, kuat tarik dan modulus elastisitas pada umur beton 28 hari. Penelitian kali ini dilakukan 2 analisis sebagai berikut:

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

#### 3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di laboratorium struktur dan bahan konstruksi jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang. Penelitian dilaksanakan pada bulan September 2018 sampai selesai.

#### 3.3 Alat dan Bahan Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- ayakan
- Mesin pencampur beton (*concrete mixer*)
- vibrator
- Alat uji *slump*
- Alat Uji Tekan Silinder
- Alat Uji Tarik belah Silinder

- Karung Goni
- UTML
- VDT
- Cangkul
- Sekrop
- Pemotong kertas
- Penggaris
- Plastik
- Spidol
- Timbangan digital dengan ketelitian 0,1 – 10 gr.
- Cetakan silinder (*bekisiting*) dengan diameter dalam 15 cm dan tinggi 30 cm yang terbuat dari besi untuk mencetak beton yang digunakan sebagai benda uji.

Bahan yang digunakan adalah :

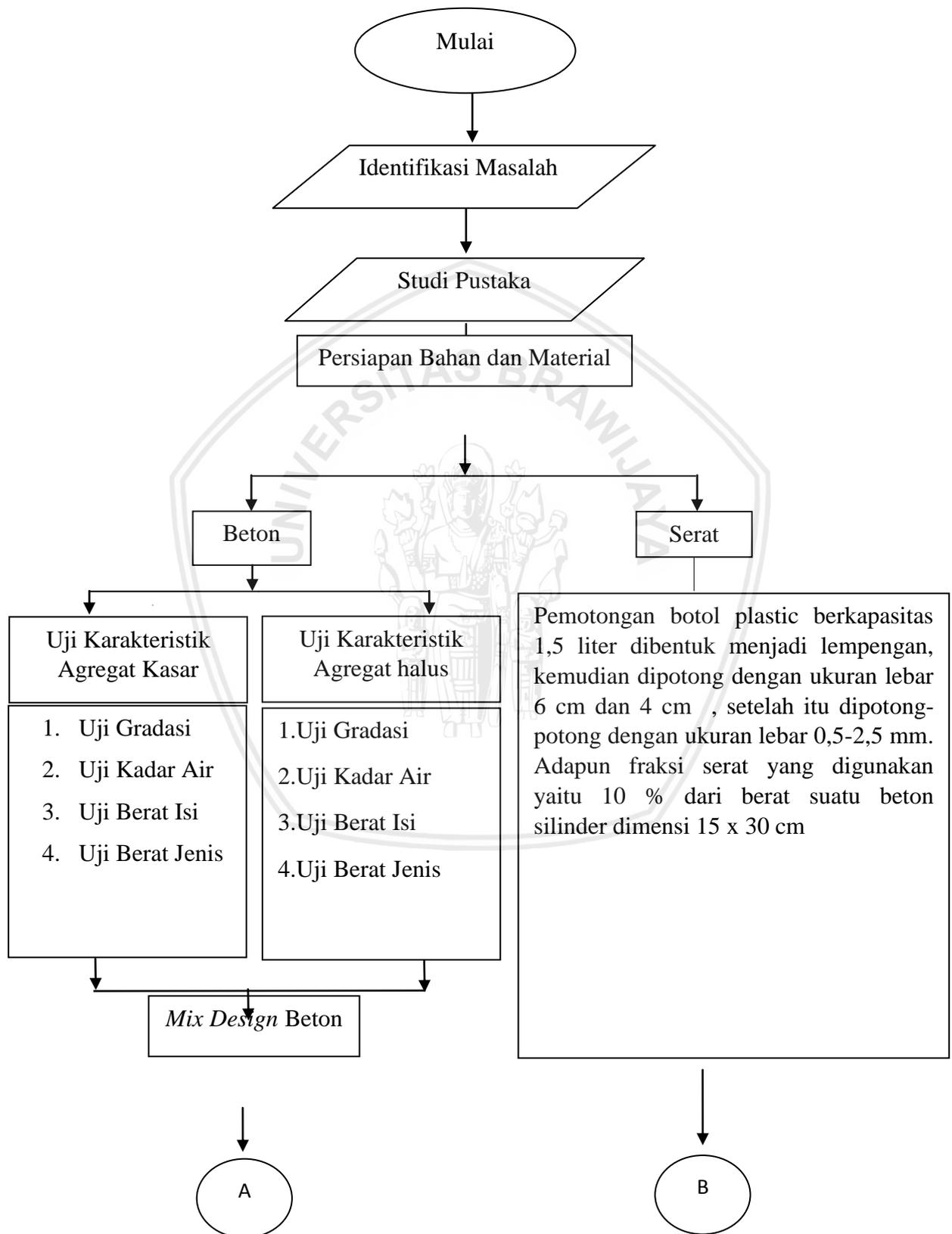
1. Portland Pozzoland Cement (PPC) semen gresik .
2. Serat dari botol plastik berkapasitas 1,5 liter yang ada di pasaran panjang 6 cm, 4cm dan lebar 0,5-2,5mm .
3. Agregat halus berupa pasir dari lumajang
4. Agregat kasar berupa batu pecah yang didapat dari lumajang
5. Air bersih dari PDAM kota Malang

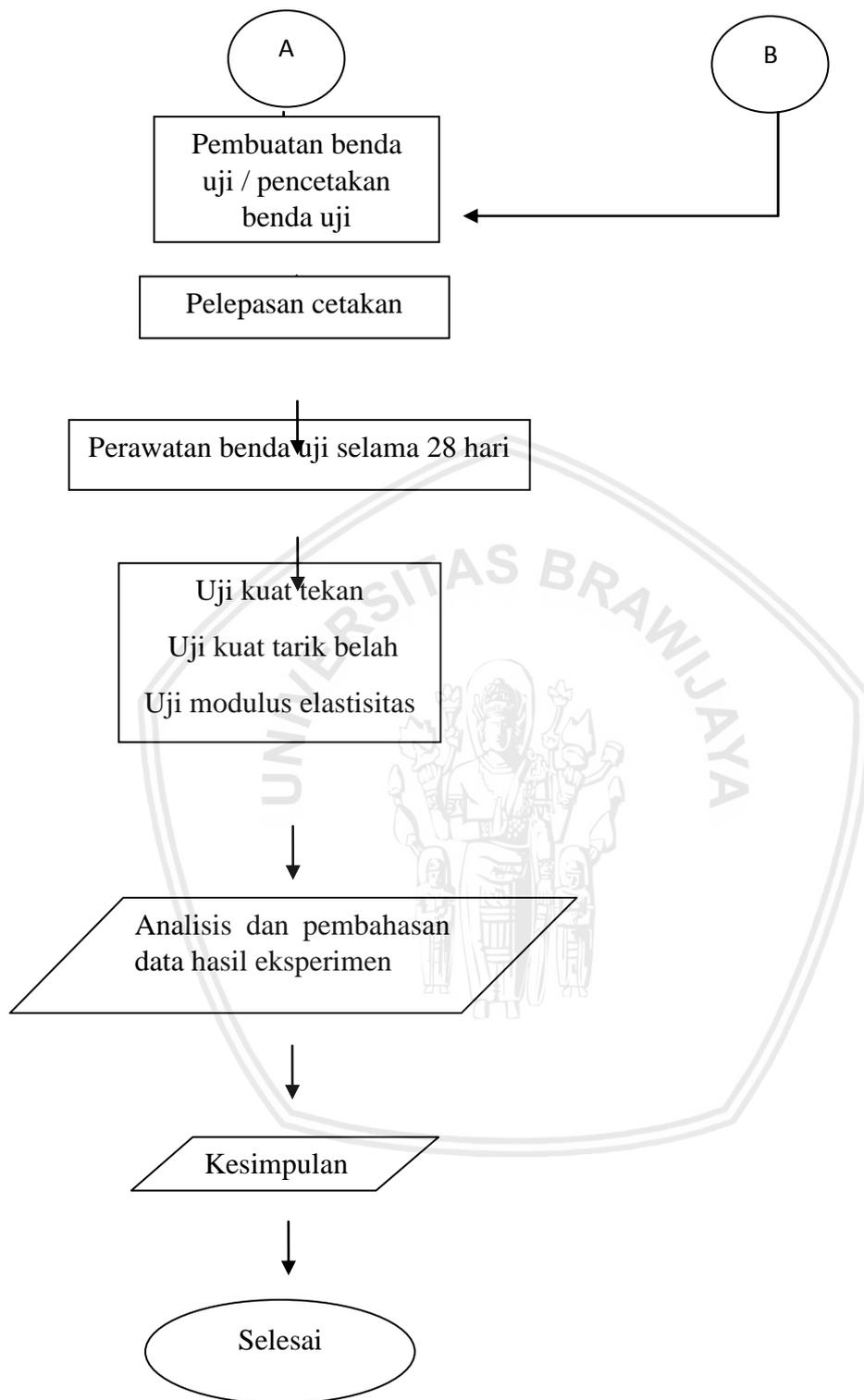
### 3.4 Mix Design

Mix design ialah bisa dikatakan sebagai merancang atau memilih bahan untuk menentukan proporsi dalam kebutuhan yang ingin di gunakan dalam penelitian tersebut, dan untuk mengetahui proporsi dari agregat untuk membuat beton yaitu semen, air, pasir dan kerikil maka diperlukan mix design yang memenuhi persyaratan teknik dan ekonomis untuk menghasil proporsi campuran yang optimal sesuai kekuatan yang direncanakan.

Untuk penelitian kali ini yang membahas tentang pengaruh variasi panjang serat botol plastic terhadap kuat tekan, kuat tarik belah dan modulus elastisitas ini menggunakan mix design perbandingan **1 : 2,18 : 2,93.**

### 3.5 Diagram Alir Penelitian





### **3.6 Analisa Bahan**

#### **3.6.1 Semen**

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

#### **3.6.2 Air**

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

#### **3.6.3. Agregat halus**

Agregat halus yang digunakan yaitu pasir lumajang. Pasir yang didapat dari pasaran akan dilakukan penyaringan dari kerikil kerikil halus terlebih dahulu dan tetap dijaga dari adanya kotoran organik dan non organik maupun lumpur.

#### **3.6.4. Agregat kasar**

Agregat kasar yang digunakan dalam penelitian kali ini yaitu kerikil batu pecah yang didapat di pasaran.

### **3.7 Prosedur Penelitian**

#### **3.7.1 Tahap Persiapan Bahan**

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

1. Pemeriksaan gradasi agregat kasar.
2. Pengujian kadar air agregat kasar.
3. Pengujian berat isi agregat kasar.
4. Pengujian berat jenis agregat kasar.
5. Pemeriksaan ukuran agregat kasar.
6. Pemeriksaan gradasi agregat halus.
7. Pengujian kadar air agregat halus.

8. Pengujian berat isi agregat halus.
9. Pengujian berat jenis agregat halus.
10. Persiapan perencanaan *mix design* (mutu beton dengan kuat tekan rencana  $f'c = 17$  MPa)
11. Persiapan pemotongan serat plastik dengan panjang plastik 6 cm dan 4 cm serta lebar 0,5-2,5mm
12. Berat serat yang digunakan dalam campuran beton silinder 10% dari volume beton silinder.

### 3.7.2 Tahap Pembuatan dan Perawatan Benda uji

Tahap pembuatan dan perawatan (*curing*) benda uji untuk masing-masing variasi dari serat plastic yang telah direncanakan dengan jumlah benda uji yang dibuat yaitu total 12 buah. dengan jumlah kebutuhan uji tarik, uji tekan dan modulus elatisitas masing – masing 3 untuk tiap panjang A dan B degan dimensi panjang 4 cm dan 6 cm dengan lebar 0,5-2,5 mm dan beton normal sebanyak 3 dan .Berikut keterangan variasi kait pada serat kelang dan rincian jumlah benda uji :

Tabel 3.1 Jumlah Benda Uji

Jenis Benda Uji	Jumlah Uji Tarik	Jumlah Uji Tekan	Jumlah
Beton Serat Plastik Panjang 4 cm	3	3	6
Beton Serat Plastik Panjang 6 cm	3	3	6
Beton Normal Tanpa Serat	2	2	4
			16

Langkah – langkah Pembuatan dan Perawatan Benda Uji adalah sebagai berikut :

1. Pertama mempersiapkan bekisting silinder untuk benda uji sebelum pengecoran bekisting diolesi menggunakan oil pada bagian dalam nya. Pengolesan ini bertujuan agar memudahkan benda uji untuk dilepaskan dari bekisting silinder setelah 24 jam.
2. Penimbangan air,semen,pasir,kerikil sesuai *mix design* yang telah direncanakan.
3. Penimbangan berat fraksi serat plastik sesuai dengan yang direncanakan, yaitu 10%, dari volume beton silinder.

4. Pengecoran atau pencampuran material benda uji yang diperlukan yaitu dengan menggunakan *concrete mixer* agar semua material tercampur homogen.
5. Melakukan uji *slump* yaitu untuk memeriksa kelecakan (*workability*) mortar.
6. Penuangan benda uji ke dalam cetakan silinder (*bekisting*) dan dibiarkan selama 24 jam. Kemudian setelah 24 jam, *bekisting* dilepas.
7. Perawatan (*curing*) untuk benda uji yang dilakukan selama 7 hari.

### 3.7.3 Tahap Pengujian dan Pengolahan Data

Selanjutnya tahap ini adalah tahap dari pengujian sifat mekanik beton silinder yang berumur 28 hari dan pengolahan data hasil pengujian. Langkah-langkah dari pengujian antara lain:

1. Pelapisan serbuk belerang yang dilelehkan pada permukaan benda uji tekan agar permukaan rata *caping*.
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 dari benda uji.
3. Uji kuat tarik belah untuk benda uji menggunakan *compression machine* agar mendapatkan nilai kuat tarik belah.
4. Pengamatan dengan bantuan rekaman video dan pencatatan dari 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 untuk kesimpulan.

## 3.8 Prosedur Pengujian Sifat Mekanik Beton

### 3.8.1 Uji *Slump*

Uji *slump* dilakukan untuk mengetahui kelecakan (*workability*) pada saat pelaksanaan pembuatan beton

Alat – alat yang digunakan dalam pengujian *slump* yaitu :

1. Cetakan dari logam yang berbentuk kerucut
2. Pelat untuk tempat perletakan cetakan kerucut
3. Tongkat untuk pemadat

Sedangkan langkah–langkah pengujiannya yaitu :

1. Basahi cetakan dan pelat, dengan kain basah
2. Letakan cetakan diatas pelat dengan kokoh dan pastikan permukaannya rata
3. Isi cetakan hingga penuh dengan mortar dalam tiga lapis. Setiap lapisan kira - kira berisi 1/3 dari isi cetakan dan setiap lapisan ditusuk dengan tongkat pemadat sebanyak 25 kali secara merata.
4. Segera setelah pemadatan selesai, ratakanlah permukaan benda uji 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 hingga cetakan harus dalam jangka waktu 2,5 menit.
5. Cetakan diletakkan disamping benda uji, kemudian slump diukur dengan menentukan perbedaan tinggi cetakan dengan tinggi dari benda uji, nilai slump yang diharapkan pada penelitian ini adalah 7,5 - 15 cm. Berikut dibawah dijelaskan nilai *slump* yang biasa digunakan, dan kaitannya dengan pengaplikasian beton dalam bidang kosntruksi sesuai dengan Peraturan Beton Indonesia (PBI) 1971.

Tabel 3.2 Nilai – nilai slump untuk berbagai pekerjaan beton

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

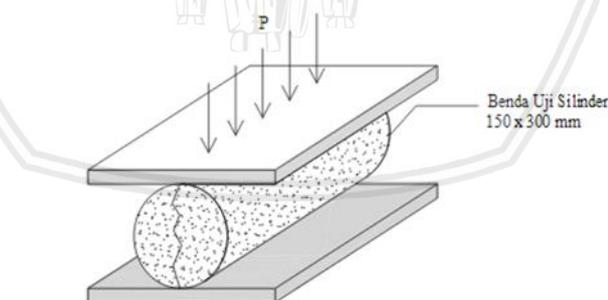
Sumber : PBI 1971 cetakan keempat (1971,p.38))

### 3.8.2 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 gram

- c. Spidol/alat bantu untuk penandaan
  - d. Penggaris atau mistar
  - e. Pelat dasar dengan permukaan rata yang terbuat dari besi
  - f. Bantalan penekan dari besi serta di bagian bawahnya terdapat lapisan yang terbuat dari *plywood*.
3. Pelaksanaan
- a. Timbanglah benda uji dan catat hasilnya.
  - b. Memberi tanda pada sisi atas atau bawah dari benda uji berupa garis diameter pada setiap akhir *specimen*, sehingga garis diameter berada pada aksial yang sama.
  - c. Memusatkan dan meletakkan pelat dasar tepat di tengah mesin uji kuat tekan sebagai tumpuan perletakkan benda uji
  - d. Meletakkan benda uji di atas pelat dasar .kemudian memastikan garis yang telah ditandai terletak tepat di tengah dari pelat dasar. Untuk menahan benda uji agar tidak menggelinding, sementara diberi penahan pada sisi kiri dan kanan benda uji.
  - e. Memasang bantalan penekan, pastikan garis diameter yang telah dibuat pada benda uji, terletak segaris dengan bagian tengah dari bantalan penekan. Setelah itu naikan *compression machine* secara perlahan sampai menyentuh bagian atas bantalan penekan.



Gambar 3.1 Mekanisme Uji Tarik Belah

- f. Setelah bantalan penekan dipastikan telah menekan benda uji, maka penahan pada sisi kanan dan kiri benda uji dilepaskan.
- g. Lakukan pembebanan secara terus-menerus dengan laju konstan sampai keruntuhan tarik terjadi.
- h. Mencatat beban maksimum yang terjadi saat benda uji mengalami keruntuhan.

### 3.8.3 Uji Modulus Elastisitas Dan Kuat Tekan Beton

Pengujian Modulus Elastisitas dilakukan saat 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 *dicapping*

#### 2. Peralatan

a. *Compression Testing Machine*

b. *Alat Extensometer*

c. Tripod dan kamera

#### 3. Pelaksanaan

a. menimbang benda uji dan mencatat hasilnya

b. Mengatur alat *extensometer* pada benda uji, pastikan baut dan mur pada *extensometer* dipasang dengan sempurna.

c. Letakkan benda uji yang telah dipasang alat *extensometer* pada *compression testing machine*



Gambar 3.2 Exstensometer

d. Lepaskan pengekrang pada alat *extensometer* kemudian aturlah *dial extensometer* ke angka nol

e. Siapkan kamera didepan *compression testing machine* untuk merekam perubahan yang terjadi pada *dial extensometer* selama pengujian

f. Nyalakan *compression testing machine* dan hentikan ketika sudah turun 50% dari beban maksimum setelah runtuh.

g. Rekamlah selama proses pengujian berlangsung, hingga benda uji hancur

- h. Setelah benda uji hancur, periksalah hasil dokumentasi dan catat *displacement longitudinal* yang terbaca pada *dial extensometer* setiap penambahan beban 10 kN.

### 3.9 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

a. Variabel bebas

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah variasi kait serat kaleng kemasan yang dicampurkan ke dalam adukan beton .

b. Variabel terikat

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

### 3.10 Metode Analisis Data

Pengambilan data yang dilakukan dengan literatur yaitu dan data hasil pengujian benda uji berupa beton silinder dengan campuran serat kaleng kemasan yang berumur 28 hari. Data hasil studi literatur yaitu data kuat tekan rencana beton silinder ( $f'_c = 17$  Mpa) yang dihitung secara teoritis yaitu dengan menggunakan perhitungan *mix design*.

Analisis data diperoleh dari hasil pengujian terhadap beton silinder berserat dilaboratorium . sehingga dapat diketahui sifat mekanik dari masing-masing benda uji dan dapat mengetahui pengaruh dari variasi kait serat beton. Sehingga dapat diketahui varisasi serat mana yang baik untuk digunakan.

#### 3.10.1 Analisis uji tarik belah beton

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 dengan rumus :

$$f_t = \frac{2P}{\pi LD}$$

dengan :

$f_t$  = Kuat tarik belah beton (N/mm<sup>2</sup>)

- P = Beban maksimum (N)
- L = Tinggi silinder beton (mm)
- D = Diameter benda uji silinder (mm)

**3.10.2 Analisis Uji Kuat Tekan Beton**

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 silinder.

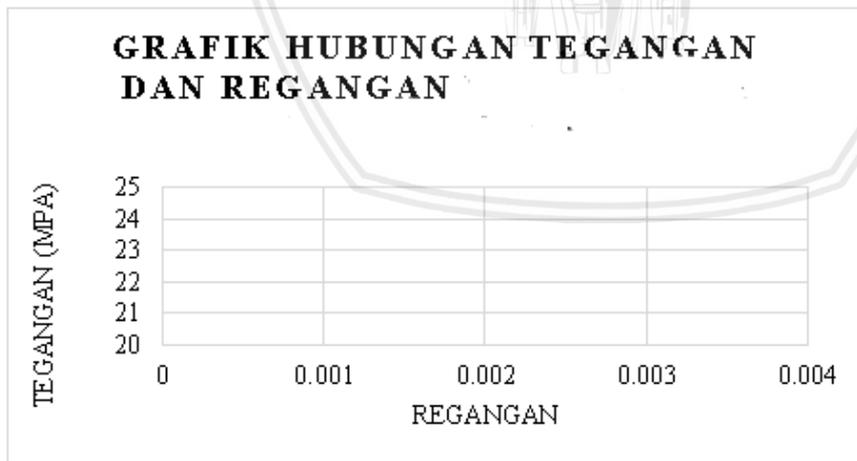
$$f'c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(2 - 1)$$

dengan :

- $f'c$  = Tegangan tekan beton (N/mm<sup>2</sup>)
- P = Besar gaya yang mampu ditahan silinder (N)
- A = Luas penampang silinder (mm<sup>2</sup>)

**3.10.3 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.



Untuk mencari modulus elastisitas 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 :

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

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 ( $\text{kg/m}^3$ )

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



*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*



## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil Pengujian Bahan-Bahan Penyusun Beton

##### 4.1.1 Botol Minuman Plastik

- Karakteristik Botol Minuman Plastik

Jenis Plastik : Limbah plastik botol minuman air mineral

Material : Plastik

Ukuran : 40 mm x 2 mm

- Berat Isi Serat Plastik

Serat plastik dalam penelitian ini menggunakan potongan plastik berukuran 4 cm dan 6 cm lebar 2 mm. Dalam penelitian ini didalam campuran sebanyak 10% dari volume silinder beton. Hasil pemeriksaan berat isi plastik dijelaskan dalam tabel 4.1

Berat air + cawan = 1650 gr

Berat Cawan = 20 gr

Berat jenis air = 1 gr/cm<sup>3</sup> atau 1000 kg/cm<sup>3</sup>

V silinder = 5298,75 cm<sup>3</sup>

**Tabel 4.1**  
Berat isi plastik hasil pengujian

No	Berat Serat Loose	Volume Air	Berat isi serat Loose
	(gr)	( cm <sup>3</sup> )	( gr/cm <sup>3</sup> )
1	93.9	1630	0.0576
2	87.5	1630	0.0537
3	98.4	1630	0.0604
4	94.7	1630	0.0581
5	100.1	1630	0.0614
6	87.6	1630	0.0537
7	92.6	1630	0.0568
8	92.6	1630	0.0568
9	97.8	1630	0.0600
10	98.3	1630	0.0603
11	98.6	1630	0.0605
12	92.3	1630	0.0566
13	96.3	1630	0.0591
14	93.3	1630	0.0572
15	103.1	1630	0.0633
16	102.9	1630	0.0631
17	95.9	1630	0.0588
18	95.9	1630	0.0588
19	97.7	1630	0.0599
20	98.9	1630	0.0607
		Nilai Rata-Rata	0.0588
		Nilai Maksimum	0.0633
		Nilai Minimum	0.0537

Dari data pada tabel 4.1 digunakan berat isi *plastik* dari percobaan loose dikarenakan dengan jumlah tersebut yang dirasa dapat dikerjakan berdasarkan keadaan bahan *plastik* yang ada.

Sumber : Hasil Penelitian

$$\begin{aligned}
 \text{Berat isi serat} &= \frac{\text{berat serat loose}}{\text{volume air}} \\
 &= \frac{93,9 \text{ gr}}{1630 \text{ cm}^3} \\
 &= 0,0576 \text{ gr/cm}^3
 \end{aligned}$$

Setelah mengetahui nilai berat isi serat plastik, selanjutnya mengitung berat serat plastik yang dibutuhkan pada tiap fraksi yaitu 10%; Diameter benda uji adalah 30 cm dengan tinggi 15 cm, sehingga :

$$\begin{aligned}
 V_{\text{silinder}} &= \pi r^2 t \\
 &= \left(\frac{22}{7}\right) (7,5)^2 (30) \\
 &= 5301.437 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

Berat serat yang dibutuhkan untuk satu benda uji dengan variasi fraksi 10% adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 W_{\text{serat}} &= \% \text{fraksi} \times V_{\text{silinder}} \times \text{Berat isi}_{\text{serat}} \\
 &= 10\% \times 5301.437 \text{ cm}^3 \times 0.0588 \text{ gr/cm}^3 \\
 &= 31.17 \text{ gr}
 \end{aligned}$$

Berat tersebut hanya digunakan untuk satu benda uji, dalam pelaksanaannya, peneliti membuat enam benda uji dalam sekali pengecoran agar benda uji memiliki karakteristik yang serupa. Sehingga untuk sekali pengecoran peneliti membutuhkan serat plastik sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 W_{\text{serat}} &= 31.17 \times 6 \\
 &= 190.2 \text{ gr}
 \end{aligned}$$

**Tabel 4.2**

Kebutuhan berat serat

Fraksi Plastik	Berat Serat (gram)	
	1 benda uji	6 benda uji
10 %	31.7	190.2

#### 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  $f'c$  17 Mpa

**Tabel 4.3**

Perencanaan *Mix Design* Beton Normal dengan Menggunakan Perbandingan Volume

Jenis Material	Perbandingan volume
Semen	1
Air	1,211
Pasir	2,18
Batu Pecah	2,93

**Tabel 4.4**

Perencanaan *Mix Design* Beton Normal dengan perbandingan volume Menggunakan data berat dalam sekali Mix

Jenis Material	Berat (kg)
Semen	14,62
Air	2,95
Pasir	31,81
Batu Pecah	42,79

**Tabel 4.5**

Perencanaan *Mix Design* Beton dengan *serat* plastik 10% Menggunakan Perbandingan volume dengan data berat

Jenis Material	Berat (kg)
Semen	14,62
Air	2,95
Pasir	31,81
Batu Pecah	42,79
<i>Serat plastik</i>	190,2

Campuran beton menggunakan nilai FAS yang berbeda – beda dikarenakan nilai slumpnya sudah ditentukan dan nilai slump tersebut tidak melebihi 16 cm. 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*)

Dalam penyusunan bahan beton yang sudah dicampurkan menghasilkan beton segar. Uji slump adalah pengujian yang dilakukan dan berguna untuk menunjukkan adanya kecelakaan (*workability*) dalam campuran beton segar tersebut. Dalam pengujian ini mendapatkan nilai slump yaitu penurunan dari campuran beton segar yang sudah dimasukkan di kerucut abrams dan dimasukkan nya tiap  $\frac{1}{3}$  bagian dalam setiap bagian akan ditumbuk sebanyak 25 kali. Setelah melakukan hal tersebut kerucut akan diangkat searah vertikal namun secara perlahan dan setelah itu mendapatkan penurunan dari beton segar. Nilai maksimal yang di dapat dalam pengujian uji slump ini yaitu 16 cm pada beton normal.



**Gambar 4.1** Proses Uji *Slump*

**Tabel 4.6**  
Hasil Pengujian *slump* Beton Segar

Jenis Beton	NILAI SLUMP	
Beton Normal Tanpa Serat	17 cm	
Beton Normal Serat 4 cm	Tanpa Serat	17 cm
	Ada Serat	15 cm
Beton Normal Serat 6 cm	Tanpa Serat	15 cm
	Ada Serat	14 cm

Pada pengujian Uji slump mendapatkan hasil yang sudah diperlihatkan pada tabel 4.5 dalam hasil tersebut mendapatkan hasil yang beragam tiap jenis beton. Dengan mengikat nilai slump yang tidak lebih dari 16 cm di dapat kan nilai slump pada beton normal dengan nilai 17 cm setelah diberi serat plastik dengan panjang 4 cm dan 6 cm nilai slump menjadi berkurang untuk serat dengan panjang 4 cm 15 cm dan untuk serat dengan panjang 6 cm 14 cm. Dari pengujian *slump* yang dilakukan didapatkan bahwa dengan penambahan serat dapat membuat kadar air dalam campuran beton berkurang khususnya pada agregat utama sehingga membuat nilai *slump* lebih rendah. Hal ini dimungkinkan air lebih menempel pada permukaan permukaan *serat plastik* dan bentuk permukaan *serat plastik* juga mempengaruhi tingkat penempelan air pada permukaan.

#### 4.2.2 Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan beton diuji pada umur 28 hari untuk mendapatkan nilai kuat tekan beton silinder yang berukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Benda uji dibuat sebanyak 16 buah untuk masing – masing jenis beton, dimana 4 buah untuk beton normal, 6 buah untuk beton dengan variasi serat plastik panjang 4 cm, 6 buah untuk beton dengan variasi serat plastik panjang 6 cm. Pada setiap benda uji dilakukan perawatan (*curing*) dengan melakukan cara merendam benda uji dalam air selama 7 hari selepas beton dilepas dari bekisting. Pengujian kuat tekan dilakukan setelah beton silinder sudah berumur 28 hari.

Pencampuran dilakukan dengan menggunakan molen berukuran kecil.

$$f_c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(4-3)$$

dimana :

$f_c$  = kuat tekan beton (MPa)

$P$  = beban maksimum (N)

$A$  = luas penampang silinder (mm<sup>2</sup>)

Dengan menggunakan rumus diatas, berikut ini contoh perhitungan uji kuat tekan pada beton

$P$  = 198600 N

$A$  =  $0,25 \times \pi \times (150)^2$

$$= 17678,57 \text{ mm}^2$$
$$f_c = \frac{198600}{17678,57} = 11,234 \text{ MPa}$$



**Gambar 4.2** Proses Pencampuran Material Beton



**Gambar 4.3** Proses Pencampuran Serat ke Adukan Beton

Setelah proses pencampuran beton dengan *serat* selesai kemudian dilakukan uji *slump* kedua setelah diberi tambahan *serat*. Setelah itu campuran diaduk dan dimasukkan ke dalam bekisting silinder dengan cara dituangkan perlahan sambil ditumbuk agar merata ke seluruh bagian bekisting.



**Gambar 4.4** Proses Pengujian Kuat Tekan Silinder Beton

**Tabel 4.7** Hasil Berat Isi Beton

No	Kode Benda Uji	Berat Beton (Kg)	Berat Isi Beton (Kg/m <sup>3</sup> )
1	Normal 1	12,60	2375,76
2	Normal 2	12,25	2309,76
3	Normal 3	12,25	2309,76
4	Normal 4	12,05	2272,05
5	N.Variasi 4 cm (1)	12,00	2262,63
6	N.Variasi 4 cm (2)	12,15	2290,91
7	N.Variasi 4 cm (3)	11,80	2224,92
8	N.Variasi 4 cm (4)	11,65	2196,63
9	N.Variasi 4 cm (5)	12,00	2262,63
10	N.Variasi 4 cm (6)	11,85	2234,34
11	N.Variasi 6 cm (1)	11,95	2253,20
12	N.Variasi 6 cm (2)	11,85	2234,34
13	N.Variasi 6 cm (3)	11,90	2243,77
14	N.Variasi 6 cm (4)	11,90	2243,77
15	N.Variasi 6 cm (5)	12,15	2290,91
16	N.Variasi 6 cm (6)	11,80	2224,92

Sesuai dengan SNI 03-2834-2000 bahwa berat isi beton pada umumnya berkisar antara 2200 – 2500 kg/m<sup>3</sup>. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa berat isi benda uji pada penelitian ini telah sesuai dengan syarat pada SNI.

Dengan mutu rencana  $f'_c$  17 Mpa pada beton normal mendapatkan nilai kuat tekan benda uji beton normal yaitu sebesar 13,440 Mpa dan

**Gambar 4.5** Hasil Pengujian Kuat Tekan Silinder Beton.

dimana dari hasil tersebut didapat kurang dari mutu yang di rencanakan awal. Hal ini disebabkan karena kondisi dari benda uji nya masih terlihat sedikit basah.

**Tabel 4.8** Hasil Pengujian Kuat Tekan dan Selisih Terhadap Beton Normal

No	Kode Benda Uji	Beban Maksimum (kN)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-Rata (MPa)	Selisih Terhadap Beton Normal (%)
1	Normal 1	236,3	13,366	14,051	0,000
2	Normal 2	260,5	14,735		
4	N.Variasi 4 cm (1)	183,4	10,374	12,559	-10,615
5	N.Variasi 4 cm (2)	195,3	11,047		
6	N.Variasi 4 cm (3)	287,4	16,257		
7	N.Variasi 6 cm (1)	198,6	11,234	11,971	-14,801
8	N.Variasi 6 cm (2)	181,5	10,267		
9	N.Variasi 6 cm (3)	254,8	14,413		

#### 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. Apabila beban diberikan sepanjang sumbu, maka elemen pada diameter vertikal akan mengalami tegangan tekan



vertikal dan tegangan tarik horizontal.

**Gambar 4.6** 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 ujii silinder (mm)

Contoh perhitungan :

Misal menghitung nilai kuat tarik belah N 4

Diketahui:  $P = 82000$  N

$L = 300$  mm

$D = 150$  mm

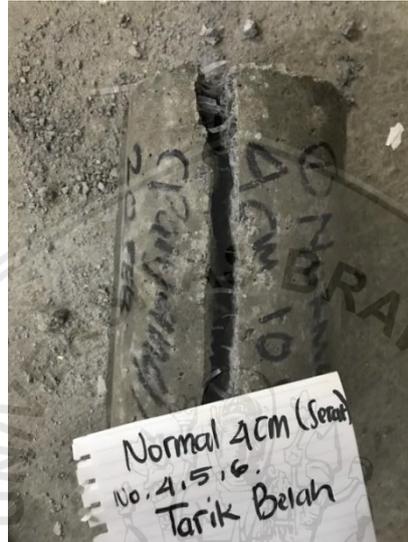
$$f_t = \frac{2 \times 82000}{\pi \times 300 \times 150} = 1,1600 \text{ MPa}$$

Hasil pengujian kuat tarik belah dapat dilihat selengkapnya pada tabel 4.9

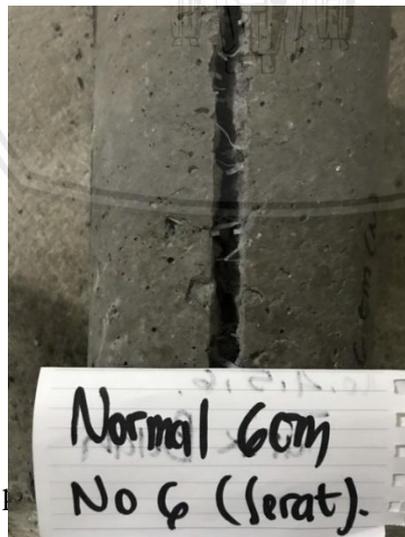
**Tabel 4.9**

No	Kode Benda Uji	Beban Maksimum (kN)	Kuat Tarik (MPa)	Kuat Tarik Rata-Rata (MPa)	Selisih Terhadap Beton Normal (%)	Standart Deviasi	SD (+)	SD (-)
1	Normal 3	86	1,216	1,188	0,000	0,040	1,228	1,148
2	Normal 4	82	1,160					
4	N.Variasi 4 cm (4)	76	1,075	1,122	-5,556	0,059	1,181	1,063
5	N.Variasi 4 cm (5)	78	1,103					
6	N.Variasi 4 cm (6)	84	1,188					
7	N.Variasi 6 cm (4)	83	1,174	1,183	-0,397	0,016	1,199	1,167
8	N.Variasi 6 cm (5)	85	1,202					
9	N.Variasi 6 cm (6)	83	1,174					

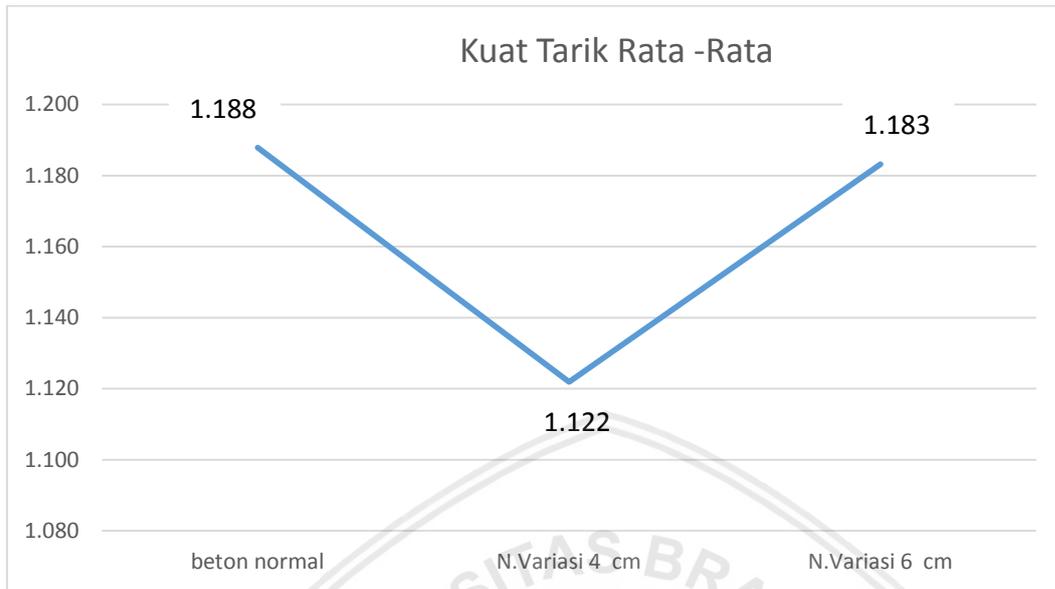
Pada tabel 4.9 disimpulkan bahwa kuat tarik belah rata – rata terbesar terdapat pada beton normal tanpa serat dengan nilai rata – rata 1.188 Mpa dengan penurunan 0,39% dari rata – rata beton normal dengan serat 4 cm. Serta nilai kuat tarik belah rata-rata memiliki nilai yang paling kecil dengan nilai rata-rata 1,122 Mpa pada beton normal dengan serat 4 cm.



**Gambar 4.7** Gambar persebaran serat plastik variasi panjang 4 cm



**Gambar 4.8** Gambar p... panjang 6 cm



**Gambar 4.9** Grafik Kuat Tarik Rata – Rata

#### 4.2.3.1 Hubungan Kuat Tekan dan Kuat Tarik

Dalam hal ini untuk mengoreksi ataupun mengecek data yang di peroleh dari kuat tekan rata – rata dan kuat tarik belah rata – rata mendapatkan hasil pada table 4.10 dibawah ini.

**Tabel 4.10**

No	Kode Benda Uji	Kuat Tekan Rata-Rata (MPa)	Kuat Tarik Rata-Rata (MPa)
1	Normal	14,051	1,188
2	Normal Variasi 4 cm	12,559	1,122
3	Normal Variasi 6 cm	11,971	1,183

Dari hasil pada table diatas bisa dihitung apakah penambahan serat plastik pada beton dapat berpengaruh terhadap kekuatan tarik belah tersebut. Dengan rumus sebagai berikut.

Perhitungan :

Beton Normal

$$f_r = 0,4 \sqrt{f_c}$$

$$1,188 = \dots \sqrt{14,051}$$

$$1,188 = \dots 3,748$$
$$= 0,31$$

Beton Normal Variasi 4 cm

$$f_r = 0,4 \sqrt{f_c}$$

$$1,122 = \dots \sqrt{12,559}$$

$$1,122 = \dots 3,543$$
$$= 0,33$$

Beton Normal Variasi 6 cm

$$f_r = 0,4 \sqrt{f_c}$$

$$1,183 = \dots \sqrt{11,971}$$

$$1,183 = \dots 3,459$$
$$= 0,34$$

Dalam perhitungan diatas koefisien dari beton normal, beton variasi 4 cm dan beton variasi 6 cm semakin meningkat hal ini menunjukkan bahwa penambahan serat plastik pada beton normal berpengaruh terhadap kuat tarik belah beton tersebut.

## 4.2.4 Uji Modulus Elastisitas

### 4.2.4.1 Uji Modulus Elastisitas (*extensometer*)

Uji 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 50% dari beban maksimum yang dimana saat beban telah turun 50% dari maksimum benda uji dianggap sudah runtuh dan saat itulah pembacaan *dial* pada *extensometer* dihentikan.

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



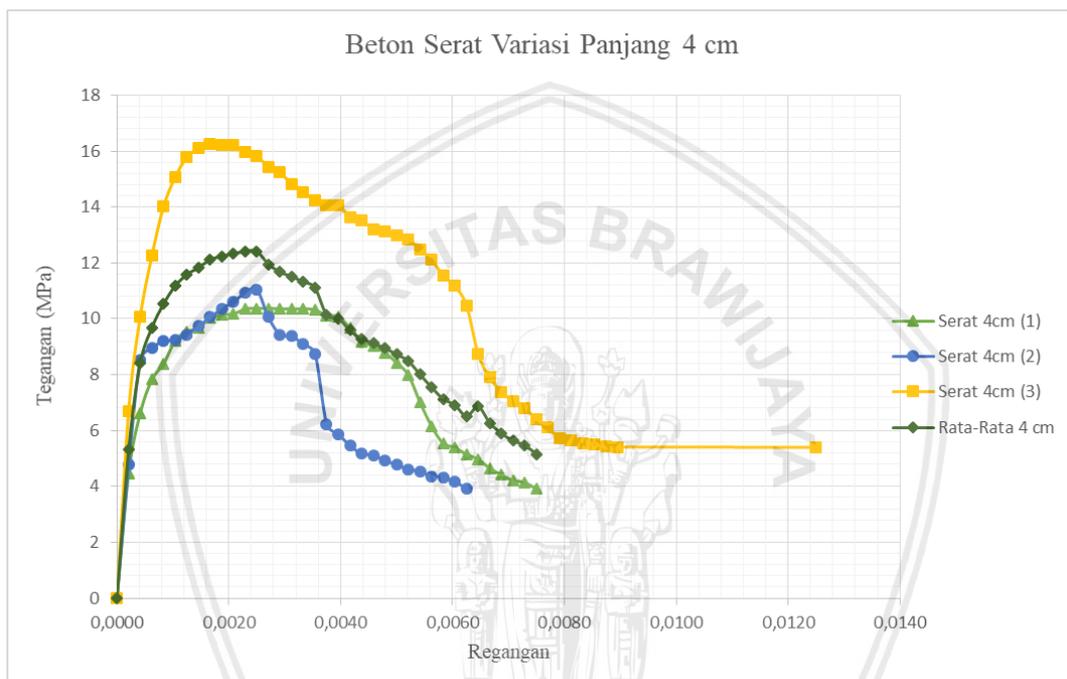
**Gambar 4.10** Proses Pengujian Kuat Tekan Silinder Beton

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

**Tabel 4.11** Tegangan dan regangan beton *variasi panjang 4 cm*

No	Regangan	Kode Benda Uji			Rata-Rata
		Serat 4cm (1)	Serat 4cm (2)	Serat 4cm (3)	Tegangan
		Tegangan	Tegangan	Tegangan	Tegangan
		(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
1	0,0000	0,000	0,000	0,000	0,000
2	0,0002	4,474	4,780	6,697	5,317
3	0,0004	6,624	8,536	10,086	8,415
4	0,0006	7,823	8,966	12,258	9,682
5	0,0008	8,383	9,192	14,011	10,529
6	0,0010	9,220	9,243	15,069	11,177
7	0,0013	9,543	9,424	15,776	11,581
8	0,0015	9,656	9,735	16,093	11,828
9	0,0017	10,023	10,052	16,257	12,111
10	0,0019	10,142	10,357	16,229	12,243
11	0,0021	10,171	10,606	16,206	12,328
12	0,0023	10,352	10,923	15,974	12,416
13	0,0025	10,374	11,047	15,816	12,412
14	0,0027	10,374	10,052	15,437	11,954
15	0,0029	10,357	9,429	15,239	11,675
16	0,0031	10,352	9,373	14,803	11,509
17	0,0033	10,357	9,084	14,526	11,323
18	0,0035	10,318	8,745	14,243	11,102
19	0,0038	10,120	6,234	14,045	10,133
20	0,0040	10,086	5,872	14,074	10,010
21	0,0042	9,673	5,464	13,615	9,584
22	0,0044	9,169	5,176	13,514	9,286
23	0,0046	9,028	5,125	13,208	9,120
24	0,0048	8,785	4,927	13,135	8,949
25	0,0050	8,428	4,780	12,965	8,724
26	0,0052	7,993	4,621	12,852	8,489
27	0,0054	7,020	4,537	12,473	8,010
28	0,0056	6,154	4,367	12,128	7,550
29	0,0058	5,543	4,327	11,534	7,135
30	0,0060	5,396	4,175	11,166	6,912
31	0,0063	5,147	3,920	10,476	6,514
32	0,0065	4,972	-	8,739	6,856
33	0,0067	4,650	-	7,902	6,276
34	0,0069	4,418	-	7,376	5,897
35	0,0071	4,214	-	7,059	5,637
36	0,0073	4,141	-	6,805	5,473
37	0,0075	3,909	-	6,409	5,159

38	0,0077	-	-	6,109	-
39	0,0079	-	-	5,713	-
40	0,0081	-	-	5,657	-
41	0,0083	-	-	5,549	-
42	0,0085	-	-	5,509	-
43	0,0088	-	-	5,442	-
44	0,0090	-	-	5,413	-
45	0,0125	-	-	5,402	-
				Max=	12,416



**Gambar 4.11** Grafik Hubungan antara tegangan dan regangan variasi panjang 4 cm

Modulus elastisitas merupakan kemiringan kurva tegangan terhadap regangan beton pada kondisi linier. Semakin besar kemiringan sudut grafik maka semakin besar juga nilai modulus elastisitasnya. Dari gambar 4.20 dapat dilihat grafik beton normal antar variasi mempunyai kemiringan sudut yang hampir serupa. Maka perbandingan nilai modulus elastisitas antar variasi 4 cm tidak dapat dilihat melalui grafik dan diperlukan perhitungan lebih lanjut

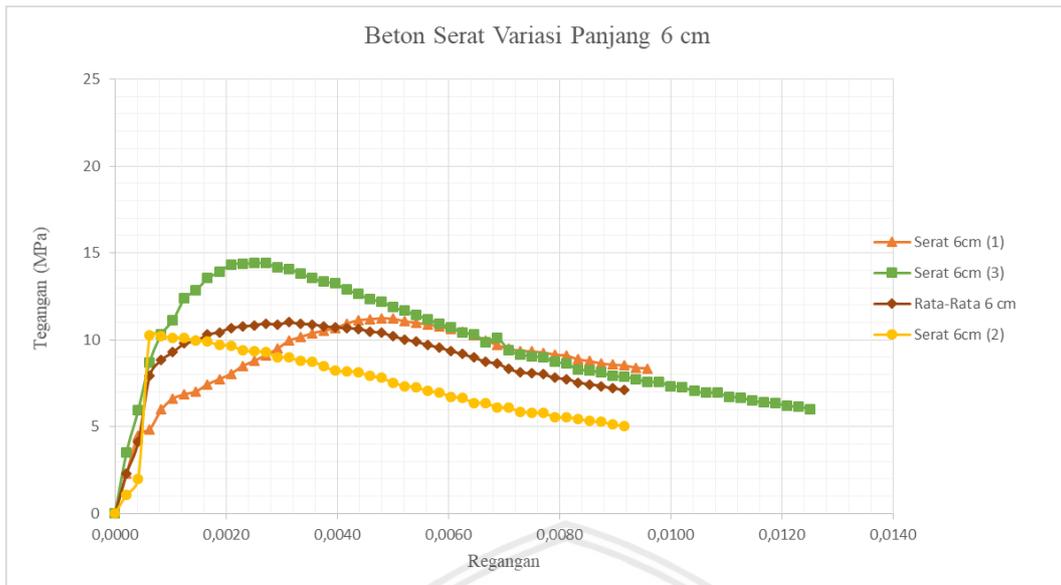
**Tabel 4.12** Tegangan dan regangan beton *variasi panjang 6 cm*

No	Regangan	Kode Benda Uji			Rata-Rata
		Serat 6cm (1)	Serat 6cm (3)	Serat 6cm (2)	Tegangan
		Tegangan (MPa)	Tegangan (MPa)	Tegangan (MPa)	Tegangan (MPa)
1	0,0000	0,000	0,000	0,000	0,000
2	0,0002	2,297	3,535	1,109	2,314
3	0,0004	4,497	5,934	1,980	4,137
4	0,0006	4,853	8,717	10,267	7,946
5	0,0008	5,985	10,306	10,210	8,834
6	0,0010	6,618	11,121	10,125	9,288
7	0,0013	6,867	12,377	10,114	9,786
8	0,0015	7,037	12,846	9,939	9,940
9	0,0017	7,450	13,536	9,905	10,297
10	0,0019	7,738	13,898	9,690	10,442
11	0,0021	8,049	14,339	9,673	10,687
12	0,0023	8,491	14,385	9,401	10,759
13	0,0025	8,785	14,402	9,333	10,840
14	0,0027	9,113	14,413	9,282	10,936
15	0,0029	9,480	14,158	9,017	10,885
16	0,0031	9,939	14,085	8,988	11,004
17	0,0033	10,159	13,819	8,796	10,925
18	0,0035	10,374	13,547	8,756	10,893
19	0,0038	10,527	13,338	8,491	10,785
20	0,0040	10,674	13,242	8,225	10,714
21	0,0042	10,934	12,886	8,191	10,670
22	0,0044	11,126	12,637	8,151	10,638
23	0,0046	11,189	12,331	7,919	10,480
24	0,0048	11,234	12,196	7,806	10,412
25	0,0050	11,211	11,873	7,546	10,210
26	0,0052	11,070	11,669	7,348	10,029
27	0,0054	10,985	11,415	7,280	9,893
28	0,0056	10,889	11,200	7,048	9,712
29	0,0058	10,759	10,906	6,986	9,550
30	0,0060	10,634	10,736	6,726	9,365
31	0,0063	10,476	10,408	6,658	9,181
32	0,0065	10,261	10,306	6,381	8,983
33	0,0067	9,984	9,859	6,369	8,738
34	0,0069	9,695	10,114	6,109	8,639
35	0,0071	9,486	9,413	6,092	8,330
36	0,0073	9,373	9,141	5,872	8,128
37	0,0075	9,333	9,067	5,826	8,076

38	0,0077	9,271	8,983	5,781	8,012
39	0,0079	9,147	8,728	5,566	7,814
40	0,0081	9,090	8,626	5,543	7,753
41	0,0083	8,875	8,298	5,453	7,542
42	0,0085	8,779	8,242	5,323	7,448
43	0,0088	8,638	8,117	5,289	7,348
44	0,0090	8,570	7,908	5,131	7,203
45	0,0092	8,524	7,874	5,029	7,142
46	0,0094	8,400	7,733	-	-
47	0,0096	8,360	7,580	-	-
48	0,0098	-	7,563	-	-
49	0,0100	-	7,348	-	-
50	0,0102	-	7,286	-	-
51	0,0104	-	7,048	-	-
52	0,0106	-	6,963	-	-
53	0,0108	-	6,946	-	-
54	0,0110	-	6,731	-	-
55	0,0113	-	6,686	-	-
56	0,0115	-	6,499	-	-
57	0,0117	-	6,409	-	-
58	0,0119	-	6,364	-	-
59	0,0121	-	6,211	-	-
60	0,0123	-	6,160	-	-
61	0,0125	-	6,030	-	-

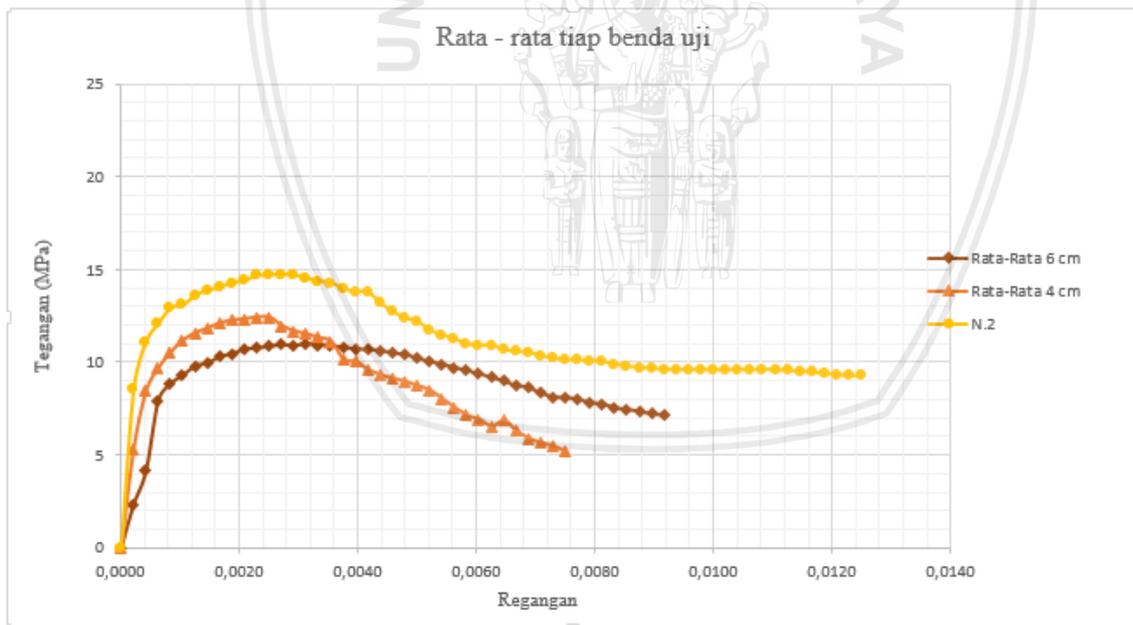
Max=

11,004



**Gambar 4.12** Grafik Hubungan antara tegangan dan regangan variasi panjang 6 cm

Dari gambar 4.12 dapat dilihat grafik beton normal variasi panjang 6 cm (3) mempunyai kemiringan sudut yang paling besar dibanding dengan kemiringan sudut grafik variasi serat 6 cm (1) dan serat 6 cm (2). Dapat disimpulkan bahwa beton normal serat 6



cm (3) mempunyai nilai modulus elastisitas yang paling besar.

**Gambar 4.13** Grafik Hubungan antara tegangan dan regangan rata – rata dari 4cm, 6cm dan normal

Dari gambar 4.13 dapat dilihat dari grafik rata – rata antar benda uji yaitu beton normal, beton variasi 4 cm, beton variasi 6 cm dari kemiringan sudut yang paling besar yaitu beton normal di bandingkan dengan beton variasi 4 cm dan 6 cm. Sedangkan beton 6 cm sudut kemiringan dari grafik diatas paling kecil dari beton normal dan beton variasi 4 cm.

### 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 :

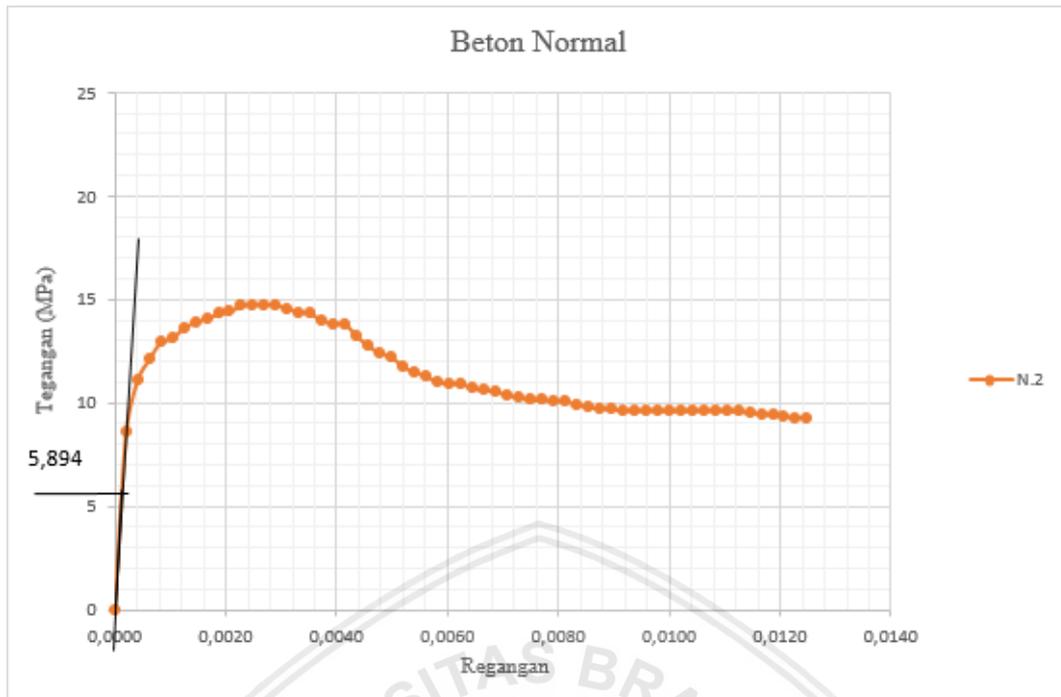
$E_c$  = Modulus Elastisitas Beton (MPa)

$f_{max}$  = tegangan beton maksimum (MPa)

$\varepsilon$  = regangan beton pada saat 40% tegangan maksimum

Contoh perhitungan :

- Cara pertama dapat dilakukan dengan cara melihat data pembacaan *extensometer* yang telah dijadikan tegangan regangan kemudian mencari nilai tegangan dan regangan pada 40% tegangan maksimum
- Cara kedua dengan plot grafik hasil pembacaan data *extensometer* seperti pada gambar 4.14



**Gambar 4.14** Grafik Hubungan Tegangan dan Regangan beton normal

- Dari grafik hubungan tegangan dan regangan pada gambar 4.14 tarik garis sejajar dengan titik 40% dari nilai maksimum, lalu dibuat garis bantu linier yang bersinggungan dengan grafik tersebut sehingga diperoleh batas elastis linier yang terletak pada tegangan 5,894 Mpa dan Regangan sebesar 0,0001
- Menghitung nilai secan modulus elastisitas:

$$E_c = \frac{5,894}{0,0001} = 47153,131 \text{ MPa}$$

Berikut hasil pengujian modulus elastisitas secan dapat dilihat pada tabel

**Tabel 4.13**  
Hasil pengujian uji modulus elastisitas secan

No	Kode Benda Uji	Tegangan Maksimum (MPa)	40% Tegangan Maksimum (MPa)	Regangan Saat 40% Tegangan Maksimum	Modulus Elastisitas (MPa)	Modulus Elastisitas Rata-Rata (MPa)
1	N.2	14,735	5,894	0,0001	47153,131	47153,131
2	N.Variasi 4 cm (1)	10,374	4,150	0,0002	24897,939	25774,028
3	N.Variasi 4 cm (2)	11,047	4,419	0,0002	21210,764	
4	N.Variasi 4 cm (3)	16,257	6,503	0,0002	31213,382	
5	N.Variasi 6 cm (1)	11,234	4,494	0,0005	9804,165	11677,986
6	N.Variasi 6 cm (2)	10,267	4,107	0,0004	9856,000	
7	N.Variasi 6 cm (3)	14,413	5,765	0,0004	15373,791	

Pada tabel 4.13 dapat diketahui bahwa modulus elastisitas paling besar didapat oleh beton normal tanpa serat dengan nilai modulus elastisitas 47153,131 Mpa. Sedangkan beton normal dengan variasi panjang 4 cm (3) merupakan benda uji dengan nilai modulus elastisitas paling besar diantara beton normal variasi yang lainnya dengan nilai 31213,382 Mpa.

## 2. Perhitungan Modulus Elastisitas Initial Tangen

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

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

dimana :

$E_c$  = Modulus elastisitas beton (MPa)

$S_1$  = Tegangan awal yang terjadi

$c$  = Regangan longitudinal akibat Tegangan  $S_1$

Contoh perhitungan :

$$E_c = \frac{4,474}{0,0002} = 22370 \text{ MPa}$$

**Tabel 4.14**

Hasil pengujian uji modulus elastisitas initial tangen

No	Kode Benda Uji	Tegangan Awal (MPa)	Regangan Awal	Initial Tangen Modulus Elastisitas (MPa)	Modulus Elastisitas Rata-Rata (MPa)
1	N.2	8,541414141	0,0002	42707,071	42707,071
2	N.Variasi 4 cm (1)	4,474343434	0,0002	22371,717	26585,859
3	N.Variasi 4 cm (2)	4,77979798	0,0002	23898,990	
4	N.Variasi 4 cm (3)	6,697373737	0,0002	33486,869	
5	N.Variasi 6 cm (1)	2,296565657	0,0002	11482,828	14234,865
6	N.Variasi 6 cm (2)	2,709	0,0002	13545,000	
7	N.Variasi 6 cm (3)	3,535353535	0,0002	17676,768	

Pada tabel 4.14 dapat diketahui bahwa perhitungan modulus elastisitas Initial Tangen dengan nilai paling besar didapat oleh beton normal tanpa serat dengan nilai

modulus elastisitas 42707,071 Mpa. Sedangkan beton ringan dengan variasi 4 cm (3) merupakan benda uji dengan nilai modulus elastisitas paling besar diantara beton normal bervariasi lainnya dengan nilai 33486,869 Mpa.

### 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

$$E_c = 0.043 \times W_c^{1.5} \times f_c^{0.5} \dots\dots\dots(4 - 6)$$

Keterangan :

$E_c$  = Modulus elastisitas beton (MPa)

$W_c$  = Berat satuan beton ( $\text{kg/m}^3$ )

$f_c$  = Kuat Tekan beton silinder (MPa)

Contoh Perhitungan :

Misal menghitung modulus elastisitas benda uji Normal 1

Diketahui :  $W_c = 2262.626 \text{ kg/m}^3$

$$f'_c = 10,374 \text{ MPa}$$

Sehingga :  $E_c = 0.043 \times 2262.626^{1.5} \times 10,374^{0.5}$

$$= 14906,091 \text{ MPa}$$

Berikut hasil pengujian modulus elastisitas dengan menggunakan rumus SK SNI T – 15 – 1991 ( $1500 \leq W_c \leq 2500 \text{ kg/m}^3$ ) dapat dilihat pada tabel 4.15

**Tabel 4.15**Modulus elastisitas menurut SK SNI T – 15 – 1991 ( $1500 \leq W_c \leq 2500 \text{ kg/m}^3$ )

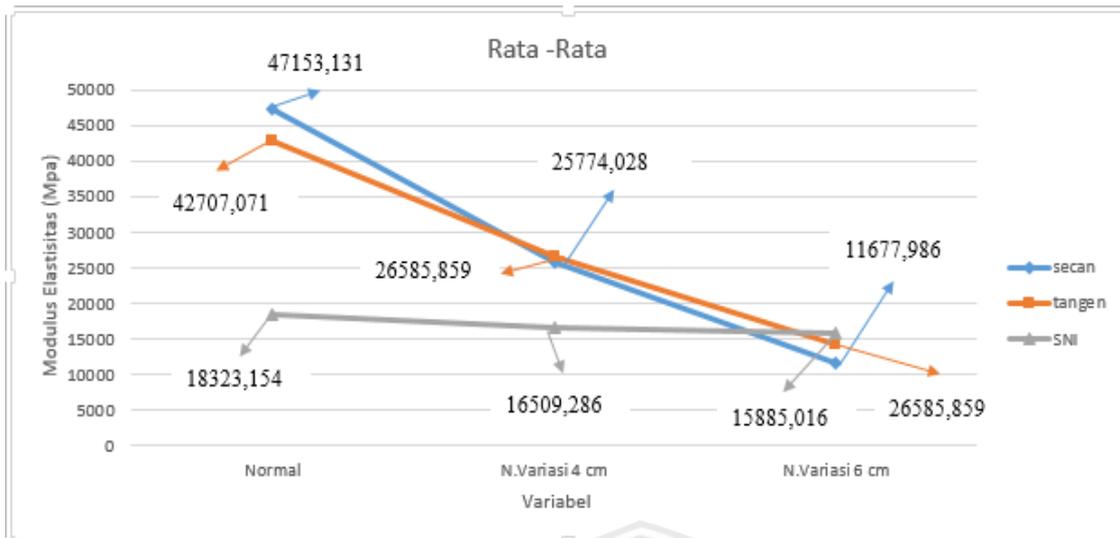
No	Kode Benda Uji	Beban Maksimum (kN)	Kuat Tekan (MPa)	Berat Benda Uji (Kg)	Berat Isi Beton ( $\text{Kg/m}^3$ )	Modulus Elastisitas (MPa)	Modulus Elastisitas Rata-Rata (MPa)
1	N.2	260,500	14,735	12,25	2309,764	18323,154	18323,154
2	N.Variasi 4 cm (1)	183,400	10,374	12	2262,626	14906,091	16509,286
3	N.Variasi 4 cm (2)	195,300	11,047	12,15	2290,909	15671,399	
4	N.Variasi 4 cm (3)	287,400	16,257	11,8	2224,916	18950,368	
5	N.Variasi 6 cm (1)	198,600	11,234	11,95	2253,199	15753,023	15885,016
6	N.Variasi 6 cm (2)	181,500	10,267	11,85	2234,343	14551,511	
7	N.Variasi 6 cm (3)	254,800	14,413	11,9	2243,771	17350,516	

Pada tabel 4.15 diketahui bahwa perhitungan modulus elastisitas dengan cara SK SNI-T-15-1991 paling besar didapat oleh beton normal variasi 4 cm (3) dengan nilai modulus elastisitas 18950,368 Mpa. Sedangkan beton normal tanpa serat dengan nilai dibawah dari variasi 4 cm (3) dengan nilai 18323,154.

**Tabel 4.16**  
Selisih Nilai Modulus Elastisitas

No	Kode Benda Uji	Secan Modulus Elastisitas (MPa)	Initial Tangen Modulus Elastisitas (MPa)	Modulus Elastisitas Berdasarkan SNI (MPa)	Selisih % Nilai Secan Modulus Elastisitas dan Berdasarkan SNI (%)	Selisih % Nilai Initial-Tangen Modulus Elastisitas dan Berdasarkan SNI (%)
1	N.2	47153,131	42707,071	18323,154	-1,573	-1,331
2	N.Variasi 4 cm (1)	25774,028	26585,859	16509,286	-0,561	-0,610
3	N.Variasi 4 cm (2)					
4	N.Variasi 4 cm (3)					
5	N.Variasi 6 cm (1)	11677,986	14234,865	15885,016	0,265	0,104
6	N.Variasi 6 cm (2)					
7	N.Variasi 6 cm (3)					

Pada tabel 4.16 terdapat penjabaran selisih untuk masing-masing metode perhitungan modulus elastisitas. Modulus elastisitas dengan cara SK SNI-T-15-1991 digunakan sebagai pembanding karena metode perhitungan dengan menggunakan Secan Modulus dan Initial Modulus merupakan 2 metode yang menggunakan hasil regangan dan tegangan benda uji. Sedangkan perhitungan menggunakan cara SK SNI-T-15-1991 merupakan cara mencari nilai modulus elastisitas berdasarkan mutu beton. Dari data tersebut, diketahui bahwa nilai modulus elastisitas yang paling tinggi antar benda uji dengan serat plastik diperoleh benda uji beton normal dengan nilai sebesar 47153,131 MPa dengan metode perhitungan secan. Pembahasan modulus elastisitas juga berhubungan dengan hasil uji kuat tekan pada pembahasan sebelumnya yaitu nilai rata-rata mutu beton benda uji tanpa serat lebih tinggi daripada nilai rata-rata mutu beton benda uji dengan variasi panjang 4 cm dan 6 cm. Dari pernyataan tersebut menguatkan alasan rendahnya nilai modulus elastisitas beton dengan penambahan serat dibandingkan beton tanpa serat karena modulus elastisitas berhubungan dengan tegangan yang diperoleh benda uji.



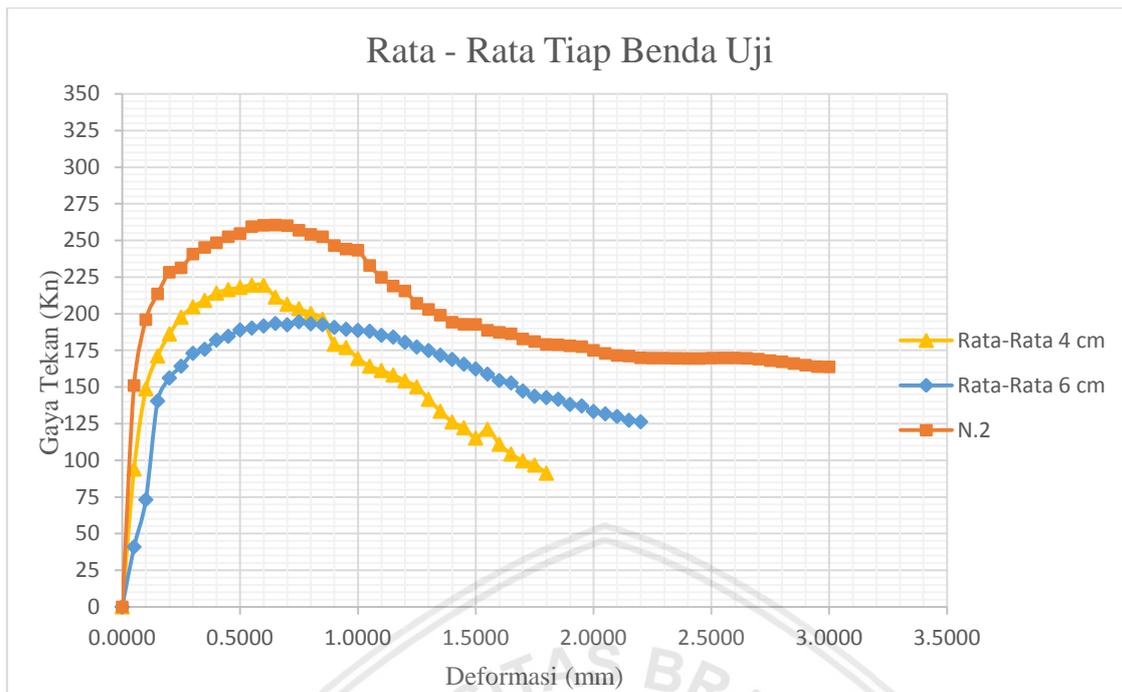
**Gambar 4.15** Grafik Modulus Elastisitas Secan, Tangen, SNI

#### 4.2.5 Daktilitas

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

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

Pada gambar 4.15 digambarkan grafik gaya tekan dengan deformasi yang terjadi pada masing-masing benda uji untuk daktilitas initial tangen :



Gambar 4.16 Grafik rata-rata hubungan P beban dan  $\Delta$  tiap benda uji

#### A. Daktilitas Initial Tangen

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

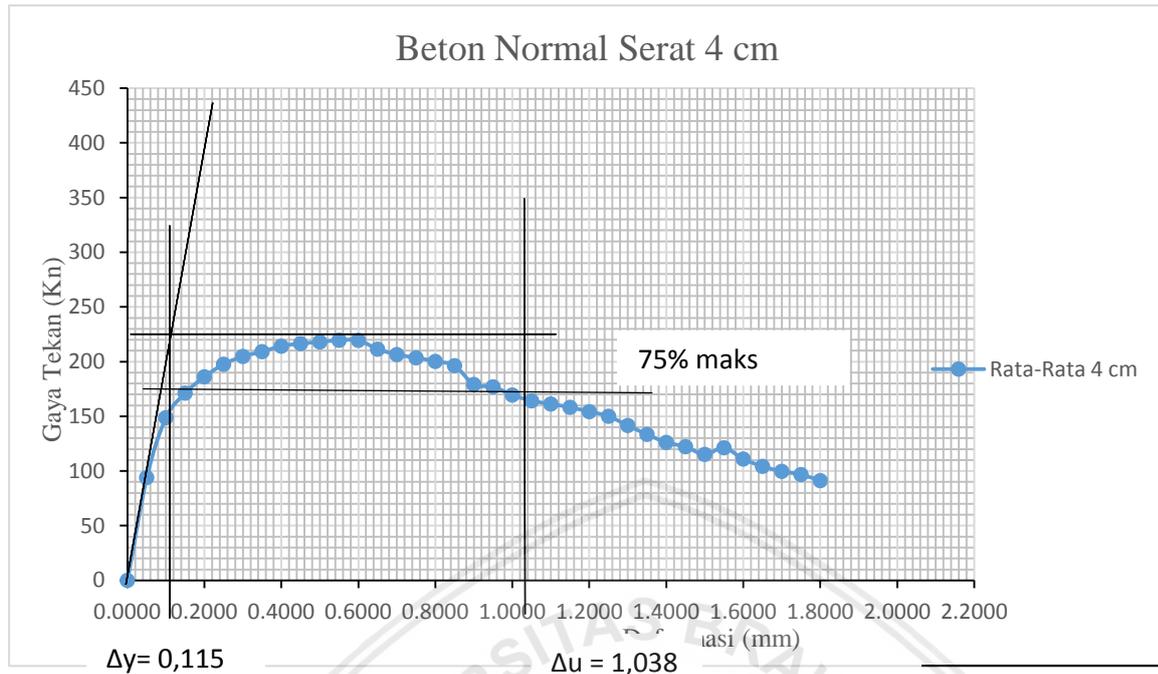
$$\mu_{\Delta} = \frac{\Delta u}{\Delta y_t} \dots\dots\dots (4 - 7)$$

Dimana :

$\mu_{\Delta}$  = Nilai daktilitas

$\Delta u$  = Deformasi akhir (mm)

$\Delta y$  = Deformasi leleh awal initial tangen (mm)



Gambar 4.17 Grafik proses perhitungan daktilitas initial tangen beton normal 4cm

Pada gambar 4.17 dijelaskan proses perhitungan daktilitas initial tangen dengan menggunakan grafik yang didapat dari hasil rata-rata tiap benda uji. Dapat dilihat grafik tersebut dihentikan saat gaya tekan telah mencapai 75% dari gaya tekan maksimum.

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

$$P \text{ maks} = 219,500 \text{ kN}$$

$$\Delta u = 1,038 \text{ mm}$$

$$\Delta y = 0,115 \text{ mm}$$

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

$$\mu_{\Delta} = \frac{1,038 \text{ mm}}{0,115 \text{ mm}}$$

$$\mu_{\Delta} = 9,026$$

Berikut hasil pengujian daktilitas initial tangen dapat dilihat pada tabel 4.17

**Tabel 4.17**

Tabel nilai perhitungan daktilitas initial tangen

No	Kode Benda Uji	Gaya Tekan Maksimum (kN)	75% Gaya Tekan Maksimum (kN)	$\Delta u$ (mm)	$\Delta y$ (mm)	Daktilitas Saat 75% Gaya Maksimum
1	Normal	260,500	195,375	1,23	0,08	15,375
2	Serat 4 cm	219,500	164,625	1,038	0,115	9,026
3	Serat 6 cm	194,533	145,900	1,612	0,25	6,448

P  
ada tabel  
4.17  
didapat  
hasil  
daktilitas  
pada  
masing-

masing benda uji dimana daktilitas terbesar didapat dari variasi beton normal tanpa serat sebesar 15,375 sedangkan daktilitas paling kecil terjadi pada beton normal serat 6 cm sebesar 6,448. Hasil tersebut dapat menyimpulkan bahwa penambahan serat plastik pada beton dengan variasi panjang tidak mempengaruhi sifat daktilitas beton pada umumnya yaitu sifat daktilitas yang berbanding terbalik dengan mutu beton maksimum yang diperoleh. Semakin besar mutu beton yang diperoleh suatu benda uji maka nilai daktilitasnya akan semakin kecil.

### B. Daktilitas Secan

Daktilitas Secan adalah kemiringan dari garis lurus kurva gaya tekan dan deformasi dimana nilai gaya tekan dan deformasi yang digunakan untuk memperoleh nilai tersebut bernilai 40% dari gaya tekan maksimum yang terjadi pada beton tersebut. Adapun perhitungan daktilitas secan dapat dirumuskan sebagai berikut

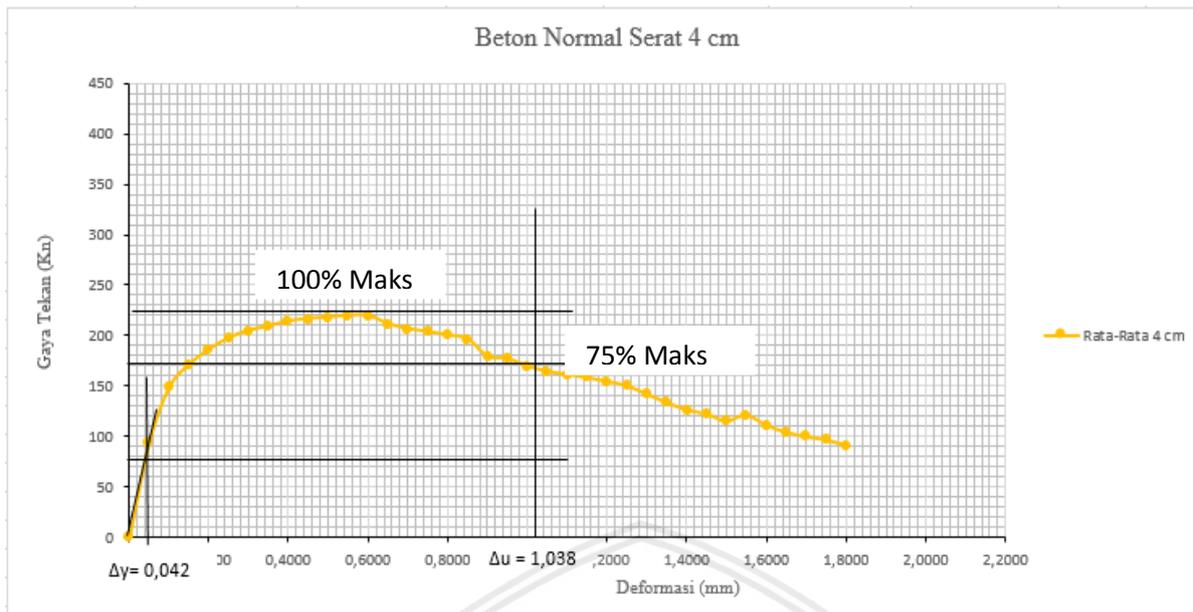
$$\mu_{\Delta} = \frac{\Delta u}{\Delta y_s} \dots\dots\dots (4 - 8)$$

Dimana :

$\mu_{\Delta}$  = Nilai daktilitas

$\Delta u$  = Deformasi akhir (mm)

$\Delta y$  = Deformasi leleh awal secan (mm)



Gambar 4.18 Grafik proses perhitungan daktilitas secan beton normal serat 4cm

Pada gambar 4.18 dijelaskan proses perhitungan daktilitas secan dengan menggunakan grafik yang didapat dari hasil rata-rata tiap benda uji. Titik untuk menentukan garis awal ditentukan sebesar 40% dari P maksimum.

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

$$40\% P \text{ maks} = 164,625 \text{ kN}$$

$$\Delta y = 0,042 \text{ mm}$$

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

$$\mu_{\Delta} = \frac{1,038 \text{ mm}}{0,042 \text{ mm}}$$

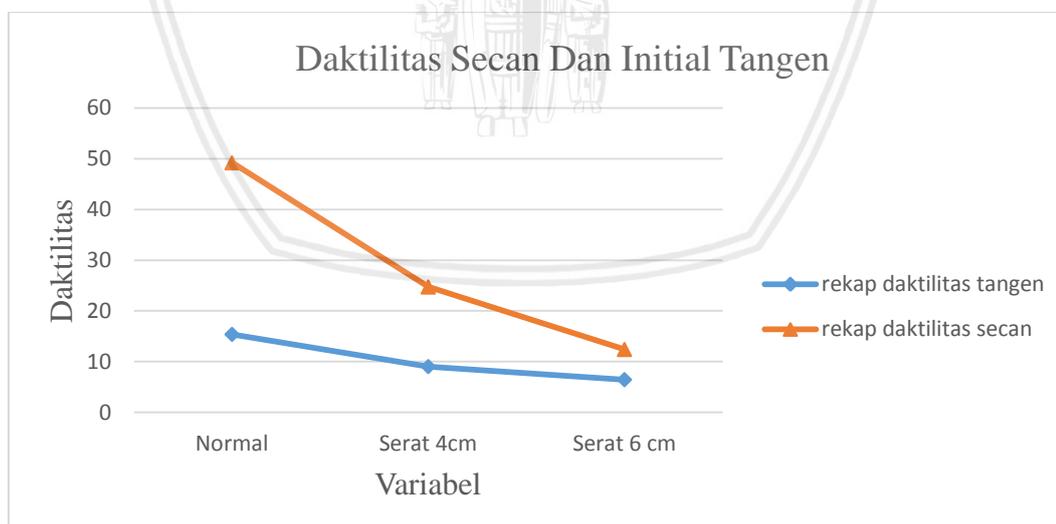
$$\mu_{\Delta} = 24,714$$

**Tabel 4.18**

Tabel nilai perhitungan daktilitas secan

No	Kode Benda Uji	Gaya Tekan Maksimum (kN)	40% Gaya Tekan Maksimum (kN)	$\Delta u$ (mm)	$\Delta y$ (mm)	Daktilitas Saat 40% Gaya Maksimum
1	Normal	260,500	104,200	1,23	0,025	49,200
2	Serat 4 cm	219,500	87,800	1,038	0,042	24,714
3	Serat 6 cm	194,533	77,813	1,612	0,13	12,400

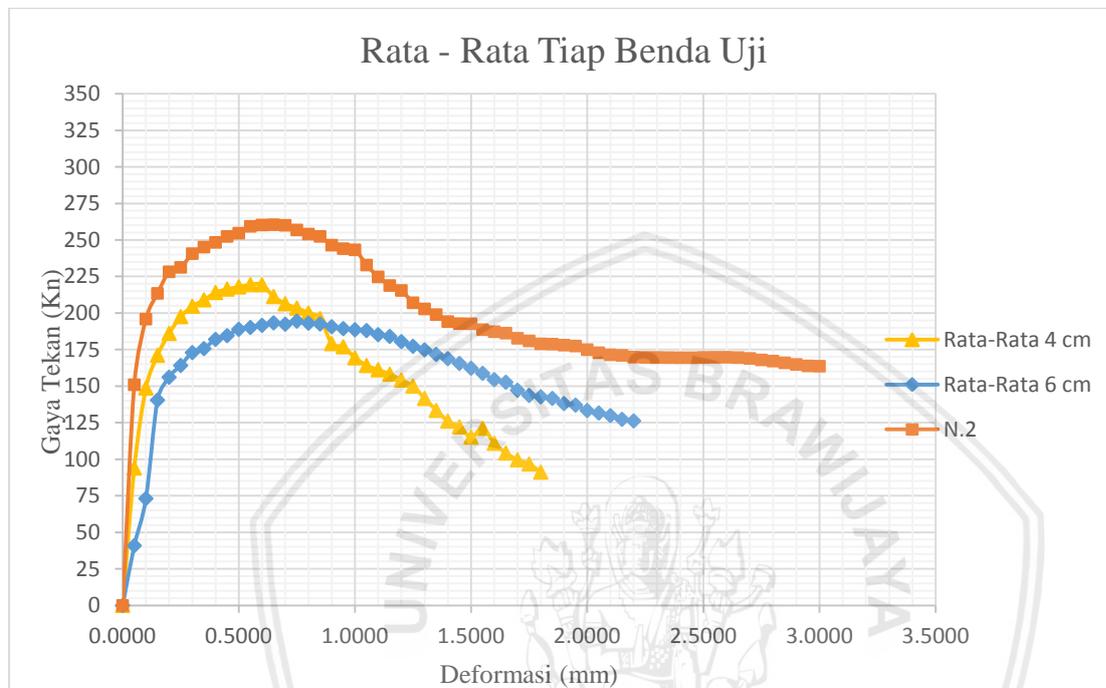
Pada tabel 4.18 didapat hasil daktilitas secan pada masing-masing benda uji dimana daktilitas terbesar didapat dari variasi beton normal tanpa serat sebesar 49,200 sedangkan daktilitas paling kecil terjadi pada beton normal serat 6 cm sebesar 12,400. Hasil tersebut dapat menyimpulkan bahwa penambahan serat plastik pada beton dengan variasi panjang tidak mempengaruhi sifat daktilitas beton pada umumnya yaitu sifat daktilitas yang berbanding terbalik dengan mutu beton maksimum yang diperoleh. Semakin besar mutu beton yang diperoleh suatu benda uji maka nilai daktilitasnya akan semakin kecil.



Gambar 4.19 Grafik Nilai dari Daktilitas Tangen dan Daktilitas Secan

#### 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. Data yang akan digunakan dalam proses menghitung kekakuan adalah data dari grafik rata-rata tiap benda uji yang digambarkan pada gambar 4.20



Gambar 4.20 Grafik rata-rata P beban dan  $\Delta$  tiap benda uji

##### A. Kekakuan Initial Tangen

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

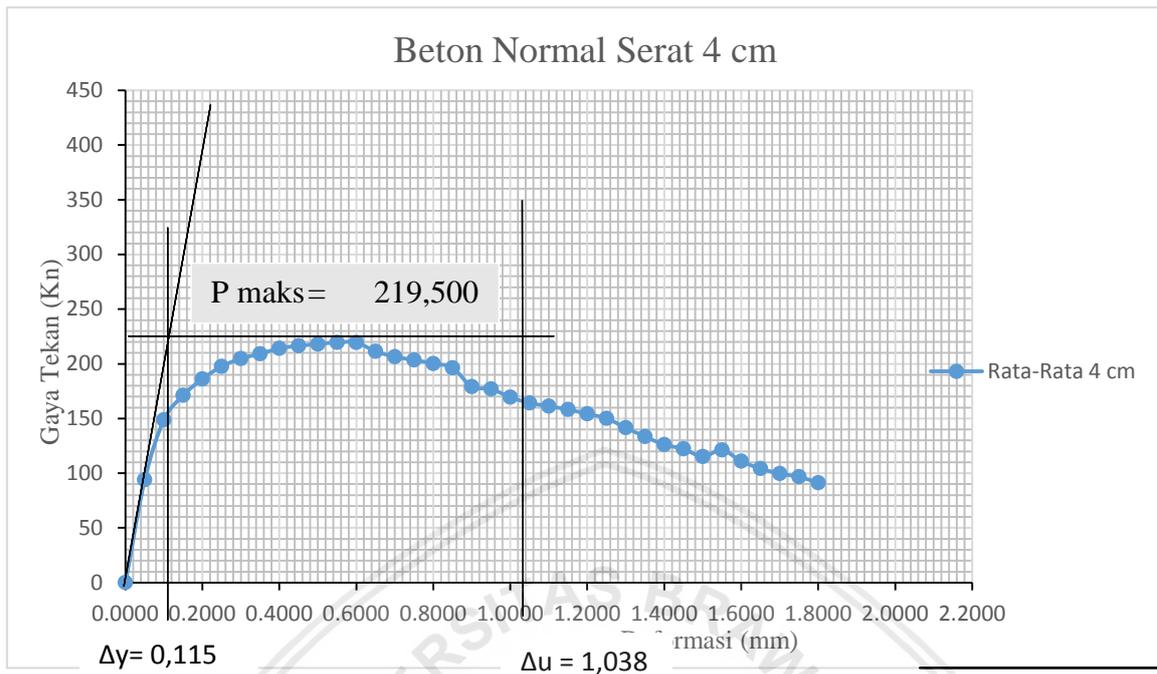
$$k = \frac{P_{maks}}{\Delta y} \dots\dots\dots (4 - 8)$$

Dimana :

k = Kekakuan Struktur (kN/mm)

Pmaks = Gaya Tekan Maksimum (kN)

$\Delta y$  = Deformasi (mm)



Gambar 4.21 Grafik proses perhitungan kekakuan initial tangen variasi serat 4 cm

Contoh perhitungan kekakuan initial tangen menggunakan grafik rata-rata tiap benda uji. Dari gambar 4.21 diketahui data:

$$P \text{ maks} = 219,500 \text{ kN}$$

$$\Delta y_t = 0,115 \text{ mm}$$

$$k = \frac{P_{maks}}{\Delta y_t}$$

$$k = \frac{219,500 \text{ kN}}{0,115 \text{ mm}}$$

$$k = 763,478 \text{ kN/mm}$$

**Tabel 4.19**

Tabel data Kekakuan Initial Tangen

No	Kode Benda Uji	Gaya Tekan Maksimum (kN)	Gaya Tekan Saat Kondisi Leleh (kN)	$\Delta y$ (mm)	Kekakuan Saat Kondisi Leleh (kN/mm)
1	Normal	260,500	104,200	0,08	1302,500
2	Serat 4 cm	219,500	87,800	0,115	763,478
3	Serat 6 cm	194,533	77,813	0,25	311,253

Pada tabel 4.19 didapat hasil kekakuan rata-rata pada masing masing benda uji menggunakan perhitungan kekakuan initial tangen dimana kekakuan terbesar didapat dari variasi beton normal tanpa serat sebesar 1302,500 kN/mm sedangkan kekakuan paling kecil terjadi pada beton normal serat 6 cm sebesar 311,253 kN/mm. Dari hasil tersebut disimpulkan bahwa penambahan serat plastik tidak menambah kekakuan beton ringan tanpa serat dan justru menurunkan sifat kekakuan.

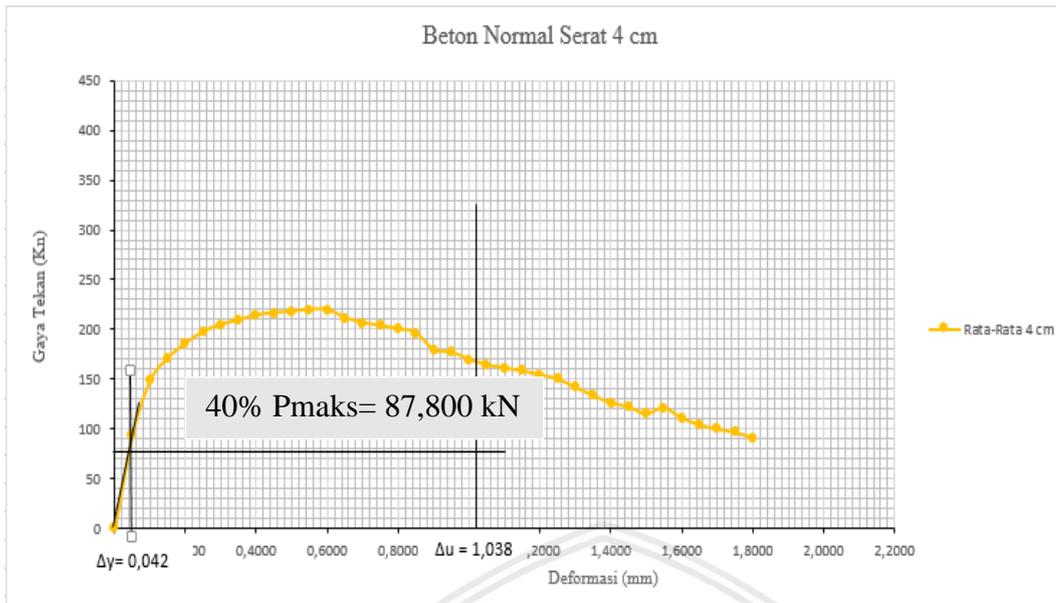
### B. Kekakuan Secan

Kekakuan Secan adalah kemiringan dari garis lurus kurva gaya tegan dan deformasi dimana nilai gaya tekan dan deformasi yang digunakan untuk memperoleh nilai tersebut bernilai 40% dari gaya tekan maksimum yang terjadi pada beton tersebut. Adapun perhitungan kekakuan secan dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$k = \frac{0.4P_{maks}}{\Delta y} \dots\dots\dots (4 - 8)$$

Dimana :

- k = Kekakuan Struktur (kN/mm)
- 0.4 Pmaks = 40% Gaya Tekan Maksimum (kN)
- $\Delta y$  = Deformasi (mm)



Gambar 4.22 Grafik proses perhitungan kekakuan secan variasi serat 4 cm

Contoh perhitungan kekakuan initial tangen menggunakan grafik rata-rata tiap benda uji. Dari gambar 4.22 diketahui data:

$$P \text{ maks} = 219,500 \text{ kN}$$

$$40\% P_{\text{maks}} = 87,800 \text{ kN}$$

$$\Delta y = 0,042 \text{ mm}$$

$$k = \frac{0.75 P_{\text{maks}}}{\Delta y}$$

$$k = \frac{87,800 \text{ kN}}{0,042 \text{ mm}}$$

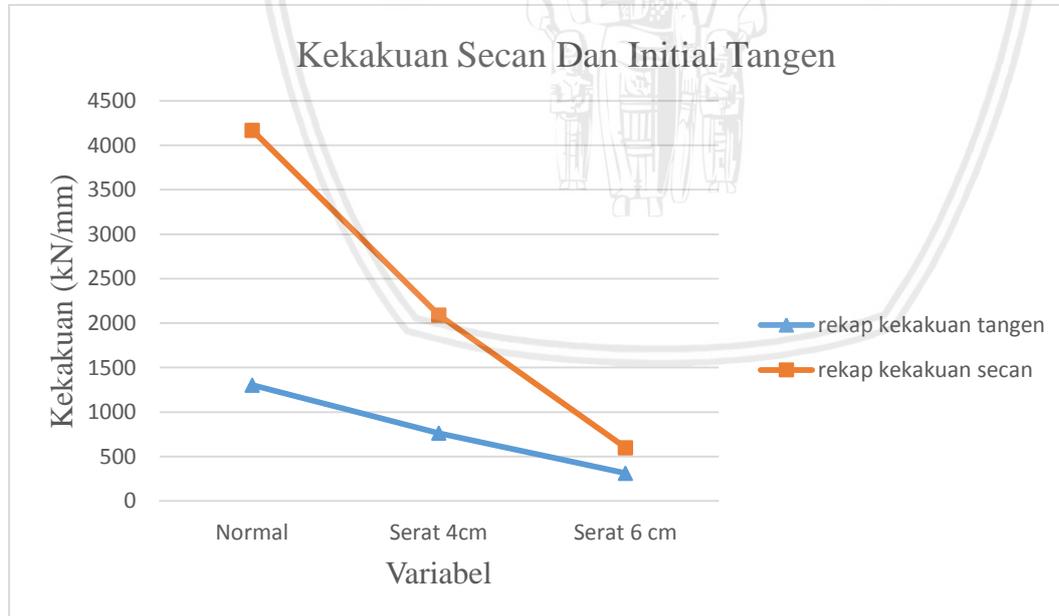
$$k = 2090,476 \text{ kN/mm}$$

**Tabel 4.20**

Tabel data Kekakuan Secan

No	Kode Benda Uji	Gaya Tekan Maksimum (kN)	Gaya Tekan Saat Kondisi Leleh (kN)	$\Delta y$ (mm)	Kekakuan Saat Kondisi Leleh (kN/mm)
1	Normal	260,500	104,200	0,025	4168,000
2	Serat 4 cm	219,500	87,800	0,042	2090,476
3	Serat 6 cm	194,533	77,813	0,13	598,564

Pada tabel 4.20 didapat hasil kekakuan rata-rata pada masing masing benda uji menggunakan perhitungan kekakuan secan dimana kekakuan terbesar didapat dari variasi beton normal tanpa serat sebesar 4168,000 kN/mm sedangkan kekakuan paling kecil terjadi pada beton normal serat 6 cm sebesar 598,564 kN/mm. Dari hasil tersebut disimpulkan bahwa penambahan serat plastik tidak menambah kekakuan beton ringan tanpa serat dan justru menurunkan sifat kekakuan.



Gambar 4.23 Grafik Nilai dari Kekakuan Secan dan Initial Tangen.

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Sesuai dengan hasil penelitian yang telah dibahas, maka kesimpulan yang dapat diambil berdasarkan rumusan masalah adalah sebagai berikut :

1. Pada pengujian kuat tekan, beton normal tanpa serat memiliki kuat tekan paling tinggi dibandingkan dengan beton normal penambahan serat plastik, yaitu dengan nilai rata – rata 14,051 Mpa. Dari hasil ini dapat disimpulkan bahwa penambahan serat plastik pada beton normal tidak dapat menaikkan kuat tekan beton normal tanpa serat.
2. Pada pengujian kuat tarik belah beton normal tanpa serat dan beton normal variasi panjang 6 cm mendapatkan nilai rata – rata yang hanya berselisih 0,005 sehingga diperlukan perhitungan lebih lanjut agar bisa mengetahui penambahan serat terhadap beton berpengaruh atau tidak. Dan hasil dari perhitungan tersebut menunjukkan bahwa penambahan serat plastik variasi panjang terhadap beton berpengaruh menambah kekuatan kuat tarik belah.
3. Dalam pengujian modulus elastisitas mendapatkan nilai modulus elastisitas berdasarkan cara perhitungan dengan modulus elastisitas berdasarkan SK SNI-T-15-1991, modulus elastisitas secan dan yang ketiga modulus elastisitas tangen. Dari ketiga cara ini dalam perhitungan modulus elastisitas mendapatkan, beton normal tanpa serat memiliki nilai modulus elastisitas paling tinggi di antara beton normal dengan serat dengan variasi panjang 4 cm dan 6 cm. Nilai ini didapatkan dari hasil perhitungan modulus elastisitas secan dengan nilai rata – rata sebesar 47153,131 Mpa.
4. Dalam pengujian kuat tekan dan modulus elastisitas mendapatkan hasil penambahan serat plastik variasi panjang terhadap beton normal tidak berpengaruh dalam menambah kekuatan beton tersebut. Namun pada pengujian kuat tarik belah



penambahan serat plastik variasi panjang terhadap beton normal berpengaruh dalam kekuata tarik belah beton normal tersebut.

## 5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan yang telah dijelaskan, maka penulis memberikan beberapa saran yang dapat digunakan untuk penelitian selanjutnya guna memperbaiki kekurangan penelitian ini, antara lain adalah:

1. Dalam tahap curing harus sangat diperhatikan dan dilakukan sesuai dengan prosedur.
2. Perlunya melakukan penelitian ke tahap selanjutnya atau tahap yang lebih detail dengan variasi yang lebih banyak atau luas untuk mengetahui apakah penambahan serat ini menimbulkan efek yang positif terhadap beton normal.
3. Meneliti kembali cara pemotongan yang sesuai dengan dimensi yang diinginkan agar serat plastik yang di potong bisa bekerja dengan maksimal.
4. Membuat benda uji dengan skala yang lebih besar lagi agar data yang didapatkan semakin banyak dan beragam supaya bisa mentoleransi sebuah kesalahan dalam proses pengujian beton.

**DAFTAR PUSTAKA**

- 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
- Halidazia. 2018. "Pengaruh Variasi Kait Serat Kaleng Kemasan Terhadap Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah Dan Modulus Elastisitas Beton Ringan".  
Fakultas Teknik. Universitas Brawijaya.