

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>	<i>Dense</i>		<i>Loose</i>	<i>Dense</i>
	(gr)	(gr)		(gr/cm3)	(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 skala 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 (mm^2)

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.

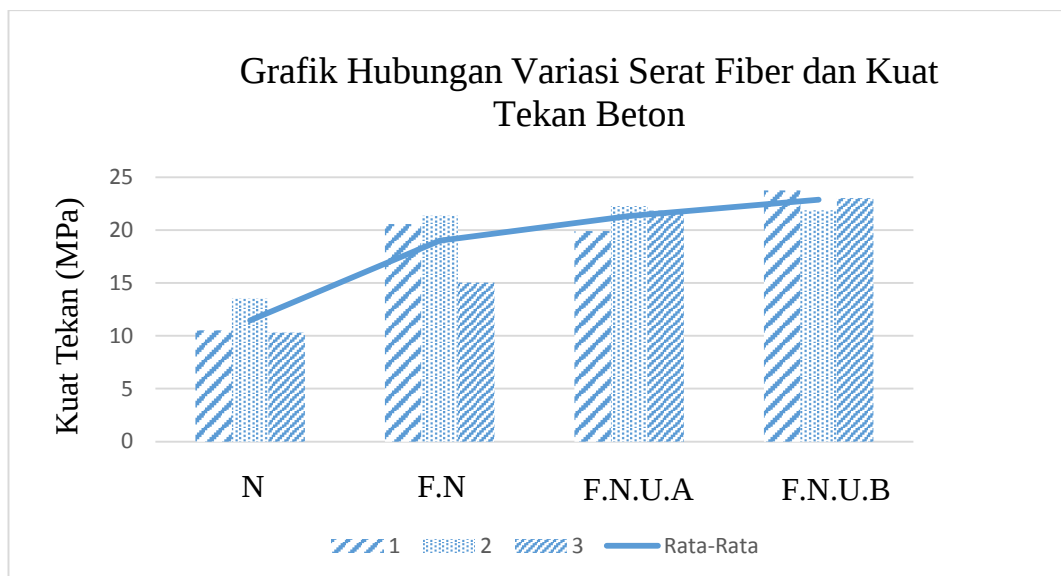
Dengan mutu rencana 17 MPa pada beton normal didapat nilai kuat tekan pada benda uji beton normal sebesar 11,451 MPa yang dimana hasil yang didapat kurang dari mutu yang direncanakan. Hal ini disebabkan karena nilai *slump* pada beton normal yang terlalu besar sehingga mengurangi mutu beton secara signifikan.

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

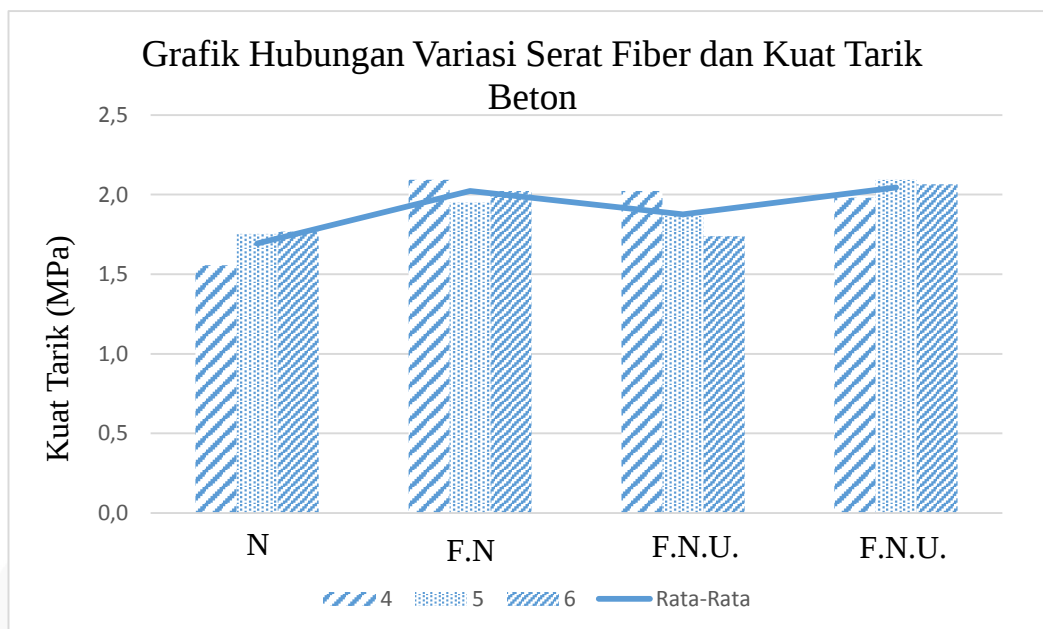
Tabel 4.7

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	

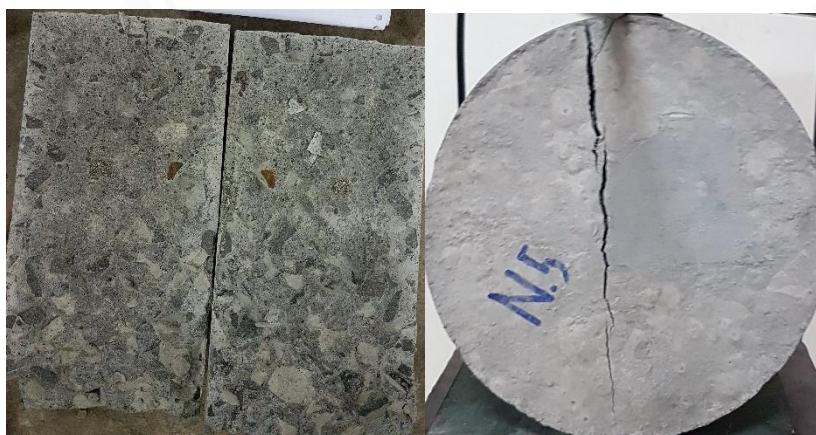
Pada tabel 4.7 bisa disimpulkan bahwa kuat tarik belah rata-rata terbesar terdapat pada beton *fiber* pilin B dengan nilai rata rata 2,046 MPa dengan peningkatan 20,8% dari rata rata beton normal. Jika dibandingkan dengan benda uji lainnya nilai kuat tarik pada beton fiber pilin B memiliki nilai yang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

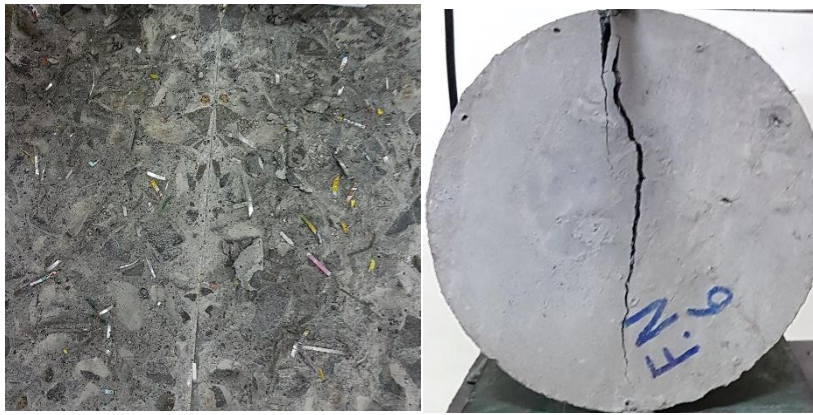


Gambar 4.9 Grafik hubungan variasi serat dengan kuat tarik belah beton

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.

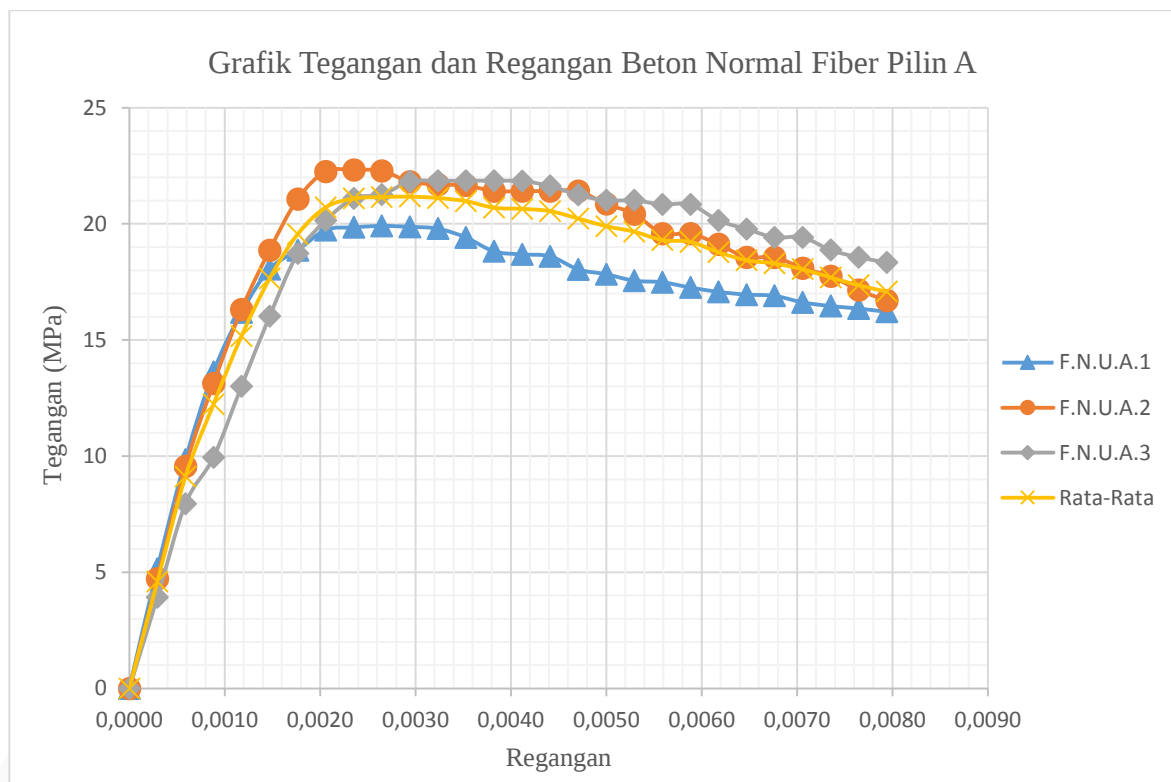


Gambar 4.14 Proses pengujian kuat tekan silinder beton

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
		F.N.U.A.1	F.N.U.A.2	F.N.U.A.3	
		Tegangan (MPa)	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

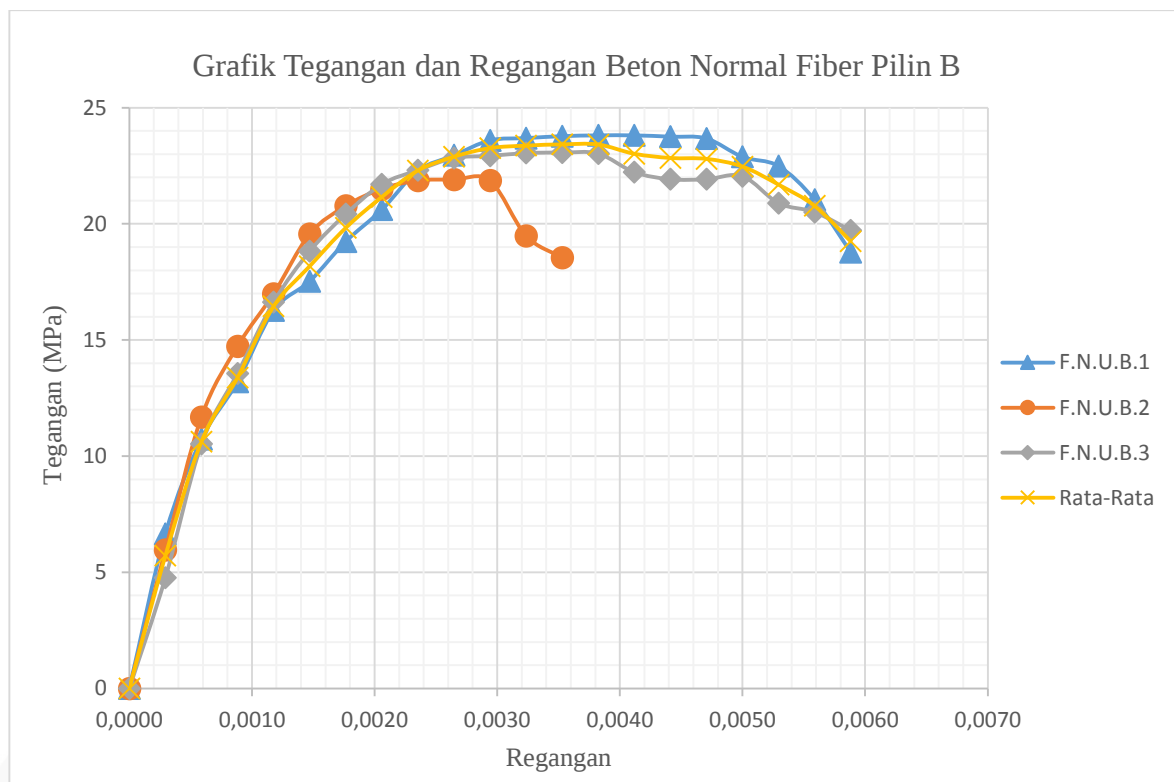


Gambar 4.15 Grafik hubungan antara tegangan dan regangan beton *fiber* pilin A

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 (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



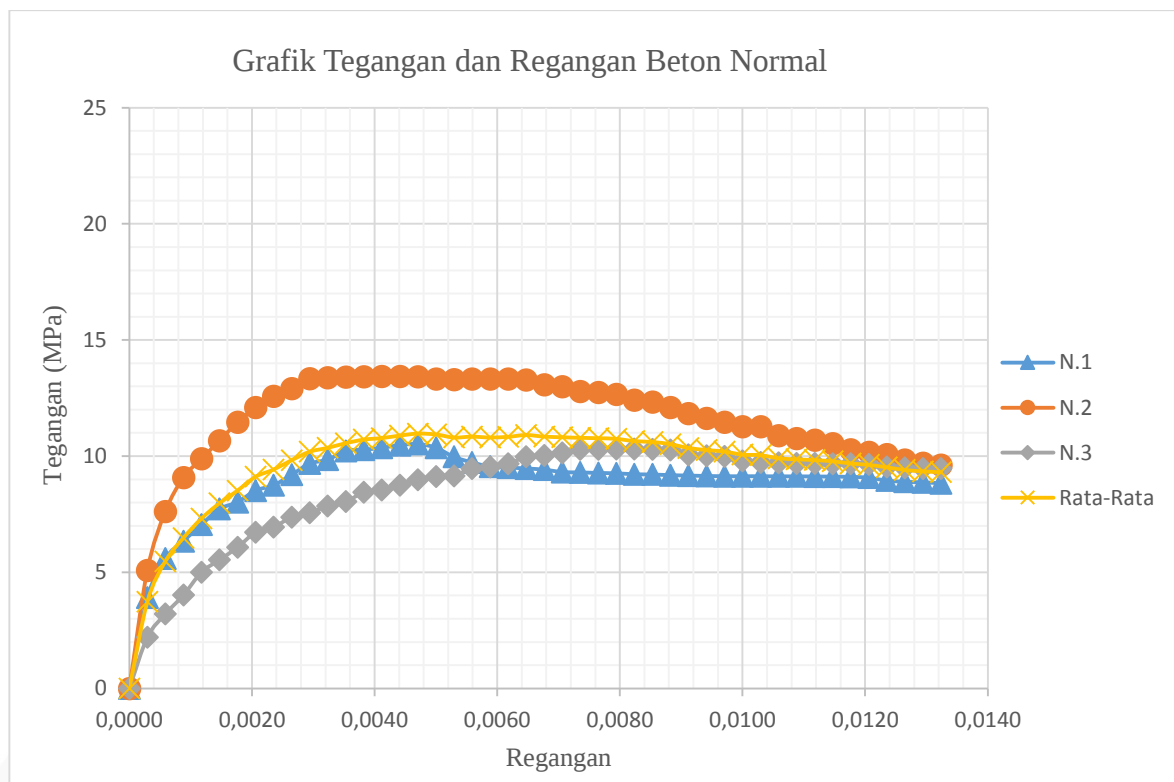
Gambar 4.16 Grafik hubungan antara tegangan dan regangan beton *fiber* pilin B

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
		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

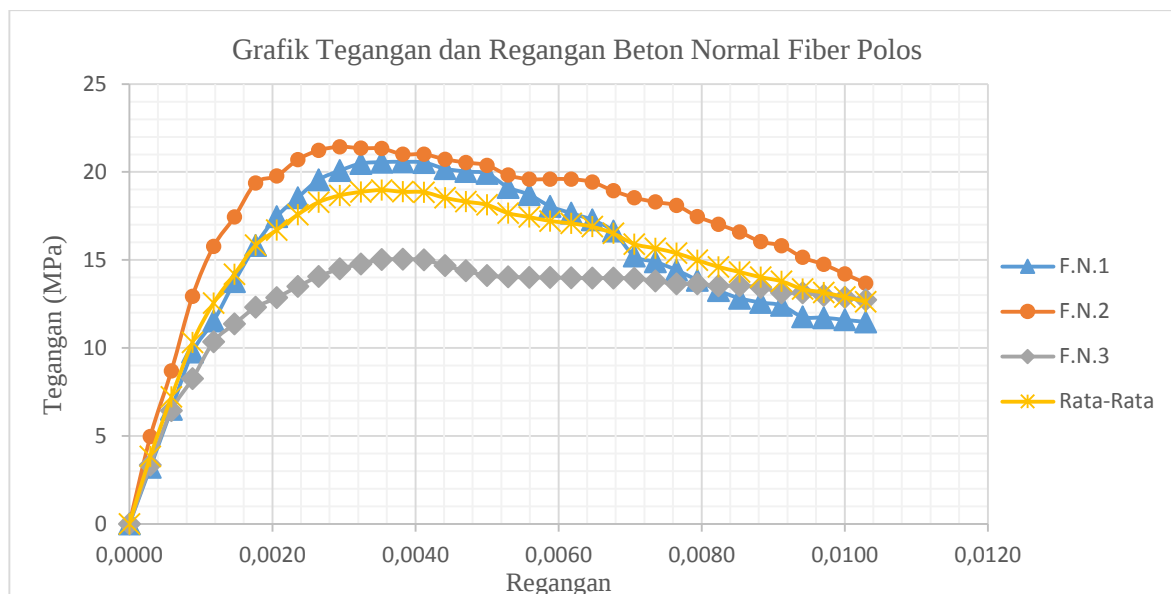


Gambar 4.17 Grafik hubungan antara tegangan dan regangan beton normal tanpa fiber

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.

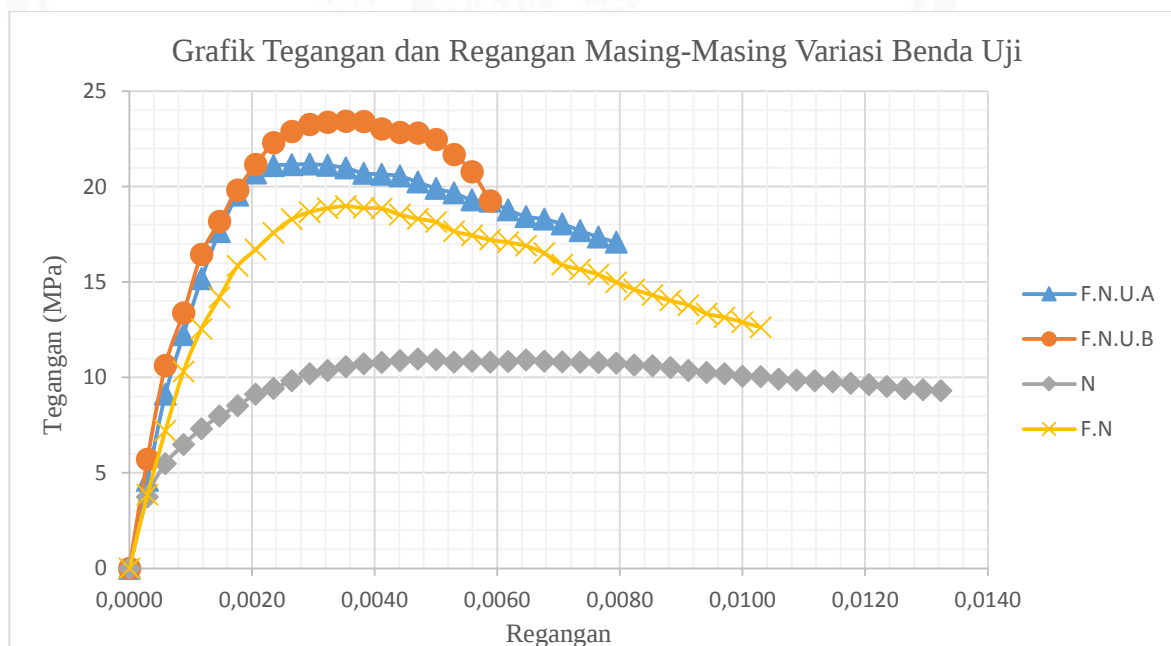
Tabel 4.11
Tegangan dan Regangan Beton *Fiber* Polos

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 :

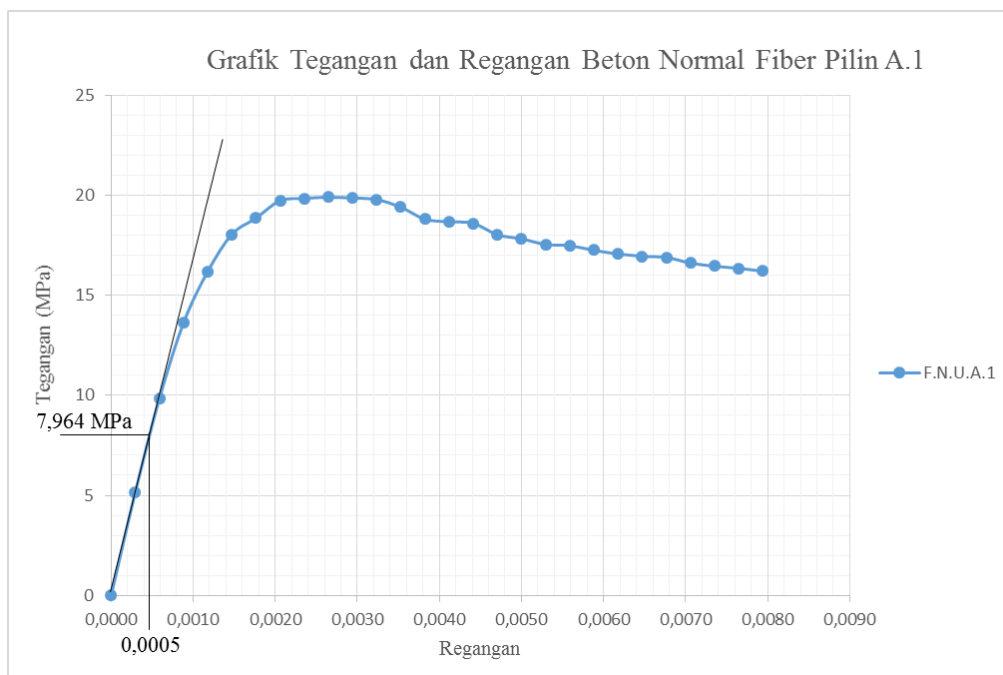
E_c = Modulus Elastisitas Beton (MPa)

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

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

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

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)

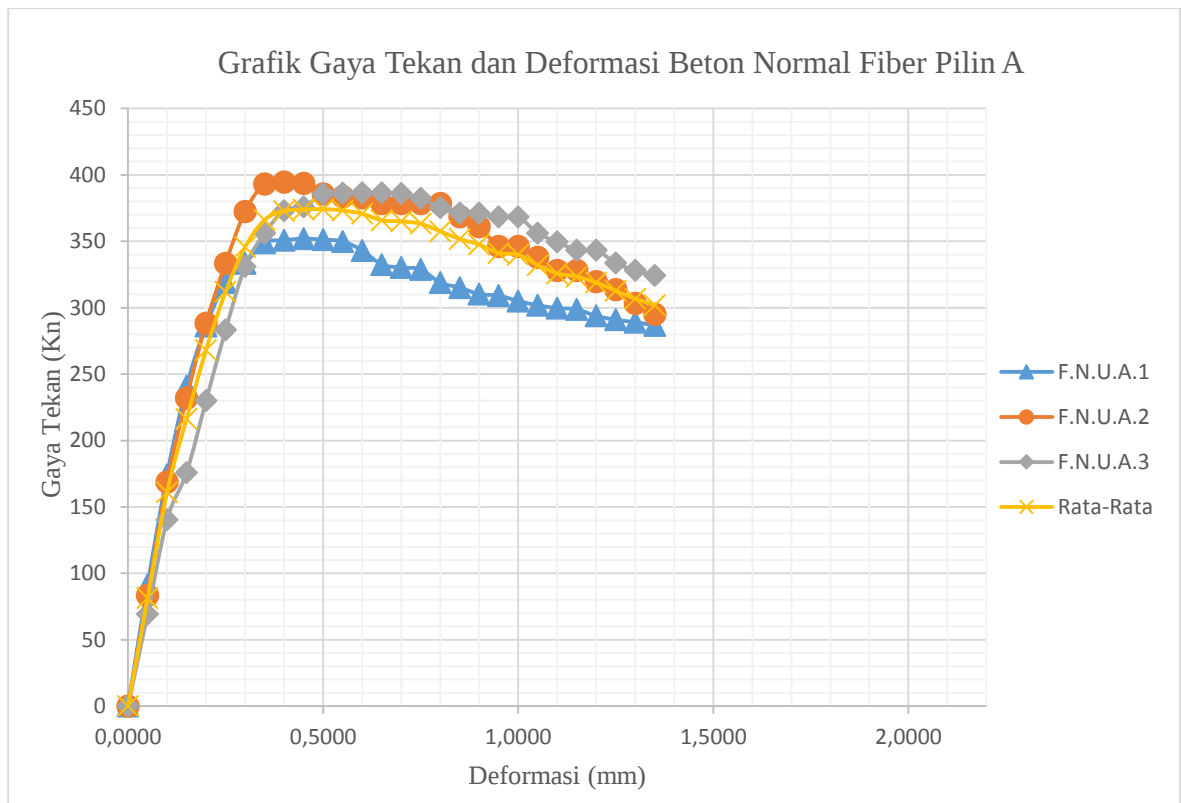
Δy = Deformasi leleh (mm)

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 silinder 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



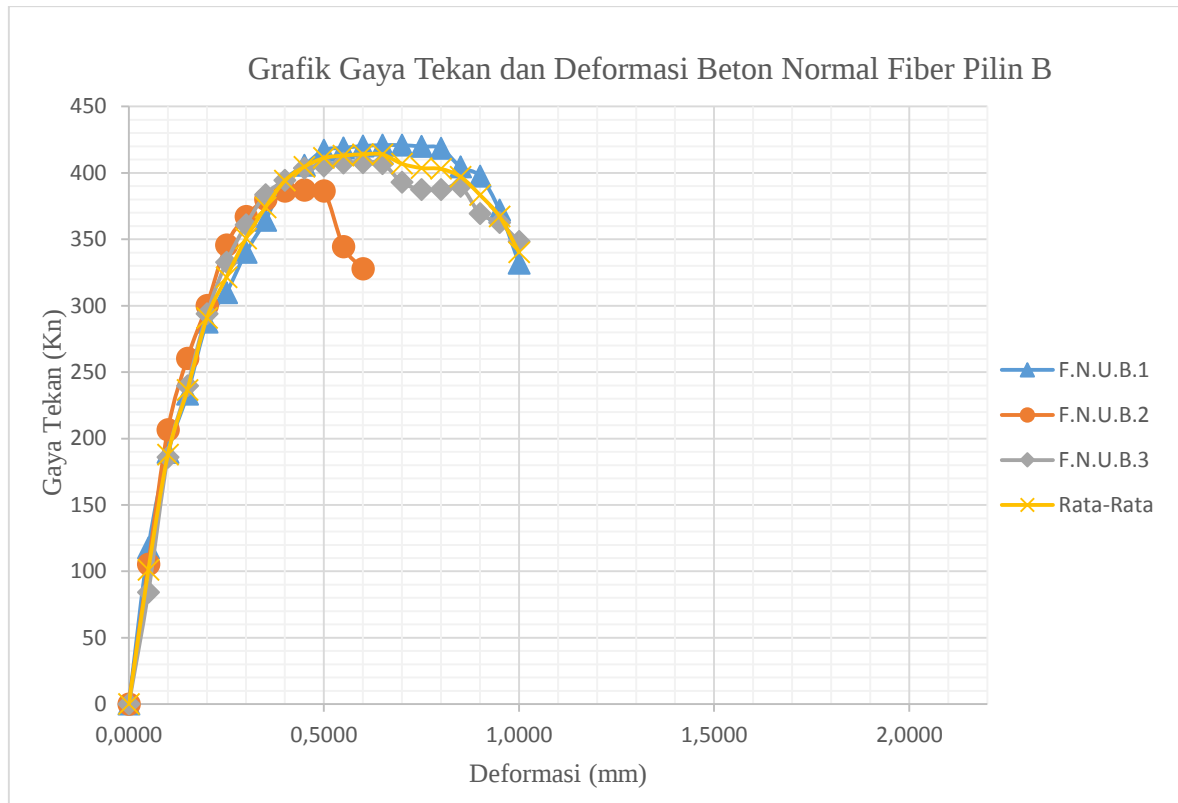
Gambar 4.21 Grafik gaya tekan dan deformasi beton fiber pilin A dari masing-masing beda uji

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

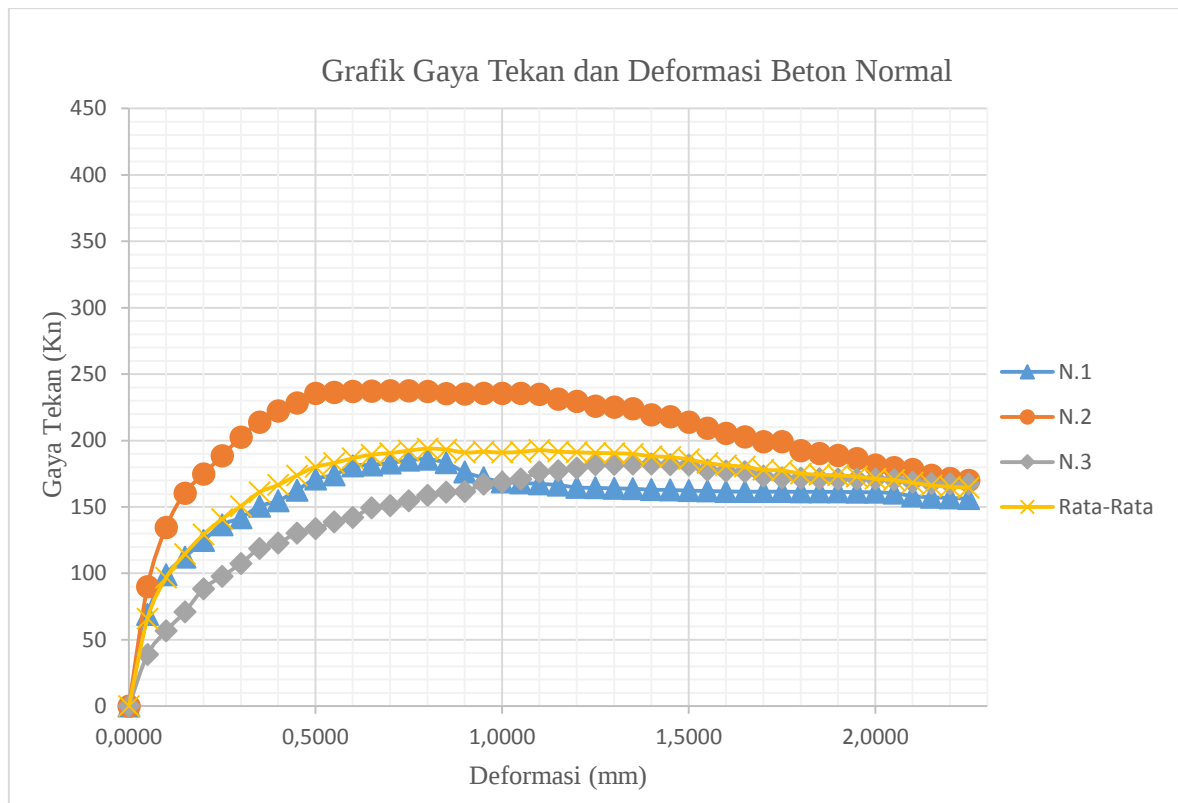
Dapat dilihat pada grafik gambar 4.22 hubungan gaya dan deformasi pada beton normal *fiber* pilin A dimana pengujian dihentikan setelah penurunan gaya setelah 85% dari beban maksimum.

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	Kode Benda Uji			Rata-Rata
		N.1	N.2	N.3	
		Gaya Tekan	Gaya Tekan	Gaya Tekan	Gaya Tekan
	(mm)	(Kn)	(Kn)	(Kn)	(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

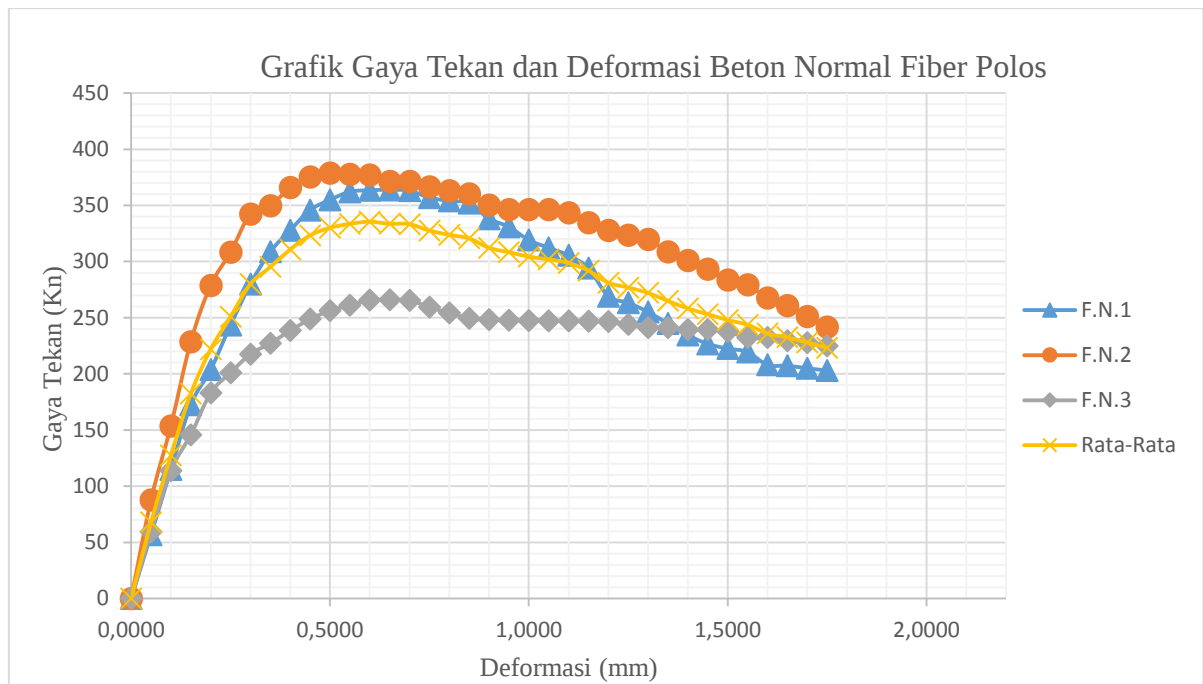


Gambar 4.23 Grafik gaya tekan dan deformasi beton normal dari masing-masing beda uji

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

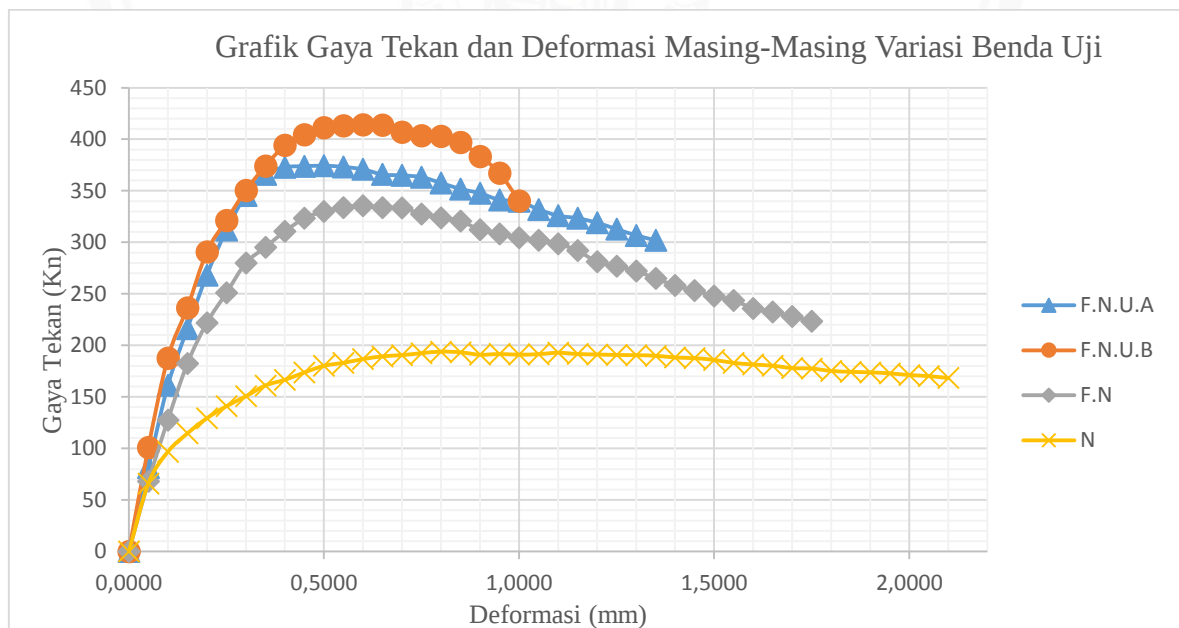
No	Defleksi (mm)	Kode Benda Uji			Rata-Rata
		F.N.1	F.N.2	F.N.3	
		Gaya Tekan (Kn)	Gaya Tekan (Kn)	Gaya Tekan (Kn)	Gaya Tekan (Kn)
1	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000
2	0,05	56,8	87,8	59,2	67,933
3	0,1	115	153,7	113,8	127,500
4	0,15	172,5	228,6	145,8	182,300
5	0,2	203,7	278,7	183	221,800
6	0,25	243,4	308,3	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.

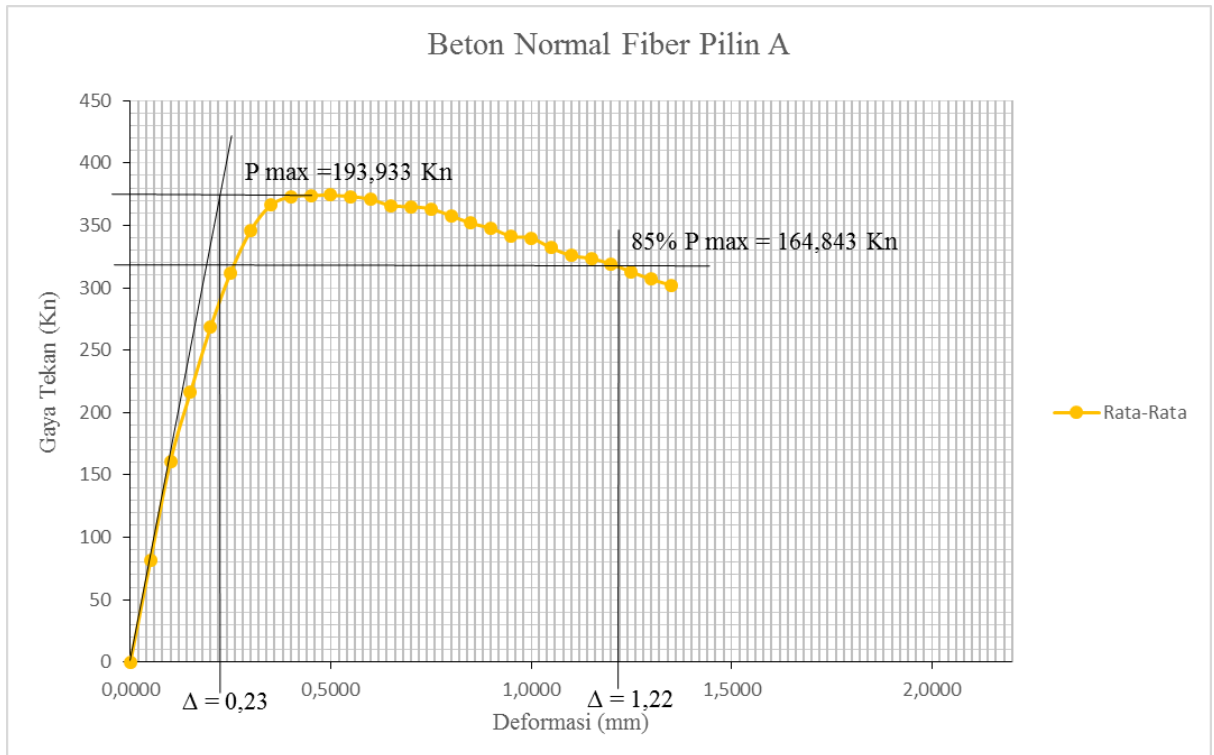
Berikut ini merupakan grafik gabungan rata-rata dari beton normal dan beton serat beserta variasinya



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 :

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

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

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

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)

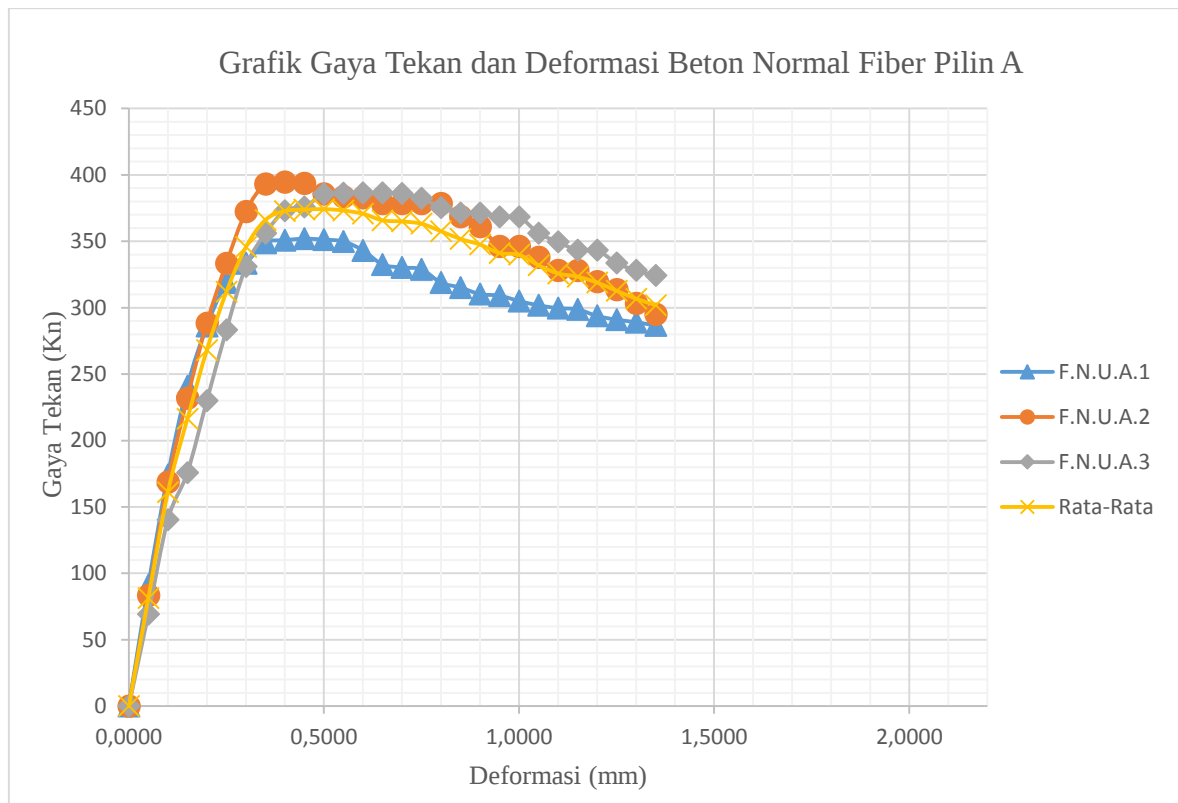
Pada analisis data untuk memperoleh nilai kekakuan seluruh benda uji menggunakan metode yang dilakukan oleh Park (1988) yakni, untuk nilai gaya tekan diambil dari 75% beban maksimum dan nilai deformasi diambil dari nilai deformasi pada saat nilai gaya

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

Tabel 4.20

Tabel 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

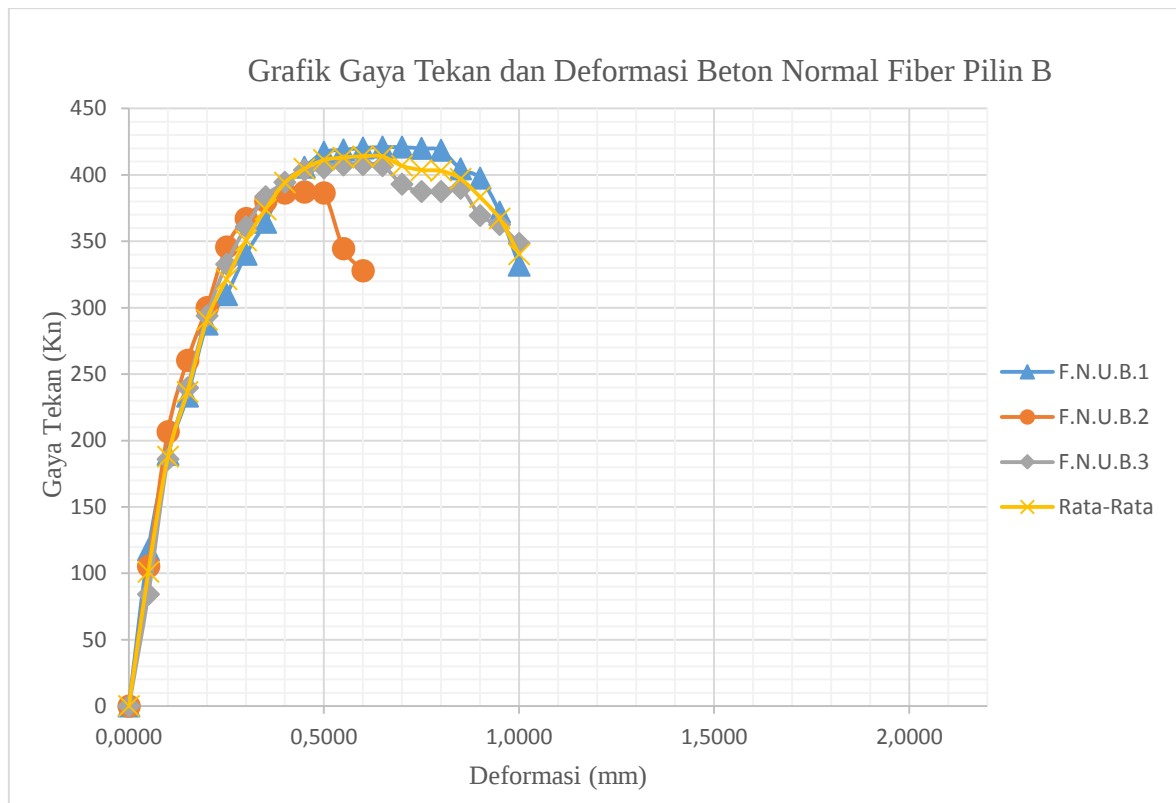


Gambar 4.27 Grafik gaya tekan dan deformasi beton fiber pilin A dari masing-masing beda uji

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
		F.N.U.B.1	F.N.U.B.2	F.N.U.B.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	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



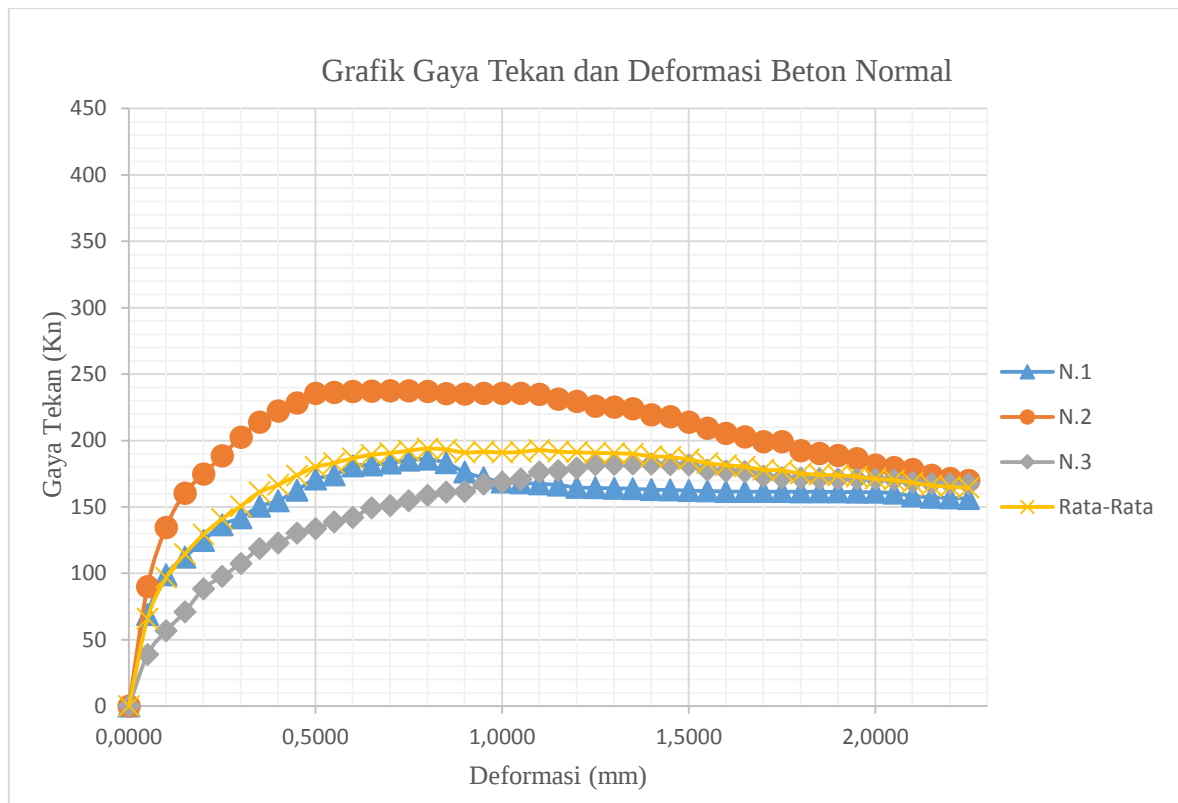
Gambar 4.28 Grafik gaya tekan dan deformasi beton *fiber* pilin B dari masing-masing beda uji

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	Kode Benda Uji			Rata-Rata
		N.1	N.2	N.3	
	(mm)	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	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

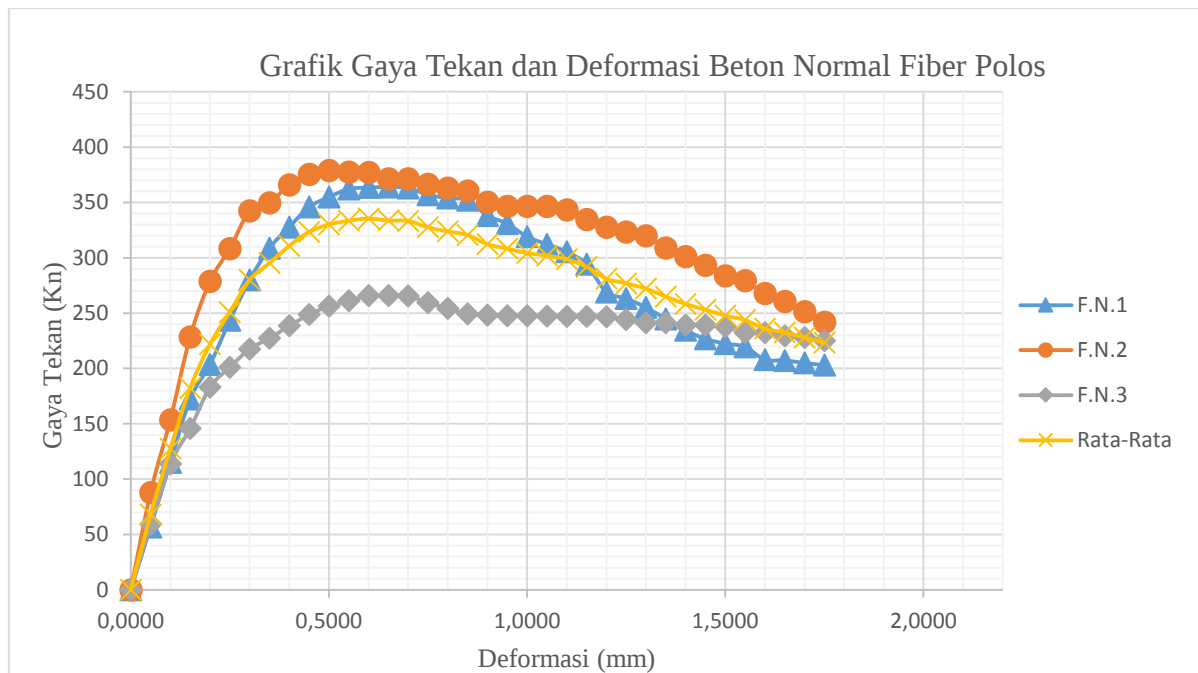


Gambar 4.29 Grafik gaya tekan dan deformasi beton normal dari masing-masing beda uji

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

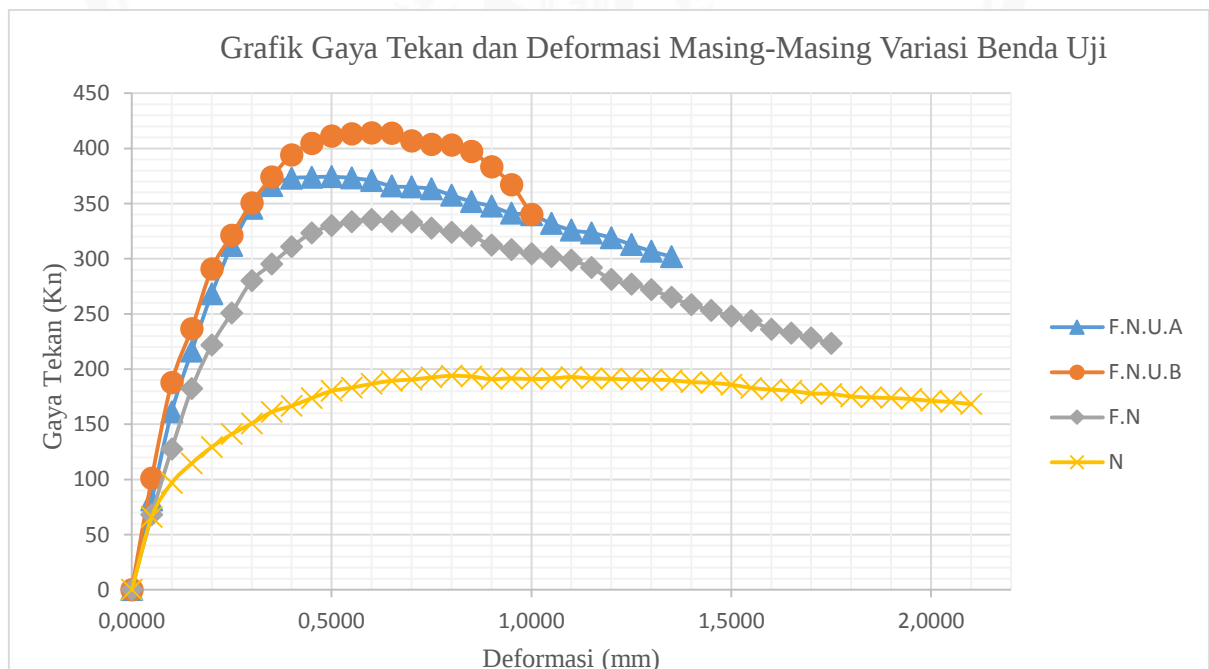
No	Defleksi (mm)	Kode Benda Uji			Rata-Rata
		F.N.1	F.N.2	F.N.3	
		Gaya Tekan (Kn)	Gaya Tekan (Kn)	Gaya Tekan (Kn)	Gaya Tekan (Kn)
1	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000
2	0,05	56,8	87,8	59,2	67,933
3	0,1	115	153,7	113,8	127,500
4	0,15	172,5	228,6	145,8	182,300
5	0,2	203,7	278,7	183	221,800
6	0,25	243,4	308,3	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.

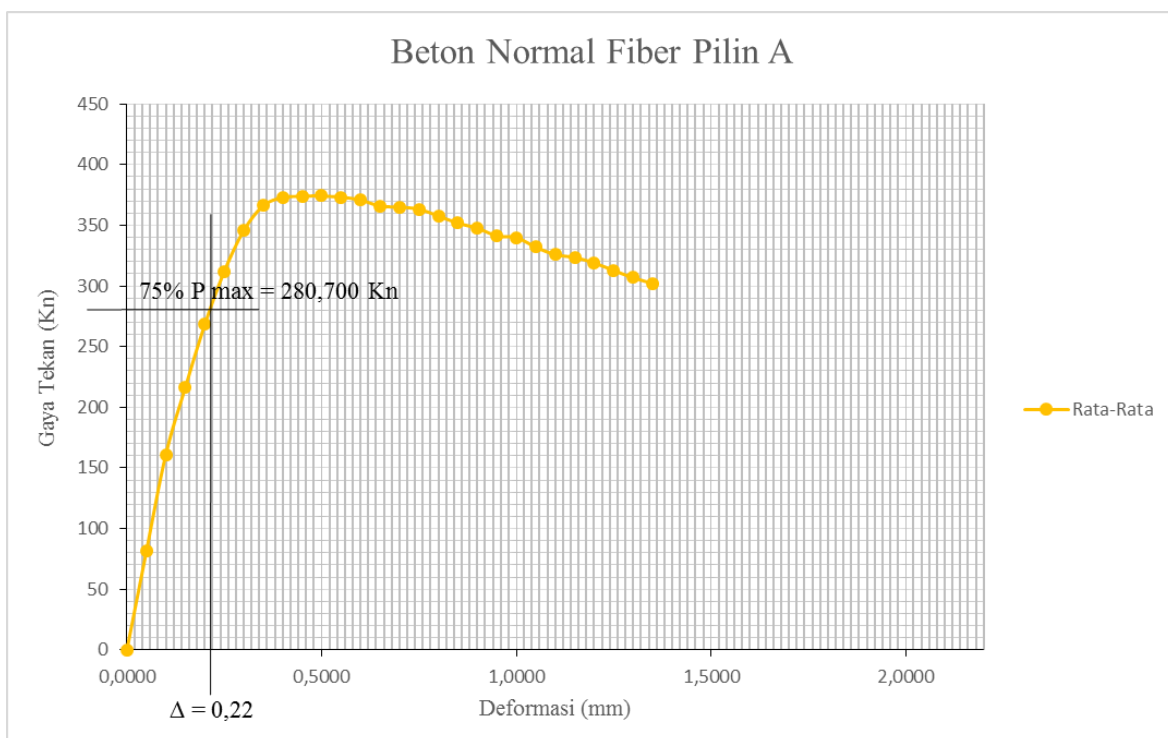
Berikut ini merupakan grafik gabungan rata rata dari beton normal dan beton serat beserta variasinya



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 penigkatan 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