

BAB V

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil Penelitian

Dalam bab ini akan menyajikan hasil penelitian, pembahasan dan analisis data hasil penelitian berdasarkan teori yang mendukung analisis dari penelitian. Setelah melaksanakan penelitian dan pengujian di laboratorium, maka hal yang akan menjadi bahasan meliputi :

1. Membandingkan kuat desak beton antara beton agregat kasar batu pecah terhadap kuat desak beton yang menggunakan agregat kasar dari daur ulang beton dengan perawatan direndam dan tanpa perawatan.
2. Membandingkan kuat desak beton berdasarkan variasi panjang serat kawat bendrat, yaitu 3, 6, 9 cm.
3. Membandingkan tegangan dan regangan antara beton agregat kasar batu pecah dengan beton agregat kasar daur ulang beton dengan perawatan direndam dan tanpa perawatan dengan penambahan variasi serat kawat bendrat 3, 6, 9 cm.
4. Membandingkan kuat lekat kawat yang ditanam dalam campuran beton, yaitu 3, 5, 8 cm untuk mendapatkan panjang lekat optimum.

5.2 Jenis dan Metode Perawatan

Penelitian yang dilakukan menggunakan benda uji beton berbentuk silinder dengan diameter ± 150 mm dan tinggi ± 300 mm sebanyak total 60 sampel yang dibagi menjadi 4 tipe, sebagai berikut :

- a. Beton dengan agregat batu pecah
 - Dengan Perawatan (NR)
 - Tanpa Perawatan (NT)
- b. Beton dengan agregat daur ulang
 - Dengan Perawatan (DR)
 - Tanpa Perawatan (DT)

Dalam penelitian ini menggunakan dua jenis perawatan yaitu direndam dan tanpa rawat. Direndam, benda uji direndam dalam bak yang terisi air selama 28 hari. Sedangkan tanpa rawat benda uji hanya diangin-anginkan selama 28 hari.

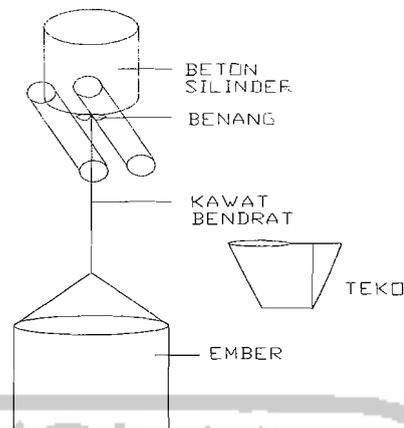
5.3 Hasil Penelitian dan Analisis

5.3.1 Kuat Lekat Beton

Pada penelitian kuat lekat kawat bendrat terhadap beton, peneliti menggunakan alat uji manual. Hal ini disebabkan oleh keterbatasan alat uji kuat lekat, karena dari survey alat uji di beberapa universitas di Yogyakarta hanya bisa menarik tulangan *deform* maupun polos dengan diameter lebih dari 6 mm.

Di dalam pengujian kuat lekat ini kami menggunakan beberapa alat yaitu :

1. Pipa besi sebagai penopang beton
2. Pasir
3. Teko
4. Ember



Gambar 5.1 Alat Uji Lekat Manual

Tahap awal dalam pengujian ini adalah mengikatkan benang pada kawat bendrat di sisi luar dan menempel pada beton. Hal ini untuk mengetahui batas kuat lekat kawat yang tertanam pada beton terhadap beban yang diterima. Kemudian sebagian kawat yang tidak tertanam diikatkan pada sebuah ember. Tuangkan pasir sedikit demi sedikit menggunakan teko ke dalam ember. Apabila kawat bendrat yang terikat menempel tersebut sudah terlihat tidak menempel lagi pada beton maka percobaan ini dihentikan, karena kawat bendrat sudah mendekati kuat tarik maksimum, kemudian didapat kuat lekat kawat bendratnya

Tabel 5.1 Hasil Pengujian Kuat Lekat Beton

Panjang Kawat (cm)	No	Beban (kg)	fb (MPa)	Keterangan
3	1	4,6	0,488322718	Kawat terputus
	2	4,4	0,467091295	Kawat terputus
	3	4	0,42462845	Kawat tercabut
5	1	4,15	0,280254777	Kawat terputus
	2	4,4	0,280254777	Kawat tercabut
	3	4,4	0,26433121	Kawat tercabut
8	1	3,9	0,155254777	Kawat terputus
	2	3,3	0,131369427	Kawat terputus
	3	4,6	0,183121019	Kawat terputus

Kuat lekat suatu kawat terhadap beton tergantung dari panjang penjangkarannya. Kawat tercabut berarti panjang penjangkarannya kurang, yang berakibat kuat lekatnya kurang dari kuat tarik. Kawat terputus berarti panjang penjangkarannya memenuhi, sehingga kuat lekatnya lebih besar dari kuat tarik kawat.

Berdasar tabel di atas dapat disimpulkan bahwa dengan panjang penjangkaran serat kawat 3 cm kuat lekatnya sudah memenuhi. Hal ini disebabkan serat kawat tersebut mendapat perilaku kerja yang maximum sehingga mengakibatkan kawat tersebut putus.

Pada panjang serat 5 cm dihasilkan dua tercabut dan satu terputus. Hal ini disebabkan kemungkinan kurang baiknya benda uji sehingga menghasilkan banyaknya kawat yang tercabut dibanding yang terputus.

5.3.2 Perbandingan Campuran dan Berat Volume Beton

Berat jenis beton sangat dipengaruhi oleh berat jenis bahan-bahan penyusunnya, sehingga bila bahan penyusunnya memiliki berat jenis yang besar maka beton yang dihasilkan akan memiliki berat jenis yang besar pula.

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh dalam penelitian ini beton daur ulang dengan material pecahan beton, rata-rata memiliki berat jenis yang lebih rendah dibandingkan dengan beton normal dengan agregat batu pecah karena material pecahan beton memiliki berat jenis yang lebih kecil yaitu 2,495 dibandingkan dengan batu pecah yaitu 2,701. Hal ini mengakibatkan volume daur ulang beton dalam 1m^3 komposisi campuran beton akan menjadi lebih kecil

karena memiliki berat jenis yang lebih kecil. Hal ini dapat dilihat dari campuran beton yang menggunakan agregat kasar daur ulang beton memiliki perbandingan berat Pc : Ps : Daur Ulang Beton : Air adalah 1 : 1,7342 : 1,8266 : 0,4636 dengan berat kawat bendrat 0,1399 kg, sedangkan untuk campuran beton yang menggunakan agregat kasar batu pecah memiliki perbandingan Pc : Ps : Kr : Air adalah 1 : 1,5468 : 2,1892 : 0,4636 dengan berat kawat bendrat 0,14482 kg.

Dari kedua perbandingan campuran di atas dapat kita lihat bahwa untuk membuat campuran beton yang menggunakan daur ulang beton dibutuhkan volume agregat kasar yang lebih kecil daripada campuran beton yang menggunakan agregat kasar batu pecah atau beton normal. Karena volume kebutuhan agregat kasar daur ulang beton lebih sedikit maka akan terjadi penambahan volume kebutuhan agregat halus (pasir) dibandingkan dengan beton dengan agregat kasar batu pecah.

Tabel 5.2 Hasil Perhitungan Berat Volume Beton

Jenis Beton	Luas alas (m ²)	Tinggi (m)	Volume (m ³)	Berat silinder (kg)	Berat Volume (kg/m ³)
NR3_1	0,017663	0,301	0,005317	12,70	2388,7613
NR3_2	0,017663	0,301	0,005317	12,60	2369,9522
NR3_3	0,017663	0,3012	0,005320	12,70	2387,1751
NR3_4	0,017663	0,303	0,005352	12,70	2372,9939
NR3_5	0,017899	0,302	0,005405	12,70	2349,4598
NR6_1	0,017899	0,302	0,005405	12,60	2330,9601
NR6_2	0,017780	0,3025	0,005378	12,50	2324,0897
NR6_3	0,017663	0,3004	0,005306	12,50	2355,8390
NR6_4	0,017663	0,304	0,005370	12,70	2365,1880
NR6_5	0,017663	0,304	0,005370	12,70	2365,1880
NR9_1	0,017195	0,302	0,005193	12,53	2412,9146
NR9_2	0,017663	0,302	0,005334	12,50	2343,3578
NR9_3	0,017899	0,302	0,005405	12,45	2303,2105
NR9_4	0,017686	0,3023	0,005347	12,20	2281,5742
NR9_5	0,017686	0,302	0,005341	12,50	2340,3103
NT3_1	0,017663	0,303	0,005352	12,50	2335,6239
NT3_2	0,017672	0,302	0,005337	12,55	2351,5330
NT3_3	0,017663	0,301	0,005317	12,50	2351,1430

Jenis Beton	Luas alas (m ²)	Tinggi (m)	Volume (m ³)	Berat silinder (kg)	Berat Volume (kg/m ³)
NT3_4	0,017663	0,302	0,005334	12,50	2343,3578
NT3_5	0,017663	0,302	0,005334	12,50	2343,3578
NT6_1	0,01778	0,303	0,005387	12,50	2320,2545
NT6_2	0,017672	0,303	0,005355	12,50	2334,4344
NT6_3	0,017663	0,301	0,005317	12,60	2369,9522
NT6_4	0,017663	0,301	0,005317	12,55	2360,5476
NT6_5	0,017663	0,303	0,005352	12,55	2344,9664
NT9_1	0,017653	0,304	0,005367	12,25	2282,6745
NT9_2	0,017663	0,3045	0,005378	12,40	2305,5254
NT9_3	0,017663	0,305	0,005387	12,22	2268,3335
NT9_4	0,017899	0,302	0,005405	12,20	2256,9613
NT9_5	0,017663	0,305	0,005387	12,22	2268,3335
DR3_1	0,017663	0,301	0,005317	12,10	2275,9064
DR3_2	0,017663	0,301	0,005317	12,00	2257,0973
DR3_3	0,017663	0,3012	0,005320	12,10	2274,3952
DR3_4	0,017663	0,303	0,005352	12,10	2260,8840
DR3_5	0,017894	0,302	0,005404	12,10	2239,0871
DR6_1	0,017663	0,300	0,005299	12,10	2283,4928
DR6_2	0,017663	0,300	0,005299	12,00	2264,6210
DR6_3	0,017663	0,300	0,005299	12,10	2283,4928
DR6_4	0,017663	0,300	0,005299	12,00	2264,6210
DR6_5	0,017663	0,300	0,005299	12,10	2283,4928
DR9_1	0,017615	0,301	0,005302	12,32	2323,6011
DR9_2	0,017663	0,3023	0,005340	12,45	2331,6681
DR9_3	0,017663	0,302	0,005334	12,38	2320,8615
DR9_4	0,017663	0,3002	0,005302	12,34	2327,2337
DR9_5	0,017804	0,300	0,005341	12,39	2319,7034
DT3_1	0,017663	0,301	0,005317	12,00	2257,0973
DT3_2	0,017663	0,303	0,005352	11,90	2223,5140
DT3_3	0,017663	0,300	0,005299	12,00	2264,6210
DT3_4	0,017663	0,301	0,005317	12,00	2257,0973
DT3_5	0,017663	0,300	0,005299	12,00	2264,6210
DT6_1	0,017863	0,302	0,005334	12,10	2268,3703
DT6_2	0,017663	0,302	0,005334	12,00	2249,6235
DT6_3	0,01778	0,3032	0,005391	12,10	2244,5248
DT6_4	0,017663	0,300	0,005299	12,00	2264,6210
DT6_5	0,01778	0,304	0,005405	11,90	2201,6162
DT9_1	0,017863	0,303	0,005352	12,30	2298,2539
DT9_2	0,017672	0,302	0,005337	12,30	2304,6897
DT9_3	0,017663	0,301	0,005317	12,25	2304,1202
DT9_4	0,017663	0,303	0,005352	12,30	2298,2539
DT9_5	0,017663	0,303	0,005352	12,30	2298,2539

Pada tabel (5.2) didapat bahwa pada beton normal berat volume betonnya lebih besar dibanding beton daur ulang, ini disebabkan karena komposisi campuran beton normal lebih berat dari beton daur ulang. Hal ini terlihat dari perbandingan beratnya pada beton normal untuk komposisi batu pecah dan serat kawatnya lebih berat dibanding beton daur ulang.

5.3.3 Keausan agregat

Dari hasil pemeriksaan keausan agregat yang dilakukan dengan menggunakan abrasi test, didapatkan persentase keausan yaitu untuk agregat daur ulang beton sebesar 27,76 % sedangkan agregat batu pecah sebesar 19,8 %. Dari persentase tersebut menunjukkan bahwa agregat daur ulang beton mempunyai persen yang lebih tinggi dibandingkan dengan agregat batu pecah tetapi persentase keausan agregat daur ulang beton masih layak dipakai karena batas persentase yang disyaratkan adalah kurang dari 40 %. Persentase keausan yang besar terjadi karena agregat daur ulang beton terdiri dari kerikil dan pasta semen yang masih melekat pada kerikil tersebut. Jadi pada waktu dilakukan test yang aus terlebih dahulu adalah pasta semennya.

5.3.4 Gradasi agregat

Dari agregat kasar yang digunakan pada penelitian ini keduanya termasuk dalam kategori gradasi yang sama tetapi pada agregat daur ulang beton mempunyai gradasi ukuran butir yang lebih bervariasi karena pemecahannya dilakukan secara manual sehingga ukurannya tidak seragam. Berbeda dengan agregat kasar batu pecah yang variasi ukuran butir agregatnya lebih sedikit karena

pemecahannya dengan menggunakan mesin pemecah batu (*stone crusher*). Dengan lebih banyaknya variasi ukuran butir pada agregat daur ulang beton dapat meningkatkan kekuatan beton karena terjadi *interlocking* atau saling mengunci antar agregat sehingga mengurangi rongga yang terjadi atau dalam hal ini angka pori menjadi lebih kecil dan kemampatan yang tinggi. Selain itu bentuk daur ulang beton yang bersudut-sudut dan permukaan yang lebih kasar dibandingkan dengan batu pecah mengakibatkan luas permukaan dari agregat menjadi lebih luas hal ini mengakibatkan daya lekat dengan pasta semen yang lebih kuat.

5.3.5 Slump

Tabel 5.3 Data Hasil Slump

Jenis Beton	Slump Awal (cm)	Slump Akhir (cm)
NR3	11	10
NR6	10,5	9
NR9	10	8
DR3	11	10
DR6	11	9
DR9	12	9
NT3	12	10
NT6	12	10,5
NT9	11	9
DT3	10	9
DT6	11	9
DT9	12	10

Dalam penelitian ini peneliti menggunakan batasan nilai slump antara 15-7,5. Nilai slump ini berdasarkan penggunaan jenis elemen yaitu untuk pelat, balok, kolom dan dinding. Terlihat dalam tabel terdapat penurunan nilai slump sebelum penambahan serat kawat bendrat (slump awal) dan sesudah penambahan serat kawat bendrat (slump akhir). Penambahan volume serat menyebabkan berkurangnya nilai slump. Penurunan nilai slump beton serat dengan panjang serat 90 mm lebih besar dari beton serat yang menggunakan serat 60 mm untuk konsentrasi serat yang sama.

5.3.6 Kuat Desak Beton

Berdasar hasil pengamatan setelah melakukan uji desak beton, baik beton daur ulang maupun beton normal mengalami kerusakan pada pasta semen terutama pada jenis beton daur ulang, sedangkan pada serat kawat dengan panjang 6 dan 9 cm banyak yang terputus.

Nilai kuat desak silinder beton yang dihasilkan pada saat pengujian kemudian dihitung kuat desak rata-ratanya (f'_{cr}), standar deviasi (S_d) dan kuat desak karakteristiknya (f'_c). Hasil pengujian ini dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 5.4 Analisis Pengujian Kuat Desak Beton Normal

No.	Variasi	Kuat Desak Rata-rata (f_{cr}) MPa	Standar Deviasi (Sd)	Kuat Desak Karakteristik (f_c) MPa
1	NR3	35,9083	1,26	33,8419
2	NR6	25,1842	1,2728	23,0969
3	NR9	27,9555	1,6611	25,2314
4	NT3	24,1574	2,7857	19,5889
5	NT6	27,6509	3,2820	22,2684
6	NT9	22,5074	2,5332	18,3529

Tabel 5.5 Analisis Pengujian Kuat Desak Beton Daur Ulang

No.	Variasi	Kuat Desak Rata-rata (f_{cr}) MPa	Standar Deviasi (Sd)	Kuat Desak Karakteristik (f_c) MPa
1	DR3	28,5011	2,57	24,2824
2	DR6	34,1967	1,5297	31,6880
3	DR9	32,1476	2,8781	27,4274
4	DT3	29,5088	2,3034	25,7312
5	DT6	25,8495	1,8446	22,8244
6	DT9	27,4457	1,3486	25,2340

Pada penelitian sebelumnya beton daur ulang tanpa serat bendrat mempunyai nilai kuat desak di bawah kuat rencana, tetapi pada tabel 5.5 dapat disimpulkan bahwa beton daur ulang dengan memakai serat bendrat mempunyai nilai kuat desak di atas nilai kuat desak rencana yaitu 22,5 Mpa. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penambahan serat bendrat dapat meningkatkan kuat desak beton.

Tabel 5.6 Persentase Kuat Desak Beton Normal Dan Daur Ulang Dengan Perawatan

Jenis Beton	Panjang Serat					
	3 cm		6 cm		9 cm	
	f_c (MPa)	%	f_c (MPa)	%	f_c (MPa)	%
Normal	30,8419	100	23,0969	100	25,2314	100
Daur Ulang	25,7312	78,7317	31,6880	137,1962	27,4274	108,7037

Tabel 5.7 Persentase Kuat Desak Beton Normal Dan Daur Ulang Dengan Tanpa Perawatan

Jenis Beton	Panjang Serat					
	3 cm		6 cm		9 cm	
	f _c (MPa)	%	f _c (MPa)	%	f _c (MPa)	%
Normal	19,5889	100	22,2684	100	18,3529	100
Daur Ulang	24,2824	131,3562	22,8244	102,4967	25,2340	137,4933

Pada penelitian ini peneliti memakai alat uji yang berbeda. Pada pengujian beton normal rawat 3 cm dan beton daur ulang rawat 6 cm menggunakan alat uji yang lama, nilai kuat desaknya lebih tinggi dibandingkan dengan pengujian benda uji lainnya yang menggunakan alat uji yang baru dengan ketelitian yang lebih baik.

Dari hasil uji laboratorium beton normal umur 28 hari dengan perawatan dan tanpa rawat nilai kuat desak lebih rendah jika dibandingkan dengan beton daur ulang (Tabel 5.5), hal ini dikarenakan agregat penyusun dari daur ulang beton mempunyai gradasi yang lebih baik sehingga keadaan agregat dalam beton lebih padat dan saling mengunci, kecuali pada DR 3 kuat desaknya lebih kecil dibandingkan dengan NR 3, hal ini mungkin karena adanya perbedaan penggunaan alat uji lama dengan alat uji yang baru.

Tabel 5.8 Persentase Kuat desak Beton Dengan Perawatan Sebagai Pembanding Untuk Masing-masing Jenis Beton

	Agregat Batu Pecah					
	Panjang Serat					
	3 cm		6 cm		9 cm	
	f _c (MPa)	%	f _c (MPa)	%	f _c (MPa)	%
Rawat	33,8419	100	23,0969	100	25,2314	100
Tanpa rawat	19,5889	57,8835	22,2684	96,4133	18,3529	72,7385

Agregat Daur Ulang						
Panjang Serat						
	3 cm		6 cm		9 cm	
	f _c (MPa)	%	f _c (MPa)	%	f _c (MPa)	%
Rawat	25,7312	100	31,6880	100	27,4274	100
Tanpa rawat	24,2824	94,3692	22,8244	72,0285	25,2340	92,0029

Pada umur 28 hari beton normal tanpa rawat mempunyai kuat desak yang lebih rendah dibandingkan yang dirawat, ini terjadi karena pada kondisi tanpa rawat proses penguapan air lebih cepat sehingga pada umur-umur awal laju peningkatan cepat tetapi pada umur 28 hari laju peningkatan kekuatannya turun karena air yang digunakan untuk proses hidrasi kurang tersedia berbeda dengan yang dirawat, kelembaban permukaan beton masih terjaga sehingga proses hidrasi masih terus berlangsung sampai mencapai kekuatan puncaknya, demikian juga dengan beton daur ulang.

Tabel 5.9 Persentase Kuat Desak Beton Dengan NR Sebagai Pembanding Untuk Masing-masing Panjang serat

Jenis Beton	Panjang Serat					
	3 cm		6 cm		9 cm	
	f _c (MPa)	%	f _c (MPa)	%	f _c (MPa)	%
NR	30,8419	100	23,0969	100	25,2314	100
NT	19,5889	63,5139	22,2684	96,4133	18,3529	72,7385
DR	25,7312	78,7317	31,6880	137,1962	27,4274	108,7037
DT	24,2824	83,4294	22,8244	98,8204	25,2340	100,0106

Pada penelitian ini terdapat suatu kesalahan dimana seharusnya beton dengan campuran panjang serat 6 cm lebih tinggi dibanding dengan panjang serat 3 cm dan 9 cm. Tetapi pada hasil penelitian ini pada NR 6 dan DT 6 hasilnya

lebih kecil dari panjang serat 3 cm dan 9 cm, dikarenakan kemungkinan terdapat kesalahan dalam pelaksanaan pembuatan.

Berdasar hasil penelitian kuat desak dan kuat lekat, ditemukan solusi bahwa alternatif panjang serat yang sesuai untuk campuran beton adalah 6 cm. Hal ini disebabkan panjang serat 6 cm memberikan panjang penanaman yang cukup, ini terbukti pada hasil penelitian uji lekat dan pada uji silinder terdapat cukup banyak serat kawat yang putus.

Pada penambahan kawat bendrat 9 cm kuat desaknya lebih kecil dikarenakan adanya *balling effect*, ini terlihat dalam proses pengadukan pada saat pencampuran, Hal ini disebabkan serat dengan panjang 90 mm mempunyai aspek rasio $90/0,98 = 91,84$ yang mendekati batas aspek rasio serat ($l_f/d_f < 100$), pada beton dengan. Jadi peneliti disini menyimpulkan bahwa panjang serat yang optimum dalam campuran beton adalah 6 cm.

Data kuat desak silinder beton (Tabel 5.10) :

Tabel 5.10 Data Kuat Desak Beton

NR6			
No	Kuat Desak (Mpa) (fci)	fci - fcr	(fci - fcr)^2
1	25,1693	-0,0149	0,0002
2	26,0398	0,8556	0,7321
3	23,4961	-1,6881	2,8497
4	26,7346	1,5504	2,4037
5	24,4812	-0,7030	0,4942
∑ =	125,9211		6,4799

Contoh perhitungan kuat desak karakteristik silinder beton :

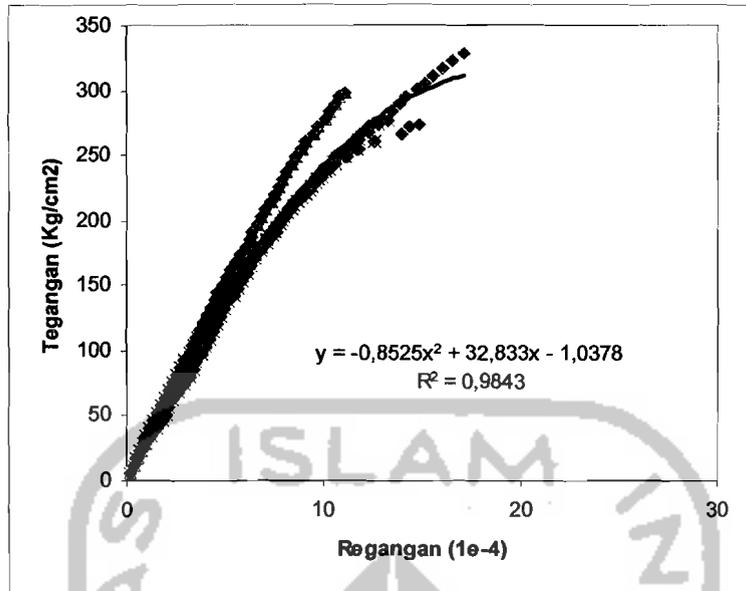
$$\begin{aligned} f'_{cr} &= \frac{\sum f'_{ci}}{n} \\ &= \frac{125,9211}{5} \\ &= 25,1842 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_d &= \sqrt{\frac{\sum (f'_{ci} - f'_{cr})^2}{n-1}} \\ &= \sqrt{\frac{6,4799}{4}} \\ &= 1,2728 \text{ MPa} \end{aligned}$$

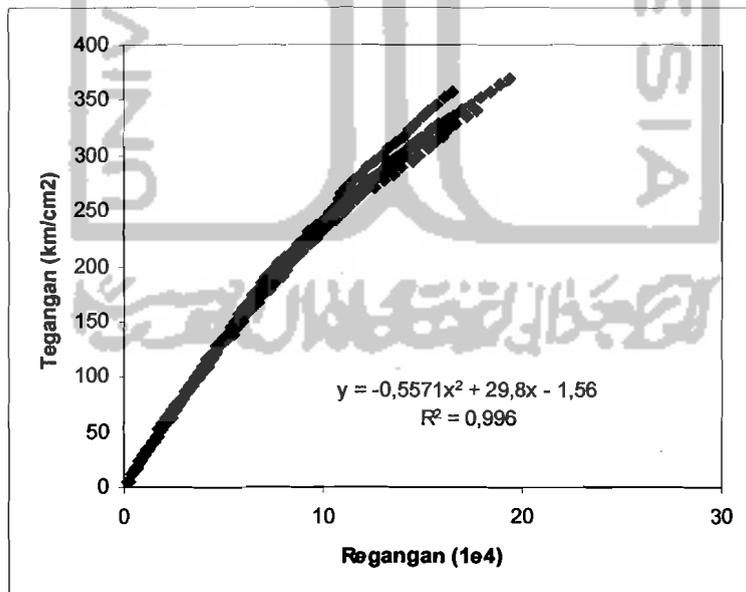
$$\begin{aligned} f'_c &= f'_{cr} - (1.64 \times S_d) \\ &= 25,1842 - (1.64 \times 1,2728) \\ &= 23,0969 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

5.3.7 Analisis Modulus Elastisitas

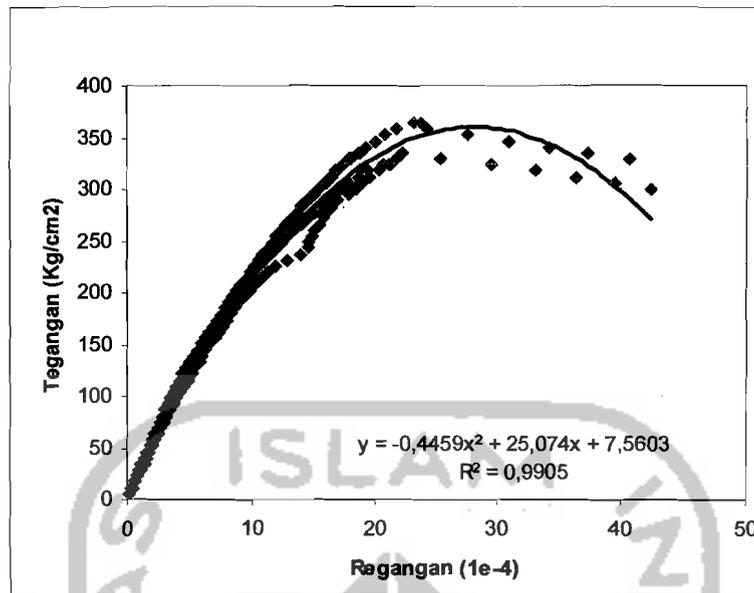
Pengujian tegangan-regangan dilakukan terhadap seluruh benda uji yang ada yaitu sebanyak 60 sampel. Dalam pengujian ini tidak semua sampel atau benda uji yang dibaca penurunannya, tetapi hanya ada satu benda uji yang dibaca penurunannya yaitu DR 9. Seluruh pengujian tegangan-regangan dilaksanakan di Laboratorium Bahan Kontruksi Teknik, FTSP UII. Grafik hubungan tegangan-regangan benda uji untuk masing-masing jenis beton dengan variasi perawatan dan variasi panjang serat kawat bendrat, ditunjukkan pada gambar dibawah ini :



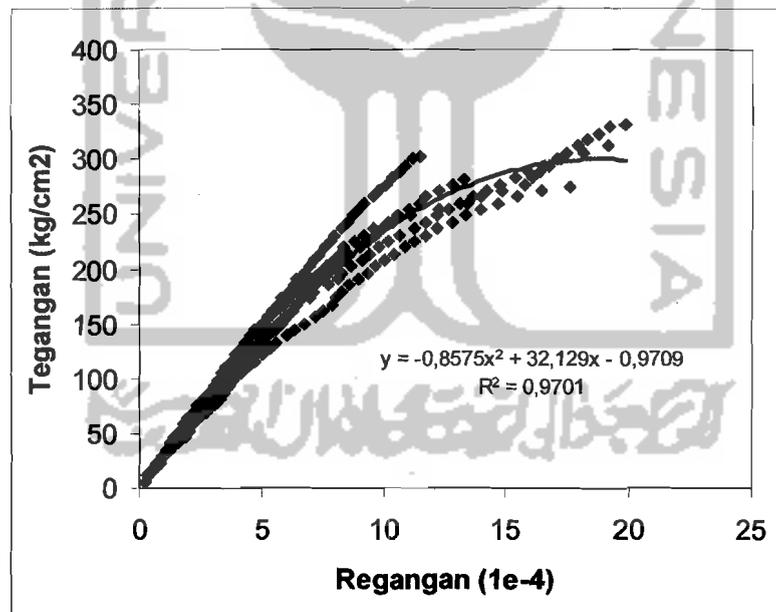
Grafik 5.1 Tegangan – Regangan DR 3



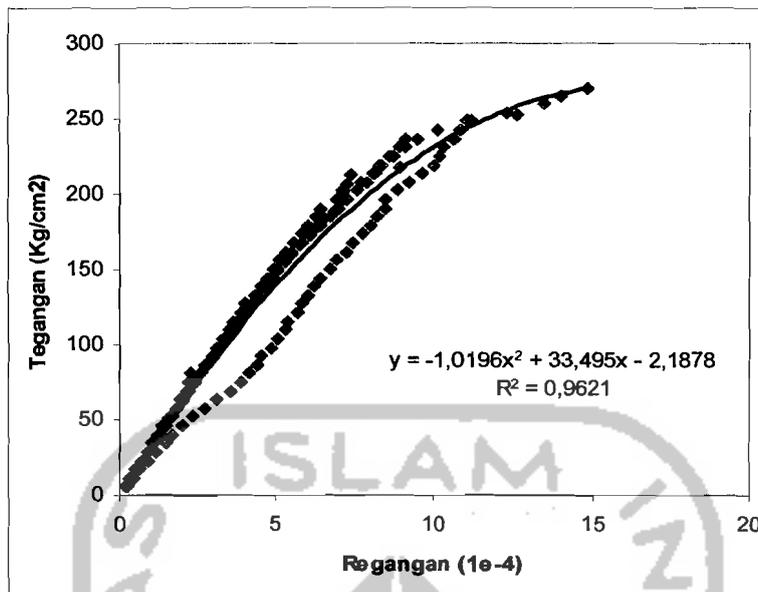
Grafik 5.2 Tegangan – Regangan DR 6



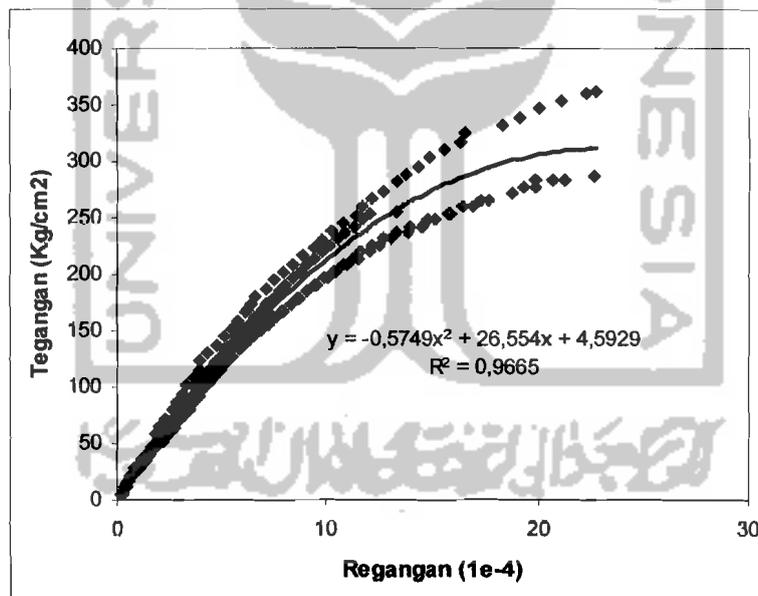
Grafik 5.3 Tegangan – Regangan DR 9



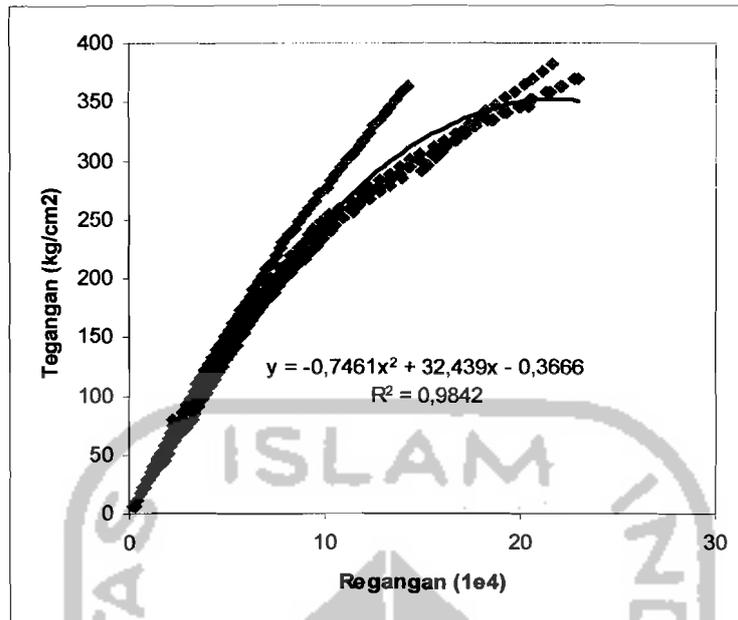
Grafik 5.4 Tegangan – Regangan DT 3



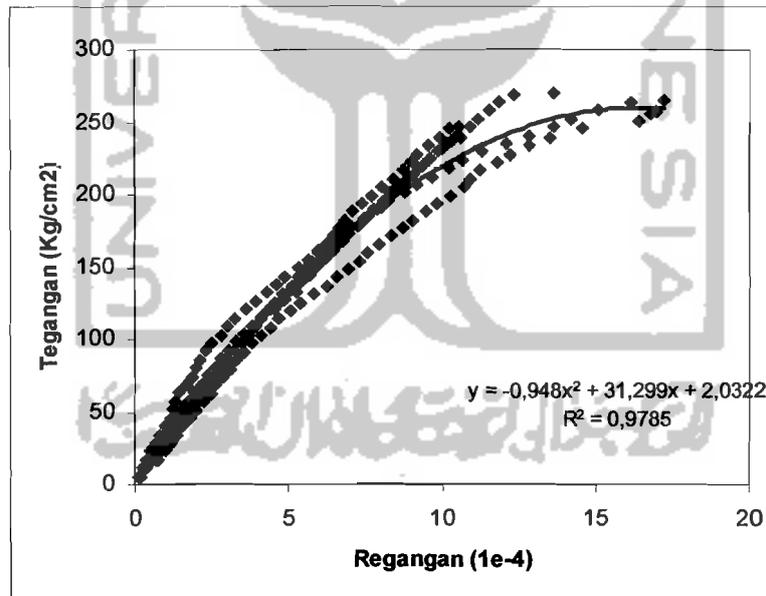
Grafik 5.5 Tegangan – Regangan DT 6



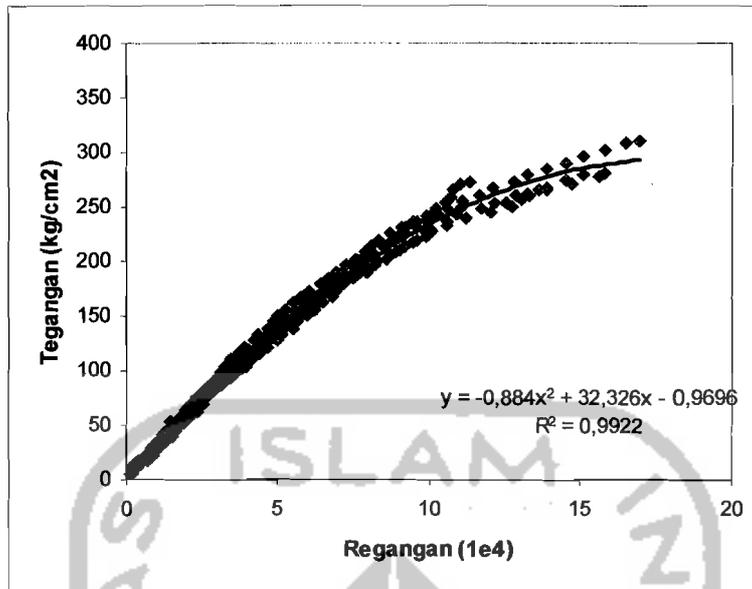
Grafik 5.6 Tegangan – Regangan DT 9



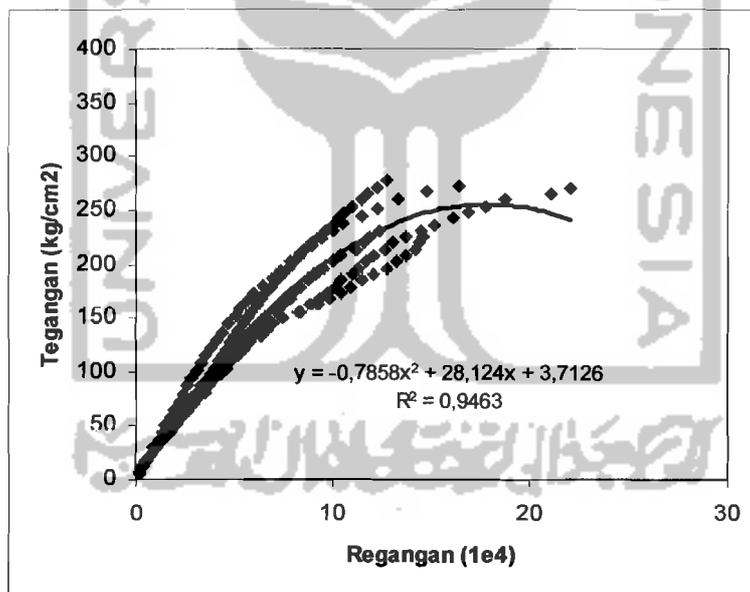
Grafik 5.7 Tegangan – Regangan NR 3



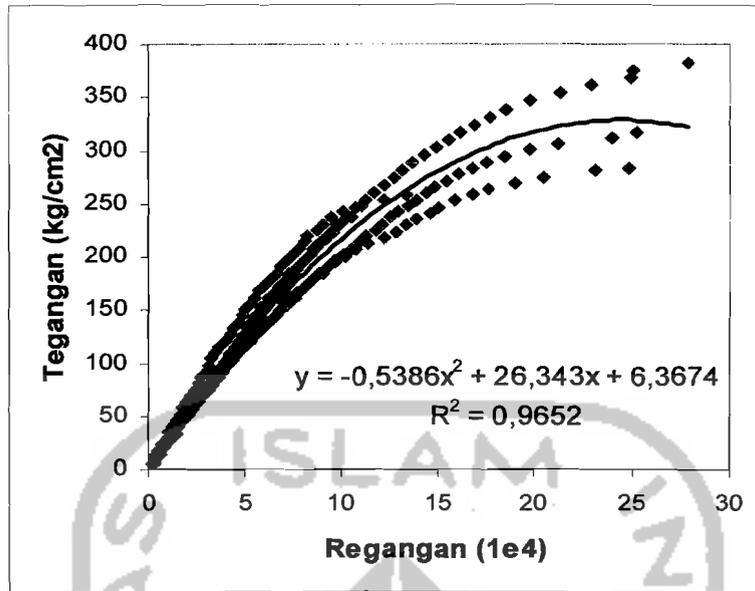
Grafik 5.8 Tegangan – Regangan NR 6



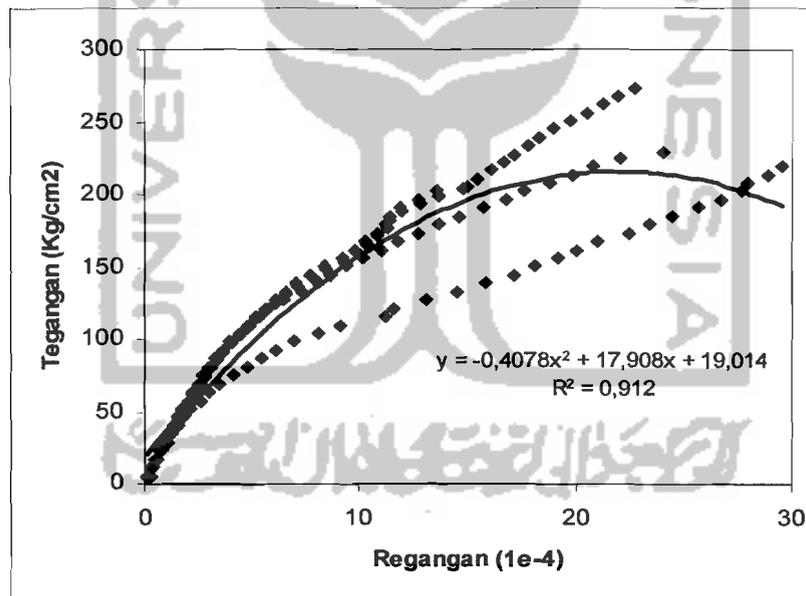
Grafik 5.9 Tegangan – Regangan NR 9



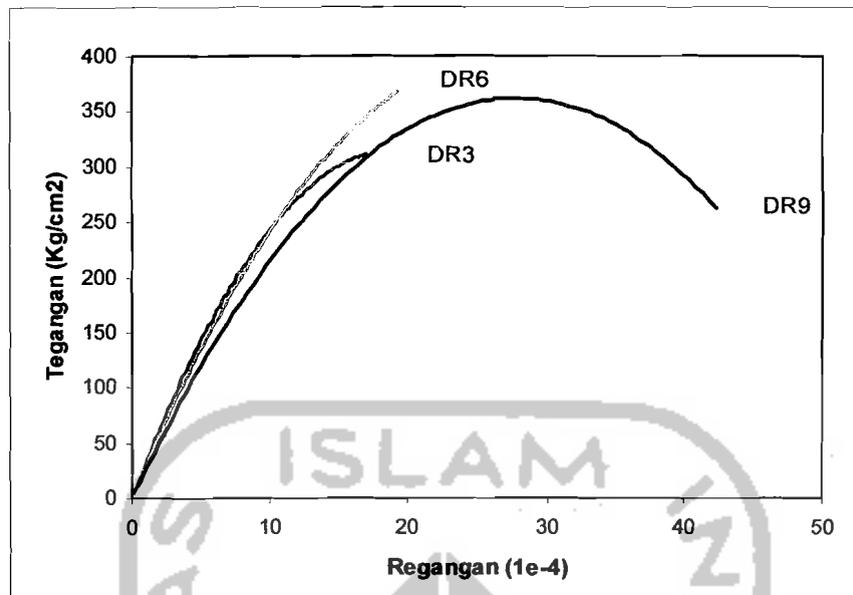
Grafik 5.10 Tegangan – Regangan NT 3



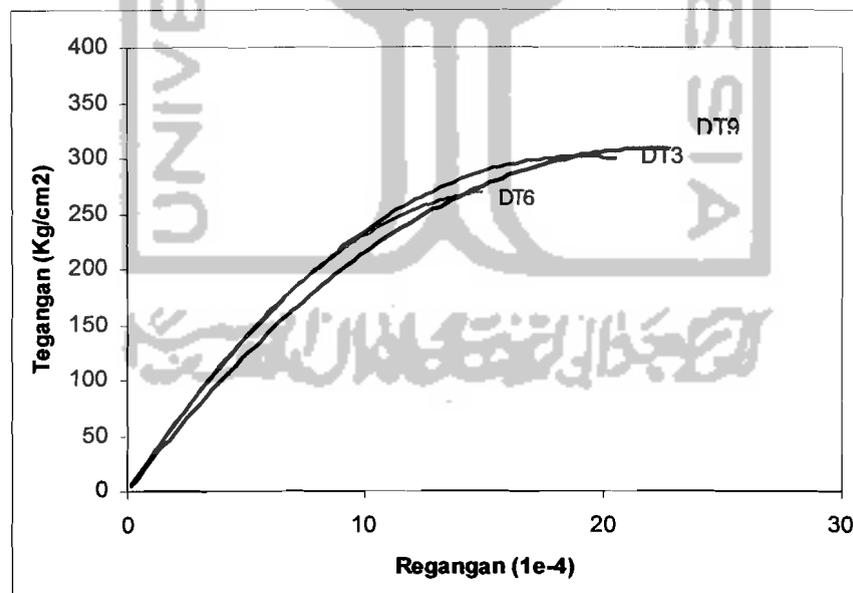
Grafik 5.11 Tegangan – Regangan NT 6



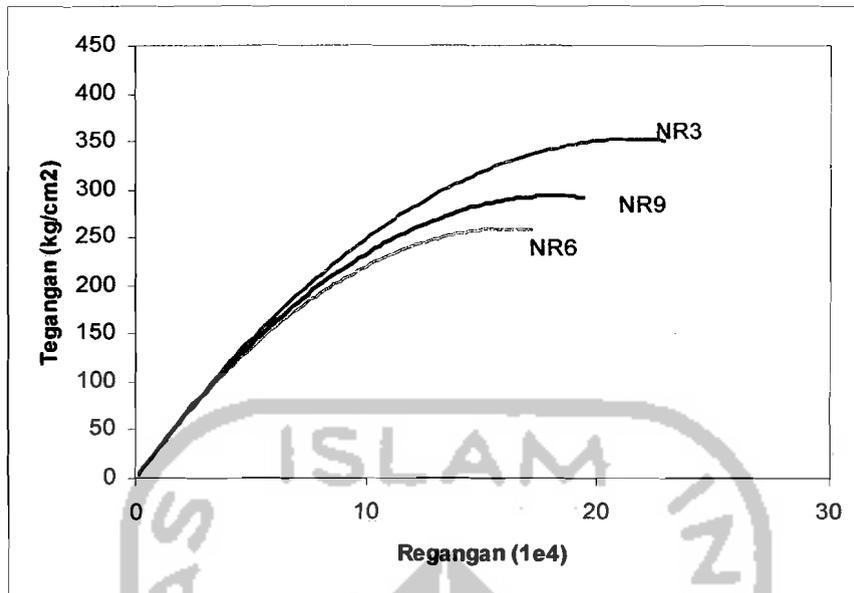
Grafik 5.12 Tegangan – Regangan NT 9



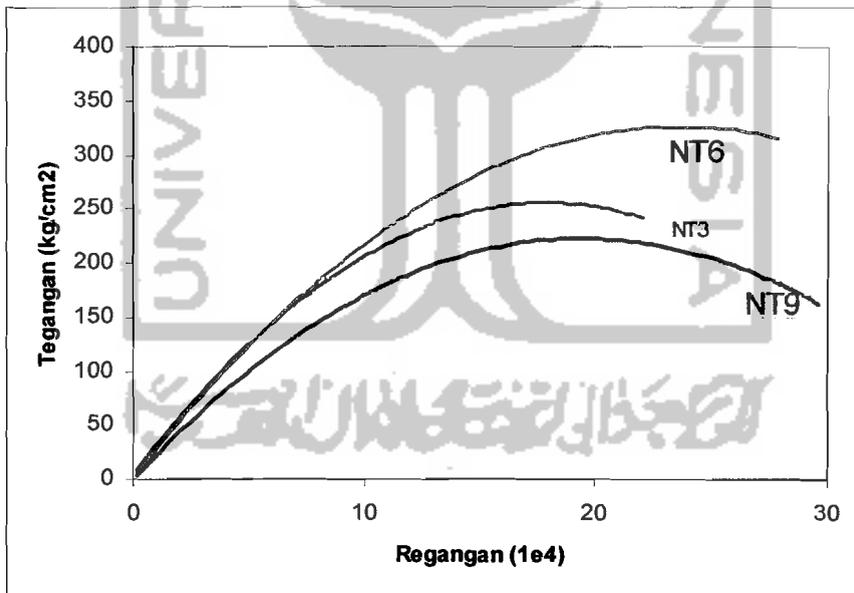
Grafik 5.13 Regresi Tegangan – Regangan DR3, DR6, DR9



Grafik 5.14 Regresi Tegangan – Regangan DT3, DT6, DT9



Grafik 5.15 Regresi Tegangan – Regangan NR3, NR6, NR9



Grafik 5.16 Regresi Tegangan – Regangan NT3, NT6, NT9

Perhitungan Modulus Elastisitas dan Modulus Kenyalnya sebagai berikut :

$$\text{Modulus Elastisitas (Ec)} = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

Dimana : σ = Tegangan pada 0,4 kuat tekan uji

ε = Regangan yang dihasilkan dari tegangan (σ)

Pada tipe NR 3 didapat $\sigma = 140,8805 \text{ kg/cm}^2$ dan $\varepsilon = 9,8694 \times 10^{-4}$

$$Ec = \frac{140,891}{4,909 \times 10^{-4}} = 287023,995 \text{ Mpa}$$

Untuk tipe selanjutnya dapat dilihat tabel dibawah ini :

Tabel 5.11 Hasil Pengujian Modulus Elastisitas

Tipe	σ mak (kg/cm ²)	0.4 σ mak (kg/cm ²)	ε (10 ⁻⁴)	Modulus Elastisitas		
				Laboraturium		Teoritis
				(kg/cm ²)	(MPa)	(MPa)
NR3	352,229	140,891	4,909	287023,995	28147,439	27341,6887
NR6	260,373	104,149	3,671	283730,842	27824,491	22587,8192
NR9	294,554	117,822	4,145	284284,271	27878,763	23608,4887
NT3	255,354	102,142	3,932	259789,935	25476,690	20801,8948
NT6	328,476	131,391	5,326	246701,027	24193,106	22179,0388
NT9	215,615	86,246	4,146	208032,032	20400,973	20134,9473
DR3	315,091	126,037	3,910	322344,118	31611,159	23160,2566
DR6	396,949	168,780	5,068	313298,328	30724,070	26457,2929
DR9	360,053	144,021	4,864	296095,889	29037,087	24614,4647
DT3	299,982	119,993	4,246	282595,535	27713,155	23841,2049
DT6	272,899	109,159	3,753	290851,386	28522,777	22454,2060
DT9	311,218	124,487	5,072	245435,154	24068,967	23609,7420

Modulus elastisitas dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu karakteristik agregat, umur beton, kondisi rawatan beton dan metode pengukuran nilai modulus. Peningkatan modulus elastisitas tergantung pada kelangsungan proses hidrasi semen, yang berhubungan dengan berkurangnya porositas beton dan peningkatan kekuatan. Perawatan dengan mempertahankan permukaan beton untuk selalu lembab akan menghasilkan modulus elastisitas beton lebih tinggi dibanding tanpa perawatan.

Pada pengujian ini dapat dilihat bahwa beton normal dan beton daur ulang yang dirawat memiliki nilai modulus elastisitas yang lebih tinggi dibanding dengan beton normal dan beton daur ulang tanpa rawat. Hal ini dikarenakan oleh pada beton yang direndam ketersediaan air terjaga dan terhindarnya kehilangan air semen yang banyak pada saat-saat *setting time concrete*, sedangkan pada beton tanpa rawat terjadi penguapan air pada beton sehingga menimbulkan pengerasan beton yang berlangsung secara cepat.

Pada beton DR dan DT nilai modulus elastisitasnya lebih besar dibanding dengan beton NR dan NT, berarti beton DR dan DT bersifat lebih daktail. Hal ini kemungkinan disebabkan karena agregat pada beton DR dan DT lebih getas dibanding dengan beton NR dan NT. Hasil modulus elastisitas pada laboratorium lebih besar daripada hasil teoritis dikarenakan nilai teoritis diambil angka yang kritis, jadi lebih kecil dari angka laboratorium.

