

PERPUSTAKAAN FTSP UII	
HADIAN/BEI	
TGL. TERIMA :	13 Februari 2007
NO. JUDUL :	05 21 69
NO. INV. :	512000 21 69001

Pengaruh Penambahan Serat Kawat Bendrat Terhadap Kuat Desak Beton Dengan Agregat Kasar Dari Bahan Daur Ulang Beton Dengan Perawatan Dan Tanpa Perawatan



Disusun oleh :

ERWAN DWI UJANTORO 01 511 010

R. RAVEN NURADHI N. 01 511 059

JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 JOGJAKARTA
 2006

MILIK PERPUSTAKAAN
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
 PERENCANAAN UII YOGYAKARTA

Handwritten notes:
 K,
 693 174
 Uji
 P
 A

Handwritten note: 41, 74. Godel lang 18

Handwritten notes:
 • Beton - agregat ulang
 • Beton - bahan daur ulang
 • Beton - serat bendrat
 • Nuradhi N, R. N.
 Nural

LEMBAR PENGESAHAN

**LAPORAN TUGAS AKHIR
PENGARUH PENAMBAHAN SERAT KAWAT BENDRAT
TERHADAP KUAT DESAK BETON DENGAN
AGREGAT KASAR DARI BAHAN DAUR ULANG BETON DENGAN
PERAWATAN DAN TANPA PERAWATAN**

Disusun Oleh :

ERWAN DWI UJANTORO

No. Mhs. 01511010

R. RAVEN NURADHI NUGROHO

No. Mhs. 01511059

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

A. Kadir Aboe, Ir, H, MS

Dosen Pembimbing I


tanggal 28/08 - 2006

Helmy Akbar Bale, Ir, MT

Dosen Pembimbing II


tanggal 28/8 2006

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

السلام عليكم ورحمة الله وبركاته

Puji dan syukur kami panjatkan kehadiran Allah ﷻ atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya. Tak lupa shalawat dan salam semoga selalu tercurahkan kepada junjungan Nabi Muhammad ﷺ, keluarga, para sahabat, dan para pengikutnya. Karena keridhoan-Nya, penyusun dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini dengan baik.

Laporan Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat yang harus ditempuh untuk menyelesaikan pendidikan jenjang Strata Satu (S1) pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Jogjakarta.

Selanjutnya izinkanlah penyusun mengucapkan terima kasih yang tak terhingga kepada pihak-pihak yang telah membimbing dan membantu dalam penyusunan Tugas Akhir ini. Ucapan terima kasih tersebut penyusun sampaikan kepada :

1. Bapak A Kadir Aboe,Ir,H,MS. selaku Dosen Pembimbing I
2. Bapak Helmy Akbar Bale,Ir,MT. selaku Dosen pembimbing II
3. Bapak Much. Samsudin,Ir,H,MT. selaku dosen penguji.
4. Bapak Ruzardi,Dr,Ir,MS selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Jogjakarta.

5. Bapak Faisol AM,Ir,H,MS. selaku Ketua Jurusan teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Jogjakarta.
6. Bapak, ibu, kakak, adik tercinta yang selalu mendukung, mendoakan, dan memotivasi.
7. Teman-teman seangkatan seperjuangan yang selalu berbagi dalam suka dan duka.
8. Iput yang selalu setia memberi semangat selama 5 tahun ini.
9. Semua pihak yang telah membantu penyusunan laporan ini, karena bantuan merekalah penyusun dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini.

Besar harapan kami semoga laporan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat kepada siapa saja yang membutuhkan referensi mengenai beton.

وَالشُّكْرُ لِلَّهِ وَالصَّلَاةُ لِلَّهِ وَالزَّكَاةُ لِلَّهِ وَالصِّيَامُ لِلَّهِ وَالْحَجُّ لِلَّهِ
وَالسُّكْرُ لِلَّهِ وَالصَّلَاةُ لِلَّهِ وَالزَّكَاةُ لِلَّهِ وَالصِّيَامُ لِلَّهِ وَالْحَجُّ لِلَّهِ

Jogjakarta, Agustus 2006

Penyusun

ABSTRAKSI

Banyaknya bangunan – bangunan lama yang diruntuhkan untuk direkonstruksi diganti dengan bangunan yang lebih bagus dan runtuhnya bangunan yang terkena bencana alam mengakibatkan banyaknya limbah beton yang semakin menumpuk dan tidak dimanfaatkan. Dalam penelitian terdahulu pada penggunaan limbah beton sebagai agregat kasar diketahui bahwa nilai kuat desak betonnya masih di bawah kuat rencana, untuk itu dalam penelitian ini peneliti mencoba meningkatkan kuat desak beton tersebut dengan menambahkan serat kawat bendrat. Selain itu perawatan juga diharapkan akan dapat memperbaiki kuat desak beton tersebut.

Penelitian ini meninjau penggunaan agregat kasar pecahan beton dalam campuran beton dengan menambahkan serat bendrat dengan perawatan maupun tanpa perawatan. Panjang serat bendrat yang digunakan yaitu 3, 6 dan 9 cm. Dalam pelaksanaan digunakan benda uji silinder berukuran tinggi 30 cm dan diameter 15 cm dengan jumlah sample 5 buah untuk masing-masing variasi beton yaitu beton dengan agregat batu pecah dirawat (NR), beton dengan agregat batu pecah tanpa rawat (NT), beton dengan agregat daur ulang dirawat (DR), beton dengan agregat daur ulang tanpa rawat (DT), dimana untuk masing-masing variasi beton baik yang dirawat maupun tanpa rawat dilakukan untuk umur 28 hari. Penelitian limbah beton sebagai pengganti agregat kasar lebih menekankan pada uji kuat desak pada beton yang dihasilkan.

Dari hasil penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa beton dengan agregat pecahan beton layak dipakai berdasarkan nilai keausan agregat yaitu 27,76% karena batas persentase yang disyaratkan adalah kurang dari 40%. Penambahan serat kawat bendrat 6 cm mempunyai kuat desak yang paling optimum daripada serat 3 dan 9 cm. Pada penambahan serat kawat bendrat 9 cm kuat desaknya lebih kecil karena adanya balling effect pada saat pencampuran. Untuk masing-masing beton, DR6 31,68 MPa, DT6 22,82 MPa.

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Lembar Pengesahan	ii
Kata Pengantar	iii
Abstraksi	v
Daftar Isi	vi
Daftar Tabel	ix
Daftar grafik	xi
Bab I Pendahuluan	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Lingkup Permasalahan	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Masalah	4
Bab II Tinjauan Pustaka	6
2.1 Penelitian Suharwanto, Djuanda Suratmadja, dan Habibullah Rois.....	6
2.2 Penelitian Suhendro	7
2.3 Penelitian Sudarmoko	7
2.4 Penelitian Suparjo	8
2.5 Penelitian Rina Kurniawati dan Winarni.....	9
2.6 Penelitian Rinta dan Pramono.....	9
Bab III Landasan Teori	10
3.1 Pendahuluan.....	10

3.2	Pengertian Beton.....	10
3.3	Bahan-Bahan Campuran Beton	12
3.3.1	Semen Portland.....	12
3.3.2	Air dan Udara.....	15
3.3.2.1	Air	15
3.3.2.2	Udara	16
3.3.3	Agregat Halus.....	16
3.3.4	Agregat Kasar.....	17
3.3.5	Bahan Serat (Kawat Bendrat).....	18
3.4	Kekuatan Lekat Beton.....	18
3.5	Kekuatan Beton.....	19
3.5.1	Pengaruh Faktor Air Semen Terhadap Kekuatan Beton.....	20
3.5.2	Pengaruh Bentuk Butiran Agregat Kasar Pada Kekuatan Beton ..	23
3.5.3.	Pengaruh Pemadatan Beton Terhadap Kekuatan Beton	29
3.5.4.	Pengaruh Perawatan Beton Terhadap Kekuatan Beton	30
3.6	Metode Perencanaan Adukan Beton	31
Bab IV Metode Penelitian		36
4.1	Standar Tes dan Spesifikasi Bahan	36
4.2	Peralatan Penelitian.....	38
4.3	Perencanaan Perhitungan Campuran Beton	39
4.3.1.	Perhitungan Rancanagn Campuran Beton Agregat Kasar Batu Pecah Dengan Metode ACI	39

4.3.2.	Perhitungan Rancanagn Campuran Beton Agregat Kasar	
	Pecahan Beton Dengan Metode ACI.....	42
4.4	Prosedur Penelitian	46
Bab V	Hasil Penelitian dan Pembahasan.....	49
5.1	Hasil Penelitian	49
5.2	Jenis Beton dan Jenis Perawatan	49
5.3	Hasil Penelitian dan Analisis.....	50
	5.3.1 Kuat Lekat Beton.....	50
	5.3.2 Perbandingan Campuran dan Berat Volume Beton.....	52
	5.3.3 Keausan Agregat	55
	5.3.4 Gradasi Agregat.....	55
	5.3.5 Slump.....	56
	5.3.6 Kuat Desak Beton.....	57
	5.3.7 Analisis Modulus Elastisitas	61
Bab VI	Kesimpulan dan Saran	73
6.1	Kesimpulan.....	73
6.2	Saran.....	73
	Daftar Pustaka	74
	Lampiran	

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Tabel 3.2	Faktor Air Semen Maksimum	22
Tabel 3.2	Nilai k Untuk Beberapa Keadaan.....	31	
Tabel 3.3	Nilai Deviasi Standart	31	
Tabel 3.4	Hubunagn Fas Dan Kuat Tekan Silinder Beton Umur 28 Hari	32	
Tabel 3.5	Faktor Air Semen Maksimum Berdasarkan Pengaruh Tempat Elemen.....	32	
Tabel 3.6	Nilai Slump Berdasarkan Penggunaan Jenis Elemen.....	33	
Tabel 3.7	Perkiraan Nilai Slump Berdasarkan Ukuran Maksimum Agregat.....	33	
Tabel 3.8	Perkiraan Kebutuhan Agregat Kasar Per m ³ Berdasarkan Ukuran Maksimum Agregat Dan Modulus Halus Butir Pasir (m ³).....	34	
Tabel 4.1	Alat-Alat Yang Digunakan Dalam Penelitian	38	
Tabel 5.1	Hasil Pengujian Kuat Lekat beton	51	
Tabel 5.2	Hasil Perhitungan Berat Volume Beton	53	
Tabel 5.3	Data Hasil Slump	56	
Tabel 5.4	Analisis Pengujian Kuat Desak Beton Normal.....	57	
Tabel 5.5	Analisis Pengujian Kuat Desak Beton Daur Ulang.....	58	
Tabel 5.6	Persentase Kuat Desak Beton Normal Dan Daur Ulang Dengan Perawatan.....	58	
Tabel 5.7	Persentase Kuat Desak Beton Normal Dan Daur Ulang Dengan Tanpa Perawatan.....	58	

Tabel 5.8	Persentase Kuat Desak Beton Dengan Perawatan Sebagai Pembanding Untuk Masing-Masing Jenis Beton	59
Tabel 5.9	Persentase Kuat Desak Beton Dengan NR Sebagai Pembanding Untuk Masing-Masing Panjang Serat	60
Tabel 5.10	Data Kuat Desak Beton.....	61
Tabel 5.11	Hasil Pengujian Modulus Elastisitas.....	71

DAFTAR GRAFIK

Grafik 5.1 Tegangan – Regangan DR 3.....	62
Grafik 5.2 Tegangan – Regangan DR 6.....	63
Grafik 5.3 Tegangan – Regangan DR 9.....	63
Grafik 5.4 Tegangan – Regangan DT 3.....	64
Grafik 5.5 Tegangan – Regangan DT 6.....	64
Grafik 5.6 Tegangan – Regangan DT 9.....	65
Grafik 5.7 Tegangan – Regangan NR 3.....	65
Grafik 5.8 Tegangan – Regangan NR 6.....	66
Grafik 5.9 Tegangan – Regangan NR 9.....	66
Grafik 5.10 Tegangan – Regangan NT 3.....	67
Grafik 5.11 Tegangan – Regangan NT 6.....	67
Grafik 5.12 Tegangan – Regangan NT 9.....	68
Grafik 5.13 Regresi Tegangan – Regangan DR3, DR6, DR9.....	68
Grafik 5.13 Regresi Tegangan – Regangan DT3, DT6, DT9.....	69
Grafik 5.13 Regresi Tegangan – Regangan NR3, NR6, NR9.....	69
Grafik 5.13 Regresi Tegangan – Regangan NT3, NT6, NT9.....	70

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Perkembangan dalam bidang industri tidak hanya memiliki implikasi yang positif tetapi juga dapat memiliki implikasi yang negatif, seperti terdapatnya limbah industri, limbah rumah tangga dan lain-lainnya. Begitu pula dalam hal perkembangan teknologi di bidang konstruksi. Adanya perkembangan teknologi yang makin modern, maka banyak konstruksi bangunan yang dituntut untuk mengikuti perkembangan zaman. Sehingga bangunan-bangunan lama yang diruntuhkan untuk direkonstruksi melalui teknologi tinggi yang lebih mementingkan faktor keselamatan, sehingga menimbulkan adanya limbah industri. Usaha yang serius terhadap upaya perkembangan teknologi perlu didukung oleh penelitian. Penelitian yang sudah sering dilakukan secara garis besar pada umumnya menggunakan suatu teknologi sederhana dan tingkat madya yang memanfaatkan sumber daya lokal termasuk pemanfaatan limbah beton.

Pada umumnya pembuatan beton menggunakan agregat kasar berupa kerikil atau batu pecah. Akan tetapi untuk daerah tertentu agregat kasar (kerikil) sulit untuk didapatkan dan harganya relatif mahal. Untuk itu diupayakan mencari solusi dan alternatif bahan lain sebagai pengganti agregat kasar, yaitu dengan menggunakan beton yang sudah tidak terpakai. Terdapatnya limbah beton berasal dari bangunan-bangunan lama yang diruntuhkan untuk direkonstruksi diganti dengan bangunan yang

lebih bagus dan mementingkan faktor keselamatan. Ada juga yang berasal dari runtuhnya bangunan yang terkena bencana alam. Dalam penelitian ini penulis mencoba meneruskan hasil penelitian sebelumnya, di mana penelitian sebelumnya dilakukan dengan mengganti agregat kasar (kerikil) dengan daur ulang limbah beton, yang memberikan hasil kuat tekan beton di bawah kekuatan yang direncanakan. Pada penelitian ini penulis mencoba untuk meningkatkan kuat tekan beton dengan memberikan serat kawat bendrat pada campuran beton tersebut.

Untuk membuat beton yang sesuai dengan yang diinginkan, tidak diperoleh hanya dengan mencampurkan semen, agregat halus, agregat kasar dan air. Usaha untuk meningkatkan kekuatan beton salah satunya dengan perawatan tertentu agar mutu beton yang didapat sesuai dengan yang kita rencanakan, karena semakin tinggi suhu pada awal perawatan akan menyebabkan semakin cepat terjadinya pengikatan, sehingga bila diuji akan menghasilkan kekuatan awal beton tinggi, tetapi akan mengakibatkan kekuatan akhir menurun. Hal ini disebabkan karena air telah menguap sehingga proses hidrasinya tidak sempurna.

Pada kondisi bangunan yang memikul beban yang cukup besar dibutuhkan beton yang mempunyai kuat tekan yang sangat besar dan kemampuan menahan keretakan yang terjadi. Untuk itu penulis mencoba untuk melakukan suatu penelitian dengan judul *“Pengaruh Penambahan Serat Kawat Bendrat Terhadap Kuat Desak Beton Dengan Agregat Kasar Dari Bahan Daur Ulang Beton Dengan Perawatan Dan Tanpa Perawatan” (Penelitian Laboratorium).*

1.2 Lingkup Permasalahan

- a. Banyaknya limbah beton baik dari bangunan yang runtuh akibat gempa atau keruntuhan karena kerusakan struktur dan keruntuhan-keruntuhan lainnya yang semakin menumpuk yang tidak dimanfaatkan.
- b. Pada penelitian sebelumnya hasil dari percobaan beton daur ulang kekuatannya masih berada dibawah kekuatan yang direncanakan. Untuk itu peneliti mencoba meningkatkan kekuatan rencana dengan menambahkan kawat bendrat dalam campuran beton dengan variasi panjang.
- c. Kekuatan beton juga dipengaruhi oleh cara perawatan beton sehingga perlu penelitian, tentang pengaruh perawatan beton dengan direndam dalam air.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui apakah penambahan serat kawat bendrat pada campuran beton daur ulang dapat meningkatkan kekuatan rencana yang ditentukan.
2. Membandingkan kuat desak beton normal dengan beton daur ulang yang telah ditambahkan serat bendrat didalamnya.
3. Pengaruh perawatan, terhadap beton normal dan beton daur ulang setelah ditambahkan serat kawat bendrat.

1.4 Manfaat Penelitian

Dari hasil penelitian dan pengujian diharapkan akan menghasilkan suatu produk beton struktur yang bermanfaat dengan implikasi sebagai berikut :

1. Untuk mengembangkan campuran beton dengan penambahan serat kawat bendrat pada beton daur ulang.
2. Pemakaian limbah beton dapat memberikan solusi terhadap pemecahan masalah limbah dengan memanfaatkan limbah beton yang didaur ulang sebagai bahan pengganti agregat kasar pada campuran beton.
3. Dapat mengetahui seberapa besar peningkatan kekuatan desak beton daur ulang.

1.5 Batasan Masalah

Sesuai dengan tujuan penelitian, maka perlu adanya batasan-batasan penelitian sebagai berikut :

1. Pengujian agregat halus berdasarkan ASTM dan agregat halus/pasir yang digunakan berasal dari sungai Boyong Jogjakarta.
2. Pengujian agregat kasar berdasarkan ASTM, ukuran butir 6 - 20 mm dan agregat kasar yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan bahan daur ulang beton yang diambil dari limbah beton yang ada di Laboratorium Bahan Kontruksi Teknik Universitas Islam Indonesia dan batu pecah berasal dari Sungai Boyong.
3. Perawatan beton dalam penelitian ini dilakukan dengan cara direndam dalam air dengan suhu normal dan tanpa dirawat.

4. Bahan ikat adalah semen, digunakan semen jenis I merk Gresik kemasan 40 kg/sak.
5. Mutu beton direncanakan adalah beton dengan $f'c$ 22,5 MPa.
6. Pengujian kuat tekan dan kuat lekat beton dilakukan pada umur 28 hari terhadap benda uji dengan agregat kasar daur ulang beton dan yang menggunakan agregat kasar alami dan dilaksanakan di Laboratorium Bahan Kontruksi Teknik Universitas Islam Indonesia.
7. Dimensi benda uji kuat lekat beton menggunakan bentuk silinder dengan ukuran diameter 10 cm dan tinggi 20 cm.
8. Dimensi benda uji kuat desak beton menggunakan bentuk silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.
9. Penambahan kawat bendrat 1 % dengan panjang kawat yang dipergunakan 3, 6, dan 9 cm, dengan jumlah benda uji adalah sebanyak 60 buah (30 direndam, 30 tanpa perawatan).
10. Air yang digunakan berasal dari Laboratorium Bahan Kontruksi Teknik Universitas Islam Indonesia.
11. Perhitungan perencanaan campuran agregat menggunakan metode ACI.
12. Pengujian agregat kasar yang dilakukan : gradasi, berat jenis, berat volume.
13. Pada pengujian Kuat Lekat, terdapat 3 sample panjang kawat yang tertanam dalam beton yaitu 3, 5 dan 8 cm dengan perawatan direndam.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Suharwanto, Djuanda Suratmadja, dan Habibullah Rois

“Perilaku Mekanik Pada Elemen Struktur Beton Agregrat Daur Ulang“. Penelitian yang dilakukan bertujuan untuk mengkaji perilaku mekanik material dan elemen struktur beton agregrat daur ulang dan menciptakan pembangunan yang berwawasan lingkungan, artinya bahan-bahan limbah padat dapat dimanfaatkan kembali dan mempunyai nilai ekonomi yang tinggi. Penelitian terhadap beton agregrat daur ulang menghasilkan agregrat alternatif yang dapat menggantikan agregrat alam.

Hal ini karena sifat-sifat fisik agregrat daur ulang memenuhi persyaratan ASTM. Namun kekurangannya adalah kadar air yang dikandungnya lebih kecil dan nilai porositas lebih besar bila dibandingkan dengan agregrat alam, sehingga nilai penyerapan air menjadi lebih tinggi dan bobot jenis serta bobot volume baik padat maupun gembur menjadi lebih kecil. Kecilnya nilai khas agregrat daur ulang mengakibatkan kuat fisik beton agregrat daur ulang juga berbeda.

Dari hasil penelitian nilai kuat tekan yang dihasilkan pada beton daur ulang lebih rendah daripada kuat tekan rencana. Penurunan tersebut menunjukkan nilai sebesar 4% hingga 26% dari perencanaan semula, yang perencanaannya menggunakan perencanaan beton agregrat alam. Sebaliknya nilai kuat tarik dan nisbah

Poisson-nya relatif sama dengan beton agregat alam. Di samping itu, nilai khas elemen struktur (balok, kolom, dan pelat) beton agregat daur ulang yang diperoleh juga mempunyai kinerja tahan pola keruntuhan yang relatif sama dengan nilai khas elemen struktur beton agregat alam, hanya nilai daktilitasnya sedikit lebih rendah.

2.2 Penelitian Suhendro

Peneliti telah memanfaatkan bahan lokal yang mudah didapat di Indonesia dan harganya murah, sebagai pengganti serat baja asli dari luar negeri. Bahan pengganti tersebut adalah berupa kawat bendrat yang dipotong-potong. Dan menyimpulkan bahwa kawat bendrat pengganti serat tidak kalah bagusnya dari serat asli, sehingga membuka peluang untuk dikembangkan.

Hasil dari penelitian telah menunjukkan bahwa kawat bendrat dengan panjang 60 mm dan diameter 1 mm, dapat dipakai sebagai bahan serat dengan tingkat perbaikan tidak kalah bagus dengan serat baja pabrikasi. Disamping itu penambahan serat bendrat juga dapat meningkatkan kuat ultimit dan kekakuan $\pm 50\%$ terhadap beton normal.

2.3 Penelitian Sudarmoko

Penambahan serat dengan menggunakan bahan lokal (kawat bendrat yang dipotong sepanjang 8 cm) dengan konsentrasi serat 1 % volume adukan memberikan konsentrasi yang paling mendekati optimal dan sudut tinjauan terhadap kuat tekan, kuat tarik dan modulus elastik, dimana pada konsentrasi tersebut kuat tekan dan kuat

tarik berturut-turut mencapai 42,85 MPa dibandingkan 34,22 MPa (125,2 %) dan 33,4 MPa dibandingkan 39,2 MPa (147,6 %) jika tanpa serat.

Peneliti mengemukakan bahwa penambahan kawat bendrat sebesar 1% dari volume adukan dapat meningkatkan kuat tekan, kuat tarik dan modulus elastik. Nilai optimal didapat panjang serat adalah 80 mm.

Tabel 2.1. Hasil pengujian kuat tekan dan kuat tarik beton normal dan beton serat (Sudarmoko, 1993)

No.	% serat	Panjang Serat (mm)	Kuat tekan silinder 28 hari		Kuat tarik silinder 28 hari	
			Mpa	%	Mpa	%
1	0,0	0	34,22	100	3,34	100
2	1,0	60	41,66	121,7	4,72	141,3
3	1,0	80	42,85	125,2	4,93	147,6
4	1,0	100	42,79	125,0	4,91	147,2

2.4 Penelitian Suparjo

Penelitian yang dilakukan peneliti ini mengenai "Perilaku Lekatan Tulangan Deform pada Beton Serat". Pada penelitian ini mencoba meneliti perilaku tegangan lekat pada struktur beton serat bertulang dengan batang tulangan baja. Peneliti mencoba membandingkan kekuatan lekatan tulangan beton berserat dan tanpa serat. Dua metode pengujian yaitu metode *pull-out* dan metode semi beam. Masing-masing benda uji dibebani gaya tarik pada tulangan sampel tulangan tersebut tercabut dari balok beton. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan serat dalam adukan beton meningkatkan kuat tekan, kuat tarik, kuat lekat dan tegangan lekat terhadap beton normal.

2.5 Penelitian Rina Kurniawati dan Winarni

Pada penelitian ini menunjukkan bahwa kuat desak silinder beton berkisar antara 34,1 MPa – 45,02 MPa dengan rata-rata 38,21 MPa. Penambahan serat bendrat pada adukan beton akan meningkatkan kuat desak beton. Kuat lekat tulangan tulangan deformed pada uji pull-out lebih baik dibandingkan dengan kuat lekat tulangan polos yaitu 35,537 – 42,236 MPa. Tetapi dengan bertambahnya tulangan, tegangan lekat yang terjadi akan lebih kecil.

2.6 Penelitian Rinta dan Pramono

Penelitian ini meninjau penggunaan agregat kasar pecahan beton dalam campuran beton serta perbandingan cara perawatan, yaitu direndam dan dibungkus plastik. Disimpulkan bahwa agregat pecahan beton layak dipakai berdasarkan nilai keausan agregat yaitu 27,76 % memenuhi standar yang disyaratkan yaitu 40%. Perawatan yang paling baik untuk beton normal adalah dibungkus plastik yaitu sebesar 34,4828 MPa atau naik 112,74%. Sedangkan beton yang menggunakan agregat pecahan beton perawatan yang paling baik adalah direndam yaitu sebesar 36,1121 MPa atau naik 118,07%.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Pendahuluan

Dalam bidang struktur, beton merupakan bahan yang paling umum dan banyak digunakan sebagai bahan bangunan. Hal ini dikarenakan beton tersusun dari bahan-bahan yang mudah didapat dan harganya relatif cukup murah.

Teknologi beton terus berkembang seiring dengan tuntutan kebutuhan konstruksi yang semakin meningkat. Salah satu hal yang penting dan perlu mendapat perhatian adalah mengetahui pengertian beton dan bahan-bahan penyusun beton, yaitu semen, air dan agregat, baik agregat halus maupun agregat kasar.

3.2 Pengertian Beton

Beton adalah suatu komposit dari beberapa bahan batu-batuan yang direkatkan oleh suatu bahan ikat. Beton dibentuk dari agregat campuran (halus, kasar) dan ditambah dengan pasta semen. Singkatnya dapat dikatakan bahwa pasta semen mengikat pasir dan bahan-bahan agregat lain (batu kerikil, basalt, dan sebagainya).

Komposit tersebut bila dituang dalam cetakan kemudian dibiarkan maka akan mengeras. Proses terjadinya pengerasan tersebut disebabkan oleh reaksi kimia antara air dan semen, dan dalam hal ini tingkat kekerasan beton sesuai dengan umurnya. Nilai kekuatan dan daya tahan (*durability*) beton merupakan fungsi berbagai faktor diantaranya adalah nilai banding campuran dan mutu bahan

susun, metode pelaksanaan pengecoran, pelaksanaan finishing, temperatur dan kondisi perawatan pengerasan (Dipohusodo, 1994).

Beton adalah merupakan bahan yang memiliki kuat tekan yang tinggi, bila dibuat dengan cara yang baik, kuat tekan akan menyamai batu alami (Kardiyono, 1992). Tetapi beton mempunyai kuat tarik yang rendah. Maka dari itu untuk mengimbangi kondisi beton yang lemah terhadap kuat tarik, maka beton diperkuat dengan baja tulangan, yang biasanya disebut dengan beton bertulang.

Kemudian dalam mudahnya memperoleh bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan beton menyebabkan beton banyak digunakan masyarakat. Dengan adanya hal tersebut dan seiring dengan perkembangan pembuatan beton, maka tidak tertutup kemungkinan adanya penggunaan bahan limbah yang sekiranya dapat digunakan sebagai alternatif dalam pembuatan campuran beton dengan tanpa mengabaikan persyaratan yang ditetapkan.

Adapun sifat-sifat beton yang baik adalah sebagai berikut (Kardiyono 1992) :

1. Mempunyai kuat tekan tinggi / kuat tekannya hampir sama dengan batu alami.
2. Beton segar dapat dengan mudah diangkut maupun dicetak dalam bentuk apapun maupun sebesar apapun.
3. Mempunyai kuat lekat yang tinggi.
4. Beton segar dapat dipompakan sehingga dapat dituang pada tempat yang sesulit apapun.

5. Beton termasuk tahan aus, tahan cuaca (panas - dingin, sinar matahari, hujan), tahan terhadap zat-zat kimia (terutama sulfat), maupun tahan bakar sesuai yang disyaratkan.
6. Susutan pengerasannya kecil.

Agar sifat-sifat tersebut diatas dapat tercapai, maka ada beberapa parameter yang harus diperhatikan antara lain (Nawy, 1990) :

1. Sifat - sifat bahan campuran untuk beton serta prinsip-prinsip perencanaan campurannya.
2. Kualitas dari bahan-bahan campuran beton.
3. Menggunakan semen nilai tinggi.
4. Penggunaan air yang tidak terlalu banyak (fas serendah mungkin).
5. Kekuatan dan kebersihan agregat.
6. Cara-cara perhitungan proporsi perbandingan dalam campuran beton.
7. Cara-cara perawatan beton.
8. Cara-cara pengangkutan beton muda, pengecoran dan pematatannya.

3.3 Bahan-Bahan Campuran Beton Dalam Penelitian

Campuran beton harus mempunyai perbandingan yang optimal antara agregat. Campuran yang dibentuknya berbeda-beda agar pembentukan beton dapat dimanfaatkan oleh seluruh material.

3.3.1 Semen Portland

Semen Portland adalah bahan hidrolis berbentuk serbuk halus yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang mengandung silikat-silikat

kalsium yang bersifat hidrolis dengan gips sebagai bahan tambahan (PUBI-1982), gips disini berfungsi sebagai penghambat pengikatan antara semen dan air. Semen Portland dibuat dengan cara mencampur dan membakar bahan dasar semen dengan suhu 1550°C dan menjadi klinker (Kardiyono, 1992).

Bahan baku pembentuk semen adalah kapur (CaO) dari batu kapur, Silika (SiO_2) dari lempung dan alumina (Al_2O_3) dari lempung (Nawy, 1990).

Fungsi semen adalah merekatkan butir-butir agregat kasar maupun halus agar terjadi suatu massa yang kompak padat. Selain itu semen juga berfungsi sebagai pengisi rongga-rongga diantara butiran agregat. Reaksi antara semen dan air akan membentuk pasta semen yang berfungsi sebagai pengikat, sehingga semen tergolong bahan pengikat hidrolis (Kardiyono, 1992).

Menurut Murdock, 1986, ada 4 (empat) oksida utama pada semen akan membentuk senyawa-senyawa kimia yaitu :

1. Trikalsium Silikat (C_3S) atau $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$

Senyawa ini mengeras dalam beberapa jam, dengan melepas sejumlah panas. Merupakan bagian yang paling dominan dalam memberikan sifat semen, bila semen terkena air unsur ini akan segera terhidrasi dan menghasilkan panas serta berpengaruh besar terhadap pengerasan semen terutama sebelum mencapai umur 14 hari.

2. Dikalsium Silikat (C_2S) atau $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$

Formasi senyawa ini berlangsung perlahan dengan pelepasan panas yang lambat dibandingkan dengan C_3S . Senyawa ini berpengaruh terhadap proses peningkatan kekuatan yang terjadi pada umur beton

dari 14 sampai 28 hari dan seterusnya. Semen yang mempunyai Dikalsium Silikat banyak mempunyai ketahanan terhadap agresi-kimia yang relatif tinggi, penyusutan kering yang relatif rendah.

3. Trikalsium Aluminat (C_3A) atau $3 CaO \cdot Al_2O_3$

Dengan air bereaksi menimbulkan panas hidrasi yang tinggi dan bereaksi sangat cepat, memberikan kekuatan sesudah 24 jam tetapi kekuatannya sangat rendah.

4. Tetrakalsium Aluminat (C_4A) atau $4 CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3$

Kurang begitu besar pengaruhnya terhadap kekerasan semen atau kekerasan beton itu sendiri, warna abu-abu pada semen disebabkan oleh senyawa ini.

Sesuai dengan tujuan pemakaiannya semen Portland di Indonesia dibagi menjadi 5 jenis yaitu :

Jenis I : Semen Portland untuk penggunaan umum yang tidak menggunakan persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis lain.

Jenis II : Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau panas hidrasi sedang.

Jenis III : Semen Portland yang dalam penggunaannya kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.

Jenis IV : Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan panas hidrasi rendah.

Jenis V : Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat.

3.3.2. Air dan Udara

3.3.2.1 Air

Air merupakan bahan dasar dalam pembuatan beton yang penting. Air dalam campuran beton diperlukan untuk bereaksi dengan semen, serta menjadi pelumas antara butir-butir agregat agar dapat mudah dikerjakan dan dipadatkan. Tetapi perlu dicatat bahwa tambahan air untuk pelumas ini tidak boleh terlalu banyak karena kekuatan beton menjadi menurun. Untuk bereaksi dengan semen, air yang diperlukan hanya sekitar 30 % dari berat semennya. Dalam praktiknya nilai f_{as} yang dipakai sulit kurang dari 0,35. Selain itu air juga berguna dalam metode perawatan beton yaitu dengan cara membasahi terus menerus beton atau beton yang baru, direndam di dalam air (Kardiyono, 1992).

Air inipun harus memenuhi persyaratan yang ditentukan dalam SK - SNI No S-04-1989-F, yaitu :

1. Air harus bersih.
2. Tidak mengandung lumpur, minyak dan benda-benda terapung lainnya yang dapat dilihat secara visual.
3. Tidak mengandung bahan - bahan tersuspensi lebih dari 2 g/lt.
4. Tidak mengandung garam - garam yang dapat larut dan dapat merusak beton (asam-asam, zat organik, dsb) lebih dari 15 g/lt. Kandungan klorida (Cl), tidak lebih dari 500 ppm, dan senyawa sulfat tidak lebih dari 100 ppm sebagai SO₃.

5. Bila dibandingkan dengan kekuatan tekan adukan dan beton yang memakai air yang diperiksa tidak lebih dari 10%.
6. Semua air yang mutunya meragukan harus dianalisa secara kimia dan dievaluasi mutunya menurut pemakaiannya.
7. Khusus untuk beton pratekan, kecuali syarat-syarat tersebut diatas, air tidak boleh mengandung klorida lebih dari 50 ppm.

Secara umum air yang dapat dipakai untuk bahan pencampur beton adalah air yang keasamanannya tidak boleh (pH) > 6, juga tidak diperbolehkan terlalu sedikit mengandung kapur (R. Sagel dkk, 1993).

3.3.2.2 Udara

Sebagai akibat terjadinya penguapan air secara perlahan-lahan dari campuran beton, mengakibatkan terjadinya rongga-rongga pada beton keras yang dihasilkan. Adanya rongga ini akan memudahkan pengerjaan beton, mengurangi *bleeding*, *segregasi* dan mengurangi jumlah pasir yang diperlukan dalam campuran beton. Kandungan udara optimum ini adalah 9 % dari friksi mortar dalam beton.

3.3.3 Agregat Halus

Agregat halus adalah butiran alami yang mempunyai ukuran butir-butir kecil kurang dari 4,80 mm atau lolos dari lobang ayakan standart No. 4 (Nawy, 1990).

Secara umum agregat halus sering disebut dengan pasir, baik itu pasir alami yang diperoleh langsung dari sungai atau tanah galian, atau hasil pecahan

batu. Pasir alam terbentuk dari pecahan batu dan dapat diperoleh dari dalam tanah, pada dasar sungai, atau dari tepi laut. Oleh karena itu agregat halus dapat digolongkan menjadi 3 macam (Kardiyono, 1992) :

1. Pasir galian, pasir golongan ini didapat langsung dari permukaan tanah atau dengan cara menggali terlebih dahulu. Pasir ini biasanya tajam, bersudut, berpori dan bebas dari kandungan garam, tetapi harus dibersihkan dari kotoran tanah dengan cara di cuci.
2. Pasir sungai, pasir ini diperoleh langsung dari dasar sungai, yang pada umumnya berbutir halus, bulat-bulat akibat proses gesakan. Daya lekat antar butiran agak kurang karena bentuknya yang bulat.
3. Pasir laut, pasir ini diambil langsung dari pantai, yang memiliki butir-butir halus dan bulat karena gesekan. Pasir ini merupakan pasir yang paling jelek karena banyak mengandung garam.

3.3.4 Agregat Kasar

Agregat disebut agregat kasar apabila ukuran butirannya lebih besar dari 4,76 mm atau tertahan pada ayakan No. 4. Sifat agregat kasar mempengaruhi kekuatan akhir beton keras dan daya tahannya terhadap disintegrasi beton, cuaca, dan efek-efek perusak lainnya. Jenis agregat kasar pada umumnya adalah (Nawy, 1990) :

1. Batu pecah alami, didapat dari cadas atau batu pecah alami yang digali. Batu ini berasal dari gunung api, jenis sedimen atau jenis metamorf. Batu ini memberikan kekuatan yang tinggi tetapi kurang memberikan

kemudahan pengerjaan dan pengecoran dibandingkan dengan agregat kasar lainnya.

2. Kerikil alami, didapat dari proses alami yaitu pengikisan tepi maupun dasar sungai oleh air sungai yang mengalir. Kerikil mempunyai kekuatan lekat lebih rendah dari batu pecah.
3. Agregat kasar buatan, terutama berupa slag atau shale yang biasa digunakan untuk beton berbobot ringan.
4. Agregat untuk pelindung nuklir dan berbobot berat, agregat jenis ini misalnya : baja pecah, magnetit dan limonit.

3.3.5 Bahan Serat (Kawat Bendrat)

Menurut Kadir Aboe (2004) dalam Jurnal Teknisia Volume IX No. 2, Agustus 2004, kawat bendrat termasuk dalam kelompok serat baja (*steel fibers*) yang digunakan untuk mengikat rangkaian baja tulangan, berdiameter ± 1 mm, terbuat dari campuran besi baja tanpa pelapis alumunium maupun seng. Kawat bendrat dapat diperoleh dengan mudah, memiliki kekuatan dan modulus elastisitas yang tinggi.

3.4. Kekuatan Lekat Beton

Kuat lekat adalah kuat tarik antara beton dengan tulangan yang dijangkarkan/ditanamkan dalam beton. Benda uji berupa silinder beton dengan ukuran diameter 100 mm dan tinggi 200 mm.

$$\text{kuat lekat beton} \quad f_b = \frac{P}{\pi \cdot d \cdot L_d} \dots\dots\dots(3.2)$$

- dengan :
- f_b = Tegangan lekat (MPa)
 - P = Gaya tarik pada kawat (Nmm)
 - L_d = Panjang penyaluran (mm)
 - d = Diameter kawat (mm)

3.5. Kekuatan Beton

Pengukuran kuat tekan beton dilakukan dengan membuat benda uji pada saat pengadukan beton berlangsung. Benda uji berupa silinder beton dengan ukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm, benda uji ini kemudian ditekan dengan mesin penekan sampai pecah. Beban tekan maksimum yang memecahkan itu dibagi dengan luas penampang silinder maka diperoleh nilai kuat tekan. Nilai kuat tekan dinyatakan dalam MPa atau kg/cm^2 dihitung dengan rumus sebagai berikut (Kardiyono, 1992) :

$$\text{Kuat desak beton} \quad f'_c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots (3.1)$$

- Dengan :
- P = beban maksimum (N)
 - A = Luas penampang benda uji (mm^2)

Kuat tekan beton yang direncanakan (f'_{cr}) adalah kuat tekan beton yang ditetapkan dan dipergunakan oleh perencana struktur guna keperluan perencanaan struktur. Kuat hancur beton dipengaruhi oleh sejumlah faktor, selain oleh perbandingan air semen (f_{as}) dan tingkat kepadatannya. Faktor-faktor penting lainnya adalah :

a. Jenis semen dan jumlah semen

Mempengaruhi kekuatan rata-rata dari beton.

b. Jenis dan gradasi agregat

Penggunaan agregat kasar akan menghasilkan kuat desak maupun kuat tarik yang lebih besar daripada penggunaan kerikil halus dari sungai.

Selain itu gradasi menerus akan memberikan kekuatan yang besar dibandingkan dengan gradasi seragam karena dengan menggunakan gradasi menerus akan terjadi interlocking sehingga akan menghasilkan angka pori yang kecil dan kemampatan yang tinggi.

c. Perawatan

Perawatan beton juga akan mempengaruhi kuat tekan terutama pada saat masih berusia muda atau belum mencapai kekuatan maksimal (umur 2- 14 hari).

d. Suhu

Pada umumnya kecepatan pengerasan dari beton seiring dengan bertambahnya suhu.

e. Kekuatan batuan

Kekuatan ini baik dari kekerasan batuan itu dan juga nilai keausan agregat yang dilakukan test abrasi.

3.5.1 Pengaruh Faktor Air Semen Terhadap Kekuatan Beton

Didalam campuran beton, fas mempunyai dua buah fungsi, yang pertama untuk memungkinkan reaksi kimia yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya pengerasan dan yang kedua untuk pelicin campuran kerikil pasir

dan semen agar memudahkan pencetakan. Adapun faktor yang mempengaruhi kecepatan pengikatan yaitu :

- ❖ Kehalusan semen
- ❖ Faktor air semen
- ❖ Temperatur suhu

Kehalusan penggilingan semen akan mempengaruhi kecepatan pengikatan. Kehalusan penggilingan penampang spesifik adalah total diameter penampang semen. Jika penampang lebih besar maka akan memperluas bidang kontak dengan air yang semakin besar. Semakin besar bidang persinggungan semakin cepat bereaksinya. Karena itu kekuatan awal dari semen yang lebih halus akan lebih tinggi, sehingga pengaruh akhirnya berkurang

Faktor air semen (fas) adalah perbandingan antara berat air dan semen yang dapat ditulis sebagai berikut (R. Sagel dkk, 1993) :

$$fas = \frac{\text{Berat air}}{\text{Berat semen}} \dots\dots\dots(3.2)$$

Pada beton biasa, faktor air semen dipakai antara 0,5 – 0,6 yang akan menghasilkan kuat tekan rata-rata sekitar 45 MPa dan 25 MPa (tergantung pada faktor-faktor lain).

Tabel 3.1 Faktor Air Semen Maksimum

Kondisi elemen	Nilai fas
Beton didalam ruang bangunan	
a. keadaan keliling non korosif	0,6
b. keadaan keliling korosif, disebabkan oleh kondensasi	0,52
Beton diluar bangunan	
a. tidak terlindungi dari hujan dan terik matahari langsung	0,6
b. terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0,6
Beton yang masuk ke dalam tanah	
a. mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	0,55
b. mendapat pengaruh sulfat alkali dari tanah atau air tanah	0,52
Beton yang kontinyu berhubungan dengan	
a. air tawar	0,57
b. air laut	0,52

Sumber : Buku Teknologi Beton, Kardiyono, 1992.

3.5.2 Pengaruh Bentuk Butiran Agregat Kasar Pada Kekuatan Beton

Bentuk butiran agregat lebih berpengaruh terhadap beton segar daripada setelah beton mengeras. Bentuk butiran agregat dapat dibedakan menjadi :

a) Agregat bulat

Mempunyai rongga udara minimum 33%. Hal ini berarti mempunyai rasio luas permukaan volume kecil sehingga memerlukan pasta semen yang sedikit untuk menghasilkan beton yang baik, tetapi ikatan antar butirannya kurang kuat sehingga lekatannya lemah. Agregat ini kurang cocok untuk struktur yang menekankan pada kekuatan atau beton mutu tinggi.

b) Agregat bulat sebagian atau tidak teratur

Mempunyai rongga udara sekitar 35% - 38% sehingga lebih banyak memerlukan pasta semen agar mudah dikerjakan. Agregat ini masih belum cukup baik untuk beton mutu tinggi karena ikatan antar agregat belum cukup baik (masih kurang kuat).

c) Agregat bersudut

Agregat ini mempunyai sudut-sudut yang tampak jelas yang terbentuk ditempat-tempat perpotongan bidang-bidang dengan permukaan kasar. Mempunyai rongga udara antara 38% - 40% sehingga membutuhkan pasta semen yang lebih banyak agar mudah mengerjakan. Agregat ini cocok untuk pembuatan beton mutu tinggi karena ikatan antar agregatnya baik.

d) Agregat Panjang

Agregat ini dikatakan panjang bila ukuran terbesar (yang paling panjang) lebih dari $\frac{9}{5}$ dari ukuran rata-rata. Agregat ini mempunyai pengaruh yang jelek terhadap daya tahan dan keawetan beton, karena agregat ini cenderung berkedudukan pada bidang rata air (horizontal) sehingga terdapat rongga dibawahnya.

e) Agregat pipih

Agregat ini adalah agregat yang ukuran terkecil butirannya kurang dari $\frac{3}{5}$ ukuran rata-rata. Agregat ini dikatakan pipih jika ukuran terkecil butirannya lebih kecil dari $\frac{3}{5} \times 15 \text{ mm} = 9 \text{ mm}$. Agregat ini mempunyai pengaruh yang jelek terhadap daya tahan dan keawetan beton, karena agregat ini cenderung berkedudukan pada bidang rata air (horizontal) sehingga terdapat rongga dibawahnya.

Dari berbagai macam bentuk agregat diatas, bentuk dan tekstur agregat kasar akan mempengaruhi kekuatan dan sifat-sifat struktural beton. Karena itu, agregat kasar harus cukup kuat dan keras, bebas dari retakan atau bagian yang

lemah, bersih, dan bebas dari lapisan permukaan. Sifat agregat juga akan mempengaruhi sifat ikatan agregat dengan mortar juga kadar air yang diperlukan. Agregat harus mempunyai bentuk yang baik (bersudut dan atau menyerupai kubus), bersih, keras, kuat, dan gradasinya baik. Agregat juga harus mempunyai bentuk kestabilan terhadap bahan kimiawi dan harus tahan terhadap cuaca dan keausan.

Sifat- sifat agregat yang mempengaruhi kualitas beton :

1. Bentuk dan tekstur

Bentuk agregat yang bersudut mempunyai luas permukaan yang lebih luas dari pada agregat yang bulat (kerikil) sehingga mempunyai daya lekat dengan pasta semen yang lebih kuat. Selain itu batu pecah juga mempunyai tekstur permukaan yang kasar, sehingga lekatan dengan pasta semen juga kuat. Dengan lekatan yang baik dengan pasta semen maka kekuatan beton menjadi lebih tinggi. Tetapi agregat yang bulat lebih mudah dikerjakan daripada agregat batu pecah dan penggunaan pasta semen menjadi lebih hemat.

2. Berat jenis agregat

Berat jenis adalah perbandingan antara massa padat agregat dan massa air dengan volume yang sama pada suhu yang sama. Berat jenis digunakan untuk menentukan volume yang diisi oleh agregat. Berat jenis dari agregat pada akhirnya akan menentukan berat jenis dari beton sehingga secara langsung menentukan banyaknya campuran agregat dalam campuran beton. Hubungan antara berat jenis dengan

daya resap adalah jika semakin tinggi nilai berat jenis agregat maka semakin kecil daya serap air agregat tersebut. Karena butiran agregat mengandung pori-pori yang ada dalam butiran dan tertutup atau saling tidak berhubungan, maka berat jenis dibedakan menjadi dua yaitu :

- a. Berat jenis mutlak, jika volume benda padatnya tanpa pori
- b. Berat jenis semu, jika volume benda padatnya termasuk pori-pori tertutupnya.

Agregat dapat dibedakan berdasarkan berat jenisnya yaitu :

- a. Agregat normal

Mempunyai berat jenis antara 2,5 – 2,7 biasanya berasal dari agregat granit, kuarsa, basalt. Beton yang dihasilkan berberat jenis sekitar 2,3 dengan kuat tekan antar 15 – 40 MPa.

- b. Agregat berat

Mempunyai berat jenis lebih dari 2,8 misalnya magnetic (Fe_3O_4), serbuk besi dll. Beton yang dihasilkan berberat jenis tinggi sampai 5, yang efektif digunakan sebagai dinding pelindung sinar radiasi sinar X.

- c. Agregat ringan

Mempunyai berat jenis kurang dari 2,0 yang biasanya digunakan untuk non-struktural. Kebaikannya adalah berat sendiri yang rendah sehingga strukturnya ringan dan pondasinya lebih kecil. Agregat ini mempunyai daya serap yang tinggi sehingga pengadukan beton cepat keras dan

mempunyai kuat tarik yang rendah, modulus elastisitasnya rendah serta resapan dan susutan lebih tinggi.

3. Kadar air agregat

Kadar air adalah banyaknya air yang terkandung dalam suatu agregat. Air yang ada pada suatu agregat perlu diketahui untuk menghitung jumlah air yang perlu dipakai dalam campuran adukan beton dan untuk mengetahui berat satuan agregat. Kadar air agregat dapat dibedakan menjadi empat jenis yaitu :

1. Kadar air kering tungku

Yaitu keadaan yang benar-benar tidak berair dan berarti dapat secara penuh menyerap air.

2. Kadar air kering udara

Kondisi agregat yang permukaannya kering tetapi sedikit mengandung air dalam porinya dan masih dapat menyerap air.

3. Kadar air jenuh kering permukaan

Kondisi dimana tidak ada air di permukaan agregat tetapi agregat tersebut masih dapat menyerap air tetapi air dalam agregat tidak akan menambah atau mengurangi air pada campuran beton.

4. Kadar air basah

Kondisi dimana butir-butir agregat banyak mengandung air, sehingga akan menyebabkan penambahan kadar air campuran beton.

Dari keempat kondisi tersebut hanya dua yang sering dipakai dalam dasar hitungan yaitu kering tungku dan jenuh kering muka. Kadar air biasanya dinyatakan dalam prosen dan dapat dihitung sebagai berikut :

$$w = \frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100\% \dots\dots\dots(3.4)$$

w = Kadar air

W_1 = berat agregat basah

W_2 = agregat yang dikeringkan dalam oven pada suhu 105° C sampai beratnya tetap.

4. Ukuran maksimum butir agregat

Adukan beton dengan tingkat kemudahan pengerjaan yang sama, atau beton dengan kekuatan yang sama, akan membutuhkan semen yang lebih sedikit apabila dipakai butir-butir kerikil yang besar-besar. Oleh karena itu, untuk mengurangi jumlah semen sehingga biaya pembuatan beton berkurang maka dibutuhkan ukuran butir-butir maksimum agregat yang sebesar-besarnya. Pada umumnya ukuran maksimum agregat yang dipakai adalah 10 mm, 20 mm, 30 mm, atau 40 mm.

5. Gradasi agregat

Gradasi agregat adalah distribusi ukuran butiran dari agregat. Bila butir-butir agregat mempunyai ukuran yang sama (seragam) maka volume pori akan besar. Sebaliknya bila ukuran butir agregatnya bervariasi maka pori-porinya menjadi sedikit karena terisi dengan ukuran agregat yang lebih kecil. Dengan kata lain kemampuan yang dihasilkan akan tinggi, karena dalam pembuatan beton sangat

dibutuhkan nilai kemampatan yang tinggi. Dengan gradasi agregat yang baik akan menghasilkan beton yang kuat karena volume ruang kosong diantara butiran menjadi minimal, sehingga beton menjadi padat dan kompak.

6. Modulus halus butir agregat (MHB)

Modulus halus butir adalah suatu indek yang dipakai untuk menjadi ukuran kehalusan atau kekasaran butir-butir agregat. MHB didefinisikan sebagai jumlah persen kumulatif dari butiran agregat yang tertinggal diatas satu set ayakan, kemudian nilai tersebut dibagi dengan seratus. Semakin besar nilai MHB suatu agregat berarti semakin besar butir agregatnya.

7. Keausan agregat

Keausan suatu agregat dapat dilakukan dengan cara test abrasi dengan menggunakan alat uji *Los Angeles*. Persentasi jumlah agregat yang hancur selama pengujian merupakan ukuran dari sifat-sifat agregat yaitu kekuatan, kekerasan, ketahanan aus.

3.5.3 Pengaruh Pemadatan Beton Terhadap Kekuatan Beton

Tujuan pemadatan adukan beton adalah untuk mengurangi rongga-rongga udara agar beton mencapai kepadatan yang tinggi. Beton dengan kepadatan yang tinggi akan menghasilkan kekuatan yang tinggi. Pemadatan dapat dilakukan dengan dua cara yaitu cara manual (dengan tenaga manusia) dan dengan cara menggunakan mesin pemadat bergetar (*vibrator*). Pemadatan dengan menggunakan *vibrator* akan memiliki kekuatan beton yang lebih baik dari pada

pemadatan dengan cara manual atau tenaga manusia. Hal ini juga tergantung dengan metode pemadatannya dan kepiawaian dari pelaksananya. Selain itu *vibrator* juga dapat digunakan pada campuran yang memiliki *workability* yang rendah.

3.5.4 Pengaruh Perawatan Beton Terhadap Kekuatan Beton

Maksud dari perawatan beton yaitu berupa reaksi kimia yang terjadi pada pengikatan dan pengerasan beton yang tergantung dari pengadaan airnya selain itu berguna sebagai pengendalian proses hidrasi yang berlangsung pada campuran beton tersebut. Air yang tersedia harus memadai untuk proses hidrasi selama pencampuran sehingga memungkinkan terjadinya reaksi kimia yang berkelanjutan. Penguapan air dapat menyebabkan terhentinya proses hidrasi sehingga peningkatan kekuatan beton akan berkurang. Oleh karena itu direncanakan suatu cara perawatan beton untuk mempertahankan berlangsungnya proses hidrasi agar kekuatan beton dapat meningkat.

Beberapa cara perawatan beton yaitu :

- a. Menaruh beton segar di dalam ruangan yang lembab.
- b. Menaruh beton segar di dalam air (terendam air).
- c. Menyelimuti permukaan beton dengan karung basah.
- d. Menyirami permukaan beton.
- e. Perawatan dengan penguapan.
- f. Perawatan dengan membran.

Membran yang digunakan untuk perawatan merupakan penghalang fisik untuk menghalangi penguapan air. Lembaran plastik atau lembaran lain yang

kedap air dapat digunakan dengan sangat efisien. Cara ini harus dilaksanakan sesegera mungkin setelah waktu pengikatan beton. Perawatan dengan cara ini dapat juga dilakukan setelah atau sebelum perawatan dengan pembasahan (Tri Mulyono, 2004).

Semua jenis perawatan di atas dilakukan selama periode waktu tertentu sehingga didapatkan kekuatan beton yang maksimal.

3.6 Metode Perencanaan Adukan Beton

Penelitian ini menggunakan metode perencanaan campuran adukan beton dengan metode ACI (*American Concrete Institute*). Salah satu tujuan peneliti menggunakan metode ACI ini, karena beton dengan menggunakan metode ACI ini, menghasilkan beton yang mudah dikerjakan. Ukuran derajat kekentalan dan kemudahan pengerjaan dapat dilihat dari pengujian nilai slump.

Adapun tata cara urutan perencanaan campuran adukan beton menurut standart ACI adalah sebagai berikut :

1. Perhitungan kuat desak rata-rata beton

Perhitungan kuat desak rata-rata beton memiliki syarat terhadap nilai margin akibat pengawasan dan jumlah sample yang ditambahkan pada penjumlahan kuat desak rencana beton sesuai dengan rumus berikut :

$$f'_{cr} = f'_c \times k \times S \dots\dots\dots(3.5)$$

Dengan :

$$f'_{cr} = \text{Kuat desak rata-rata beton} \dots\dots\dots(\text{MPa})$$

$$f'_c = \text{Kuat desak rencana beton} \dots\dots\dots(\text{MPa})$$

k = Tetapan statistik Untuk Indonesia memakai 5%

kegagalan maka faktor $k = 1,64$ (tabel 3.3).

S = deviasi standart (tabel 3.4).

Tabel 3.2 Nilai k Untuk Beberapa Keadaan

No	Keadaan	Nilai k
1	Untuk 10% defektif	1,28
2	Untuk 5% Defektif	1,64
3	Untuk 2,5% Defektif	1,96
4	Untuk 1% Defektif	2,33

Sumber : Buku Teknologi Beton, Kardiyono, 1992

Tabel 3.3 Nilai Deviasi Standart (kg/cm^2)

Volume pekerjaan (m^3)	Mutu pekerjaan		
	Baik sekali	Baik	Cukup
Kecil < 1000	$4,5 < S < 5,5$	$5,5 < S < 6,5$	$6,5 < S < 8,5$
Sedang 1000 – 3000	$3,5 < S < 4,5$	$4,5 < S < 5,5$	$5,5 < S < 7,5$
Besar >3000	$2,5 < S < 4,5$	$3,5 < S < 4,5$	$4,5 < S < 6,5$

Sumber : Buku Teknologi Beton, Kardiyono, 1992

2. Menentukan faktor air semen

Faktor air semen ditentukan dari nilai terendah antara pengaruh kuat desak beton rata-rata (tabel 3.4) dan pengaruh keawetan elemen struktur terhadap kondisi lingkungan (tabel 3.5) dari dua tersebut dipilih yang paling rendah sebagai berikut :

Tabel 3.4 Hubungan Fas dan Kuat Tekan Silinder Beton Umur 28 Hari

Faktor air semen	Perkiraan kuat tekan (MPa)
0,35	42
0,44	35
0,53	28
0,62	22,4
0,71	17,5
0,80	14

Sumber : Buku Teknologi Beton, Kardiyono, 1992

Tabel 3.5 Faktor Air Semen Maksimum Berdasarkan Pengaruh Tempat Elemen

Kondisi elemen	Nilai fas
Beton didalam ruang bangunan	
a. keadaan keliling non korosif	0,6
b. keadaan keliling korosif, disebabkan oleh kondensasi	0,52
Beton diluar bangunan	
a. tidak terlindungi dari hujan dan terik matahari langsung	0,6
b. terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0,6
Beton yang masuk ke dalam tanah	
a. mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	0,55
b. mendapat pengaruh sulfat alkali dari tanah atau air tanah	0,52
Beton yang kontiyu berhubungan dengan	
a. air tawar	0,57
b. air laut	0,52

Sumber : Buku Teknologi Beton, Kardiyono, 1992

3. Menentukan besar nilai slump

Nilai slump ditentukan berdasarkan ukuran maksimum agregat dan penggunaan elemen struktur. Nilai slump berdasarkan penggunaan jenis elemen dapat dilihat pada tabel 3.5.

Tabel 3.6 Nilai Slump Berdasarkan Penggunaan Jenis Elemen

Pemakaian jenis elemen	Max (cm)	Min (cm)
Dinding pelat pondasi dan pondasi telapak bertulang	12,5	5,0
Pondasi telapak tidak bertulang, kaison dan struktur bawah pondasi	9,0	2,5
Pelat, balok, kolom, dinding	15,0	7,5
Pengerasan jalan	7,5	5,0
Pembetonan missal	7,5	2,5

Sumber : Buku Teknologi Beton, Kardiyono, 1992

4. Menetapkan jumlah air yang dibutuhkan

Jumlah kebutuhan air yang diperlukan dalam campuran adukan beton dalam setiap 1 m³ dapat ditentukan berdasarkan diameter maksimum agregat dan dari nilai slump (tabel 3.7)

Tabel 3.7 Perkiraan Nilai Slump Berdasarkan Ukuran Maksimum Agregat

Slump	Ukuran maksimum agregat (mm)		
	10	20	40
25 – 50	206	182	162
75 – 100	226	203	177
150 175	240	212	188
Udara terperangkap	3%	2%	1%

Sumber : Buku Teknologi Beton, Kardiyono, 1992

5. Menghitung kebutuhan semen berdasarkan hasil penentuan langkah ke-dua (didapat nilai fas) dan ke-empat (didapat jumlah air) dengan membagi rasio kebutuhan air dengan nilai fas

$$W_{semen} = \frac{W_{air}}{fas} \dots\dots\dots(3.6)$$

6. Menetapkan volume agregat kasar

Menentukan jumlah agregat kasar yang digunakan dalam campuran adukan beton berdasarkan pada tabel 3.8 dibawah ini :

Tabel 3.8 Perkiraan Kebutuhan Agregat Kasar Per m³ Beton Berdasarkan Ukuran Maksimum Agregat dan Modulus Halus Butir Pasir (m³)

Ukuran max agregat (mm)	Modulus halus butir pasir			
	2,4	2,6	2,8	3,0
10	0,46	0,44	0,42	0,40
20	0,65	0,63	0,61	0,59
40	0,76	0,74	0,72	0,70
80	0,84	0,84	0,80	0,78
150	0,90	0,88	0,86	0,84

Sumber : Buku Teknologi Beton, Kardiyono, 1992

7. Menghitung volume agregat halus yang diperlukan

Perhitungan agregat halus dapat berdasarkan pada pengurangan volume absolute terhadap volume agregat kasar, volume semen, volume air serta prosentasi udara yang terperangkap dalam adukan.

BAB IV

METODOLOGI PENELITIAN

Dalam penelitian ini akan membandingkan kuat desak antara beton berserat bendrat dengan menggunakan agregat kasar dari daur ulang beton dan beton berserat bendrat dengan menggunakan agregat kasar batu pecah. Penelitian ini akan dilakukan di laboratorium dengan membuat beberapa benda uji silinder beton.

Hasil akhir suatu penelitian berkaitan erat dengan metode penelitian yang disesuaikan dengan prosedur, jenis alat yang digunakan dan jenis penelitiannya.

4.1 Standar Tes dan spesifikasi Bahan

Dalam pelaksanaan penelitian ini dilakukan pengujian dan klasifikasi terhadap bahan penyusun campuran beton. Adapun bahan-bahan penyusun tersebut adalah sebagai berikut :

1. Semen Portland

Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah Semen Portland jenis I merk gresik dengan data sebagai berikut :

- a. Berat jenis : 3,15
- b. Tipe semen : Tipe I

2. Agregat Halus

Pada penelitian ini digunakan agregat halus berupa pasir alam dengan data bahan sebagai berikut :

- a. Asal pasir : Sungai Krasak

- b. Berat jenis "SSD" : 2,3925
- c. Berat volume "SSD" : 1,8391 t/m³
- d. Modulus Halus Butir (MHB) : 2,886

3. Agregat Kasar Batu Pecah

Pada penelitian ini digunakan agregat kasar berupa batu pecah dengan data bahan sebagai berikut :

- a. Asal Kerikil : Sungai Boyong.
- b. Berat jenis "SSD" : 2,701
- c. Berat volume "SSD" : 1,594 t/m³
- a. Modulus Halus Butir (MHB) : 6,772
- b. Nilai keausan / Abrasi : 19,8 %

4. Agregat Kasar Daur Ulang Beton

- a. Asal daur ulang beton : Beton uji labolatorium Bahan Kontruksi Teknik FTSP UII
- b. Berat jenis "SSD" : 2,495
- c. Berat volume "SSD" : 1,330 t/m³
- d. Modulus Halus Butir (MHB) : 6,8095
- e. Nilai keausan / Abrasi : 27,76 %

5. Air

Air yang digunakan berasal dari air PDAM Laboratorium Bahan Kontruksi Teknik FTSP UII.

4.2 Peralatan Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada table 4.1

berikut ini :

Tabel 4.1 Alat-alat Yang Digunakan Dalam Penelitian

No	Alat	Kegunaan
1	Oven	Pengering Agregat
2.	Piring Logam	Menampung Agregat Di Oven
3.	Mesin Siever	Pengayak Mekanik
4.	Ayakan	Menyaring agregat
5.	Timbangan	Menimbang bahan-bahan
6.	Gelas Ukur	Menakar air
7.	Ember	Menampung agregat
8.	Kerucut Abrams	Pengujian slump
9.	Mixer Listrik	Pencampuran adukan
10.	Sekop Besar	Mengaduk adukan
11.	Sekop kecil	Memasukkan adukan kedalam adukan
12.	Tongkat penumbuk	Memadatkan benda uji
13.	Penggaris	Mengukur slump
14.	Cetakan silinder	Tempat mencetak benda uji
15.	Kaliper	Mengukur diameter benda uji
16	Mesin uji desak	Uji desak beton
17.	Kolam perendaman	Perawatan beton
18.	Plastik	Perawatan beton
19	Mesin Los Angeles	Uji keausan / abrasi
20	Alat Pemotong Besi	Memotong Kawat Bendrat

4.3 Perencanaan Perhitungan Campuran Beton

4.3.1 Perhitungan Rancangan Campuran Beton Agregat Kasar Batu Pecah Dengan Metode ACI

Dari data hasil penelitian yang dilakukan pada agregat halus dan agregat kasar didapat :

a. Agregat Halus

1. Berat Jenis : 2,3925
2. Berat Volume : 1,8391 t/m³
3. Modulus Halus Butir : 2,886

b. Agregat Kasar Batu Pecah

1. Berat Jenis : 2,701
2. Berat Volume : 1,594 t/m³
3. Modulus Halus Butir : 6,772

c. Berat Jenis Semen

Berat jenis semen : 3,15

* Mutu beton rencana ($f'c$) = 22,5 MPa

* Standar Deviasi (sd) = 6,5 MPa (Tabel 3.4)

Volume pekerjaan kecil (< 1000 m³) dengan mutu pekerjaan baik

* Nilai slump adalah 75 – 150 mm (Tabel 3.7)

Beton yang akan digunakan untuk pelat, balok, kolom dan dinding.

* Tegangan beton yang akan dicapai ($f'cr$)

$$= fc' + (1,64 \times sd)$$

$$= 22,5 + (1,64 \times 6,5)$$

$$= 33,16 \text{ MPa}$$

✳ Menentukan Faktor Air Semen (fas)

1. Berdasarkan nilai kuat desak beton yang akan dicapai sebesar 33,16 MPa maka akan diperoleh nilai fas sebesar 0,4636 (Tabel 3.5)
2. Untuk bangunan di dalam ruangan dengan kondisi keadaan keliling non korosif maka (Tabel 3.6) diperoleh nilai fas maksimum sebesar 0,6.

Dari kedua nilai fas tersebut diambil nilai fas yang terkecil, maka nilai fas yang dipakai adalah 0,4636.

✳ Menentukan jumlah air yang dibutuhkan

Dengan ukuran agregat maksimum sebesar 20 mm dan berdasarkan nilai slump yang telah ditentukan (75 – 150 mm) maka dapat kita peroleh air yang dibutuhkan yaitu sebesar 203 l/m³ dan udara terperangkap 2 % atau jumlah volume udara terperangkap 0,02 m³ (Tabel 3.8).

✳ Menentukan kebutuhan semen

$$\text{Berat semen} = \frac{\text{Berat Air}}{\text{fas}} = \frac{203}{0,4636} = 437,877 \text{ Kg}$$

✳ Menentukan agregat kasar per satuan volume

MHB agregat halus (pasir) = 2,886 dan ukuran maksimum agregat kasar (batu pecah) = 20 mm maka dari table 3.9 akan diperoleh volume agregat kasar yang dibutuhkan yaitu sebesar 0,6014 m³. Berat kerikil kering dalam beton sebesar = 0,6014 × 1594 = 958,6316 kg

* Menentukan volume agregat halus yang dibutuhkan

Volume semen	$= 437,877 / (3,15 \times 1000)$	$= 0,1390 \text{ m}^3$
Volume air	$= 203 / 1000$	$= 0,203 \text{ m}^3$
Volume agregat kasar	$= 958,6316 / (2,701 \times 1000)$	$= 0,3549 \text{ m}^3$
Volume udara	$= 2 \%$	$= 0,02 \text{ m}^3$
	Σ	$= 0,7169 \text{ m}^3$
Volume pasir	$= 1 - 0,7169$	$= 0,2831 \text{ m}^3$
Berat agregat halus	$= 0,2831 \times 2,3925 \times 1000$	$= 677,3167 \text{ kg}$

* Kebutuhan material penyusun beton dalam 1 m^3 dalam adukan beton normal.

Dari beberapa penentuan parameter diatas maka didapat beton 1 m^3 mempunyai perbandingan $P_c : P_s : K_r : \text{Air}$ adalah $1 : 1,5468 : 2,1892 : 0,4636$.

Maka 1 m^3 beton membutuhkan material :

- Semen = 437,877 Kg
- Pasir = 677,3167 Kg
- Kerikil = 958,6316 Kg
- Air = 203 Kg

* Untuk silinder ϕ 15 cm dan tinggi 30 cm, maka volumenya yaitu :

$$\begin{aligned}
 0,25 \times \pi \times \phi^2 \times t &= 0,25 \times \pi \times 15^2 \times 30 \\
 &= 5301,4376 \text{ cm}^3 \\
 &= 0,005301 \text{ m}^3 \\
 \text{Untuk 1 silinder} &= 0,005301 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Asumsi pada proses pencampuran mengalami kehilangan volume sebesar 20 % jadi kebutuhan campuran beton untuk 1 buah silinder sebesar :

$$\text{Semen} = (0,005301 + 0,00106)m^3 \times 437,877 \text{ kg/m}^3 = 2,7853 \text{ Kg}$$

$$\text{Pasir} = (0,005301 + 0,00106)m^3 \times 677,3167 \text{ kg/m}^3 = 4,308 \text{ Kg}$$

$$\text{Kerikil} = (0,005301 + 0,00106)m^3 \times 958,6316 \text{ kg/m}^3 = 6,0978 \text{ Kg}$$

$$\text{Air} = (0,005301 + 0,00106)m^3 \times 203 \text{ kg/m}^3 = 1,2912 \text{ Kg}$$

$$\Sigma = 14,4823 \text{ Kg}$$

* Menentukan volume kawat bendrat yang dibutuhkan

Kebutuhan kawat bendrat yang akan digunakan yaitu 1% dari berat adukan beton :

$$\text{Kawat bendrat} = 0,01 \times 14,4823 = 0,14482 \text{ kg}$$

4.3.2 Perhitungan Rancangan Campuran Beton Agregat Kasar Pecahan Beton Dengan Metode ACI

Dari data hasil penelitian yang dilakukan pada agregat halus dan agregat kasar didapat :

a. Agregat Halus

1. Berat Jenis : 2,3925

2. Berat Volume : 1,8391 t/m³

3. Modulus Halus Butir : 2,886

b. Agregat Kasar Pecahan Beton

1. Berat Jenis : 2,495

2. Berat Volume : $1,33 \text{ t/m}^3$

3. Modulus Halus Butir : 6,8095

c. Berat Jenis Semen

Berat jenis semen : 3,15

* Mutu beton rencana (f_c') = 22,5 MPa

* Standar Deviasi (sd) = 6,5 MPa (Tabel 3.4)

Volume pekerjaan kecil ($< 1000 \text{ m}^3$) dengan mutu pekerjaan baik.

* Nilai slump adalah 75 – 150 mm (Tabel 3.7)

Beton yang akan digunakan untuk pelat, balok, kolom dan dinding.

* Tegangan beton yang akan dicapai (f'_{cr})

$$= f_c' + (1,64 \times sd)$$

$$= 22,5 + (1,64 \times 6,5)$$

$$= 33,16 \text{ MPa}$$

* Menentukan Faktor Air Semen (fas)

1. Berdasarkan nilai kuat desak beton yang akan dicapai sebesar 33,16 MPa maka akan diperoleh nilai fas sebesar 0,4636 (Tabel 3.5)

2. Untuk bangunan di dalam ruangan dengan kondisi keadaan keliling non korosif maka (Tabel 3.6) diperoleh nilai fas maksimum sebesar 0,6.

Dari kedua nilai fas tersebut diambil nilai fas yang terkecil, maka nilai fas yang dipakai adalah 0,4636.

* Menentukan jumlah air yang dibutuhkan

Dengan ukuran agregat maksimum sebesar 20 mm dan berdasarkan nilai slump yang telah ditentukan (75 – 150 mm) maka dapat kita peroleh air yang dibutuhkan yaitu sebesar 203 l/m³ dan udara terperangkap 2 % atau jumlah volume udara terperangkap 0,02 m³ (Tabel 3.8).

* Menentukan kebutuhan semen

$$\text{Berat semen} = \frac{\text{Berat Air}}{fas} = \frac{203}{0,4636} = 437,877 \text{ Kg}$$

* Menentukan agregat kasar per 1 m³ volume beton

MHB agregat halus (pasir) = 2,886 dan ukuran maksimum agregat kasar (batu pecah) = 20 mm maka dari table 3.9 akan diperoleh volume agregat kasar yang dibutuhkan yaitu sebesar 0,6014 m³. Berat kerikil kering dalam beton sebesar = 0,6014 × 1330 = 799.862 kg.

* Menentukan volume agregat halus yang dibutuhkan

Volume semen	= 437,877 / (3,15 × 1000)	= 0,1390 m ³
Volume air	= 203 / 1000	= 0,203 m ³
Volume agregat kasar	= 799,862 / (2,495 × 1000)	= 0,3206 m ³
Volume udara	= 2 %	= 0,02 m ³
		Σ = 0,6826 m ³
Volume pasir	= 1 – 0,6826	= 0,3174 m ³
Berat agregat halus	= 0,2982 × 2,3925 × 1000	= 759,3795 kg

- * Kebutuhan material penyusun beton dalam 1 m^3 dalam adukan beton normal.

Dari beberapa penentuan parameter diatas maka didapat beton 1 m^3 mempunyai perbandingan $P_c : P_s : \text{Pecahan Beton} : \text{Air}$ adalah $1 : 1,7342 : 1,8266 : 0,4636$.

Maka 1 m^3 beton membutuhkan material :

- Semen = 437,877 Kg
- Pasir = 759,3795 Kg
- Pecahan Beton = 799,862 Kg
- Air = 203 Kg

- * Untuk silinder ϕ 15 cm dan tinggi 30 cm, maka volumenya yaitu :

$$\begin{aligned} 0,25 \times \pi \times \phi^2 \times t &= 0,25 \times \pi \times 15^2 \times 30 \\ &= 5301,4376 \text{ cm}^3 \\ &= 0,005301 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Untuk 1 silinder} = 0,005301 \text{ m}^3$$

Asumsi pada proses pencampuran mengalami kehilangan volume sebesar 20 % jadi kebutuhan campuran beton untuk 1 buah silinder sebesar :

$$\text{Semen} = (0,005301 + 0,00106) \text{ m}^3 \times 437,877 \text{ kg} / \text{m}^3 = 2,7853 \text{ Kg}$$

$$\text{Pasir} = (0,005301 + 0,00106) \text{ m}^3 \times 759,379 \text{ kg} / \text{m}^3 = 4,8304 \text{ Kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Pecahan} &= (0,005301 + 0,00106) \text{ m}^3 \times 799,862 \text{ kg} / \text{m}^3 = 5,0879 \text{ Kg} \\ \text{Beton} & \end{aligned}$$



$$\text{Air} = (0,005301 + 0,00106) m^3 \times 203 \text{ kg} / m^3 = \underline{1,2912 \text{ Kg}}$$

$$\Sigma = 13,9948 \text{ Kg}$$

* Menentukan volume kawat bendrat yang dibutuhkan

Kebutuhan kawat bendrat yang akan digunakan yaitu 1% dari berat adukan beton :

$$\text{Kawat bendrat} = 0,01 \times 13,9948 = 0,1399 \text{ kg}$$

4.4 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian digambarkan dalam bagan alir berikut ini :

1. Tahap perumusan masalah

Tahap ini meliputi perumusan terhadap topik penelitian, termasuk perumusan tujuan, serta pembatasan terhadap permasalahan.

2. Tahap perumusan teori

Pada tahap ini dilakukan pengkajian pustaka terhadap teori yang melandasi penelitian serta ketentuan-ketentuan yang menjadikan acuan dalam pelaksanaan penelitian.

3. Tahap pelaksanaan penelitian

Pelaksanaan penelitian disesuaikan dengan jenis penelitian dan hasil yang ingin didapat. Pada tahap ini dimulai dengan pengumpulan bahan-bahan untuk pembuatan campuran beton. Selanjutnya untuk pelaksanaan penelitian dilakukan di laboratorium Bahan Kontruksi Teknik FTSP UII dengan urutan langkah sebagai berikut :

a. Perencanaan bahan campuran beton

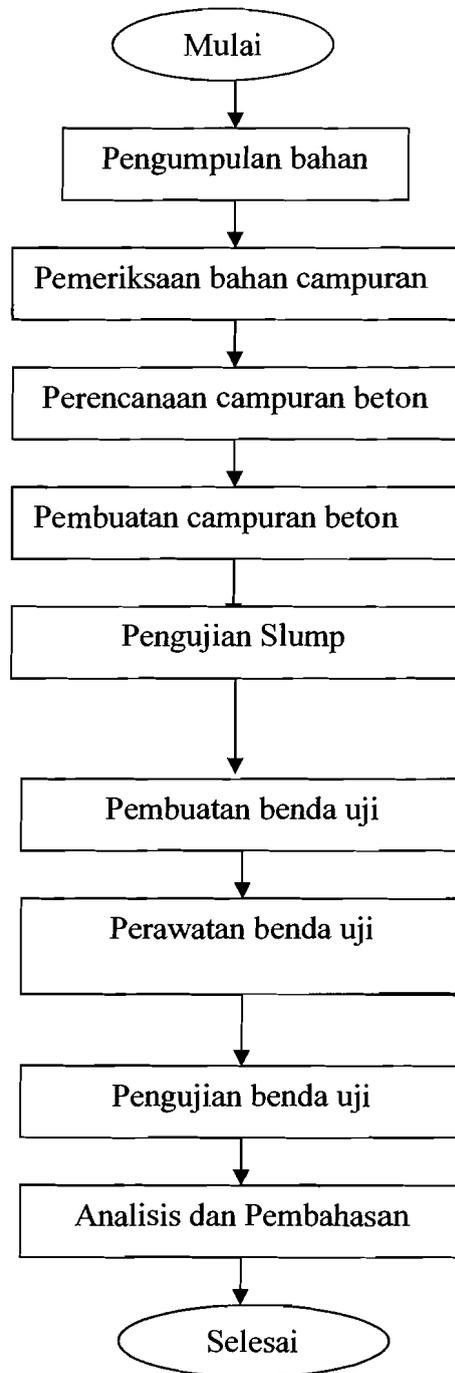
- b. Perencanaan campuran beton
 - c. Pembuatan campuran beton
 - d. Pengujian slump
 - e. Pembuatan benda uji
 - f. Perawatan benda uji
 - g. Pengujian benda uji
4. Tahap analisa dan pembahasan

Analisa dilakukan terhadap hasil uji laboratorium. Hasil uji laboratorium tersebut dicatat dan dibandingkan. Pembahasan dilakukan terhadap hasil penelitian ditinjau berdasarkan teori yang melandasi.

5. Tahap penarikan kesimpulan

Dari hasil laboratorium dapat diambil kesimpulan berdasarkan teori yang digunakan untuk menjawab pemecahan terhadap permasalahan.

Untuk lebih jelasnya prosedur penelitian yang kami lakukan akan kami sajikan dalam diagram *Flow Chart* seperti pada gambar 4.1 dibawah ini :



Gambar 4.1 Bagan Alir Prosedur Penelitian

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.

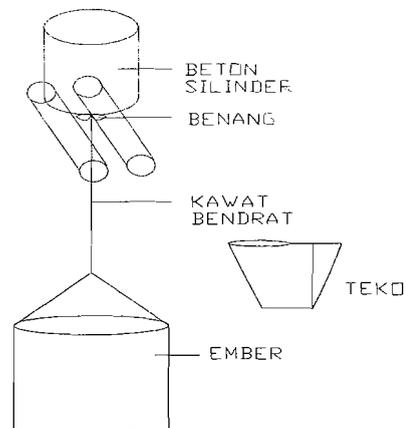
5.3 Hasil Penelitian dan Analisis

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 kemampuan 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 (Sd) 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 desak betonnya 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 :

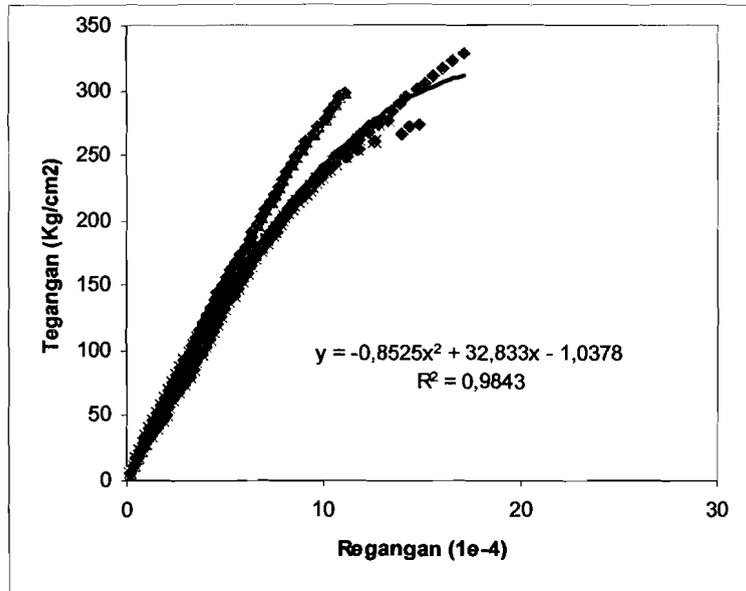
$$\begin{aligned} f'_{cr} &= \frac{\sum f'_{ci}}{n} \\ &= \frac{125,9211}{5} \\ &= 25,1842 \text{ MPa} \end{aligned}$$

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

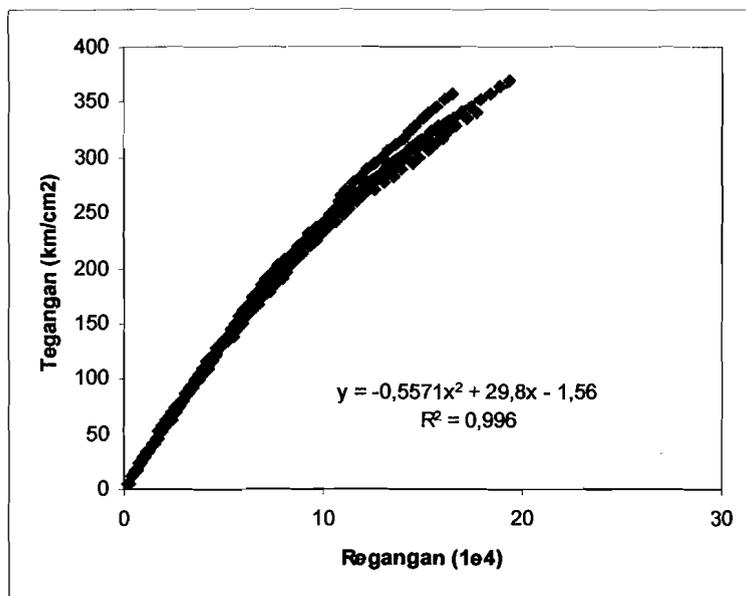
$$\begin{aligned} f'_c &= f'_{cr} - (1.64 \times S_d) \\ &= 25,1842 - (1.64 \times 1,2728) \\ &= 23,0969 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

5.3.7 Analisis Modulus Elastisitas

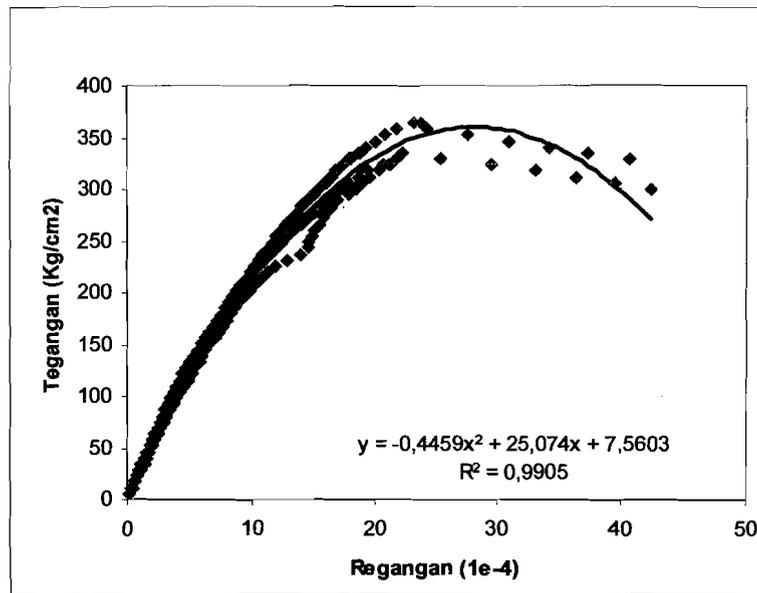
Pengujian tegangan-regangan dilakukan terhadap seluruh benda uji yang ada yaitu sebanyak 60 sampel. Dalam pengujian ini tidak semua sampel atau benda uji yang dibaca penurunannya, tetapi hanya ada satu benda uji yang dibaca penurunannya yaitu DR 9. Seluruh pengujian tegangan-regangan dilaksanakan di 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 :



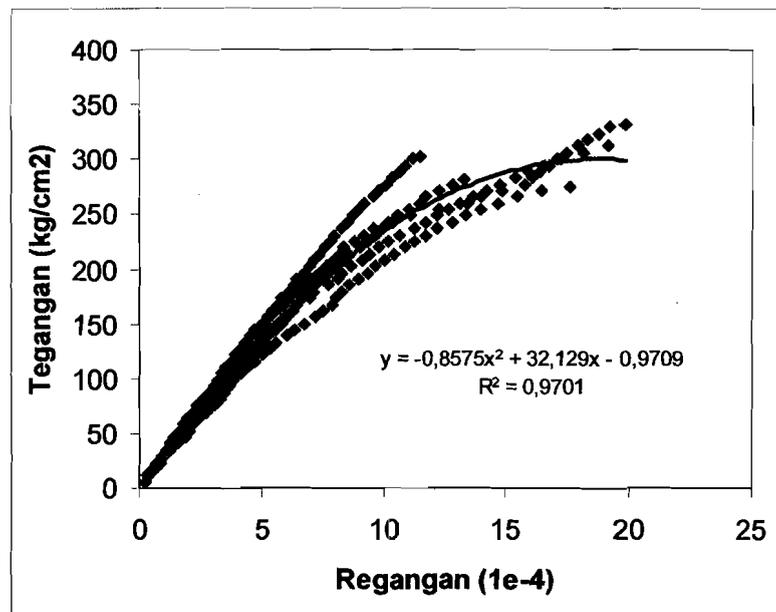
Grafik 5.1 Tegangan – Regangan DR 3



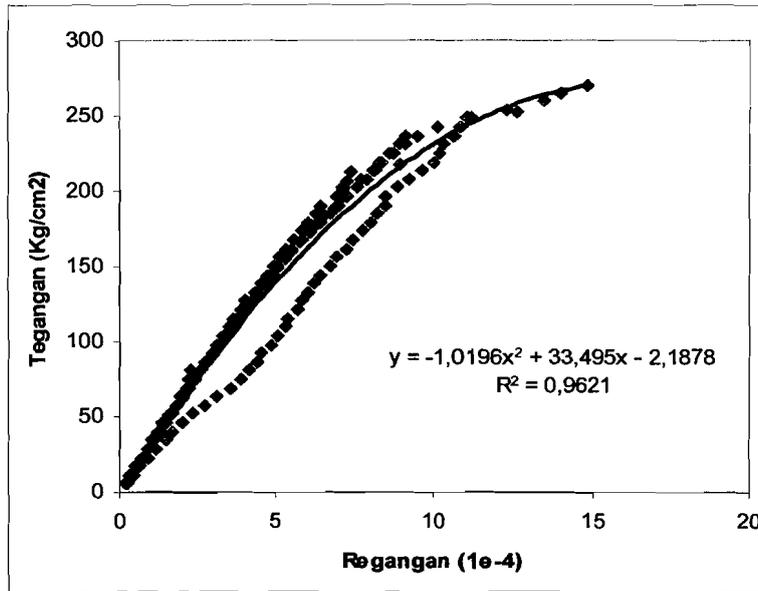
Grafik 5.2 Tegangan – Regangan DR 6



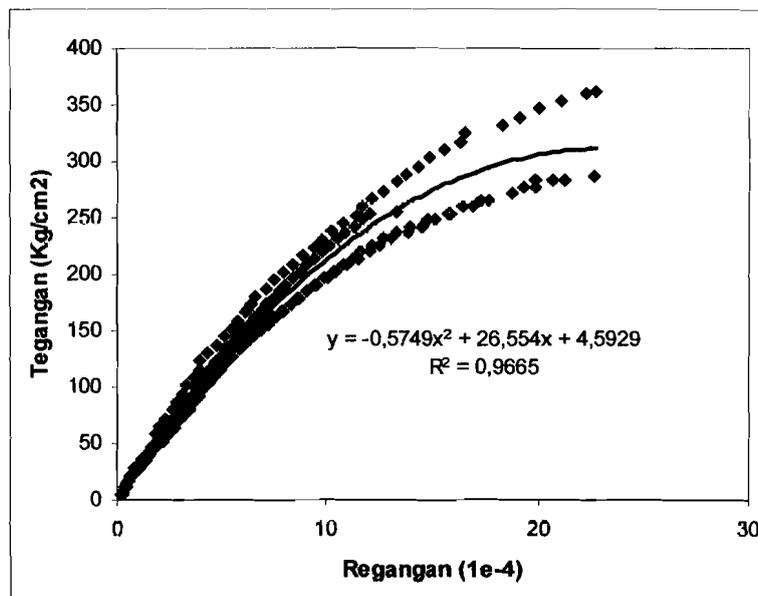
Grafik 5.3 Tegangan – Regangan DR 9



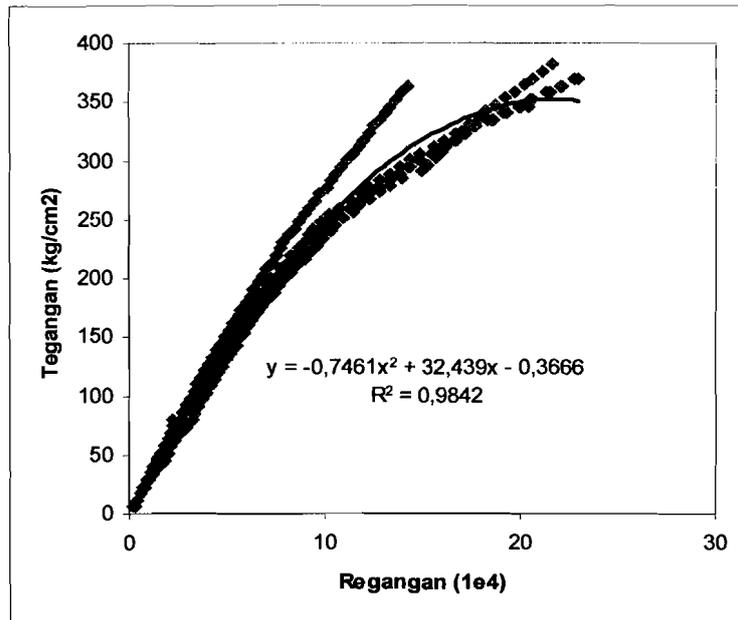
Grafik 5.4 Tegangan – Regangan DT 3



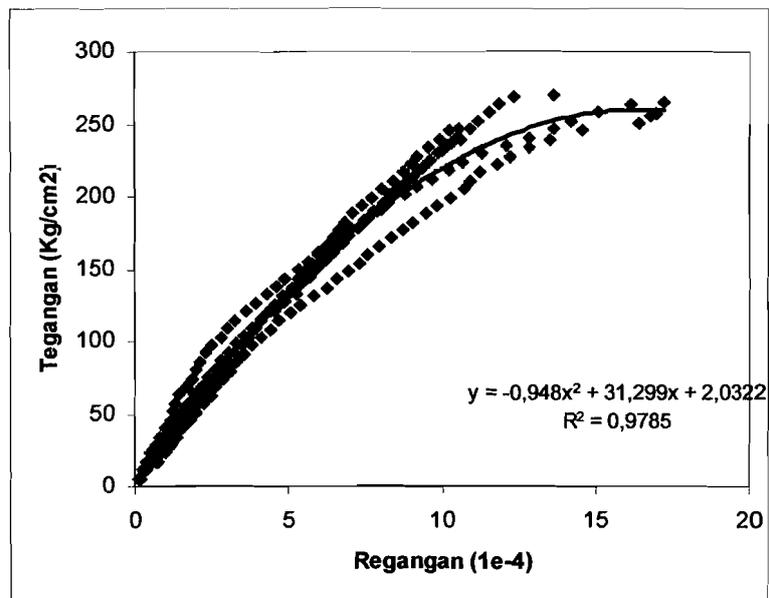
Grafik 5.5 Tegangan – Regangan DT 6



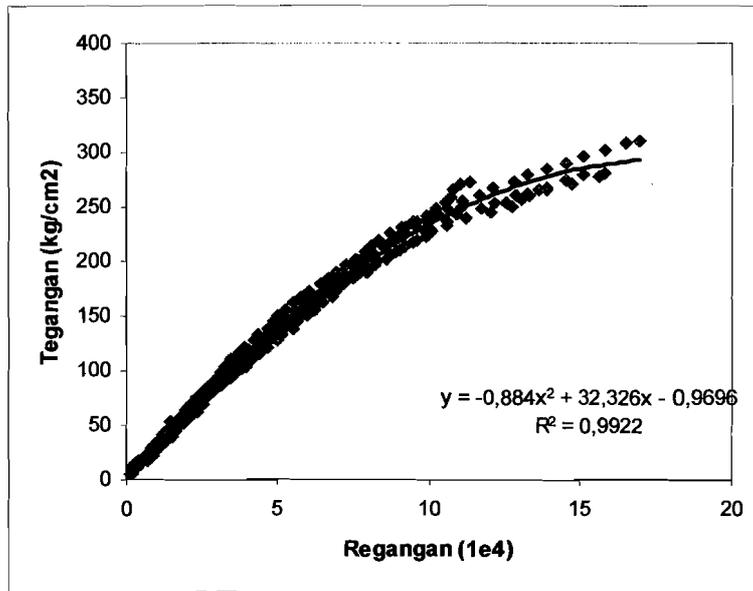
Grafik 5.6 Tegangan – Regangan DT 9



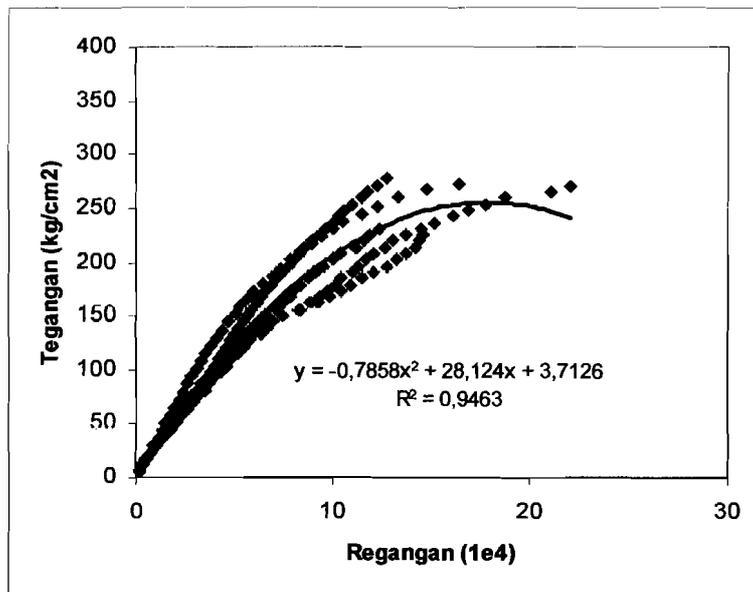
Grafik 5.7 Tegangan – Regangan NR 3



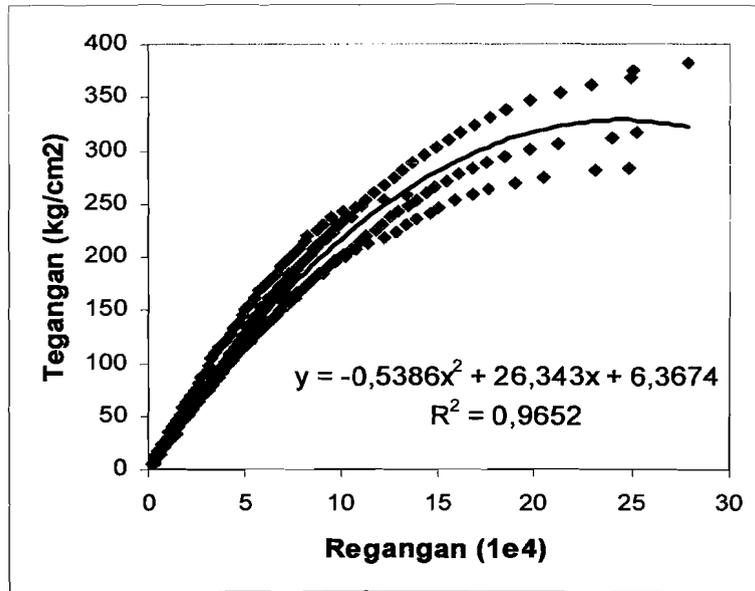
Grafik 5.8 Tegangan – Regangan NR 6



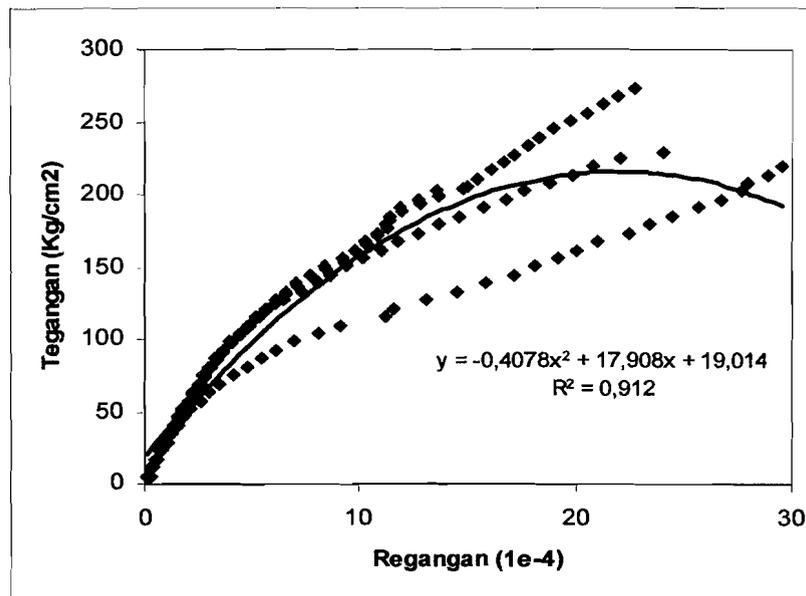
Grafik 5.9 Tegangan – Regangan NR 9



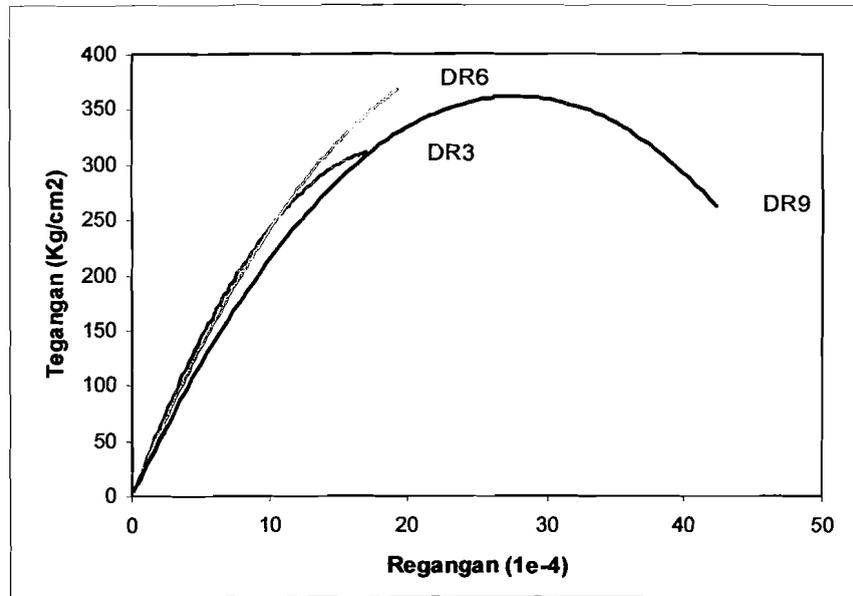
Grafik 5.10 Tegangan – Regangan NT 3



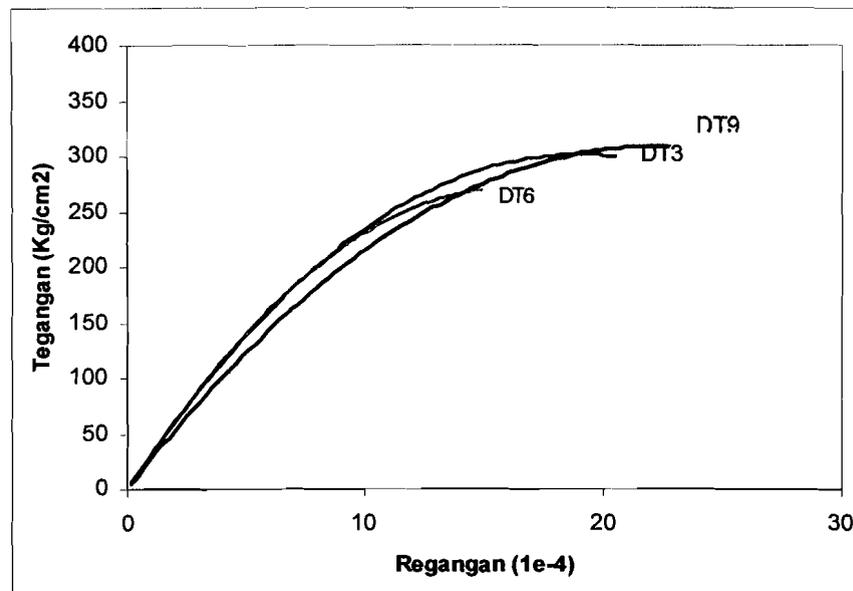
Grafik 5.11 Tegangan – Regangan NT 6



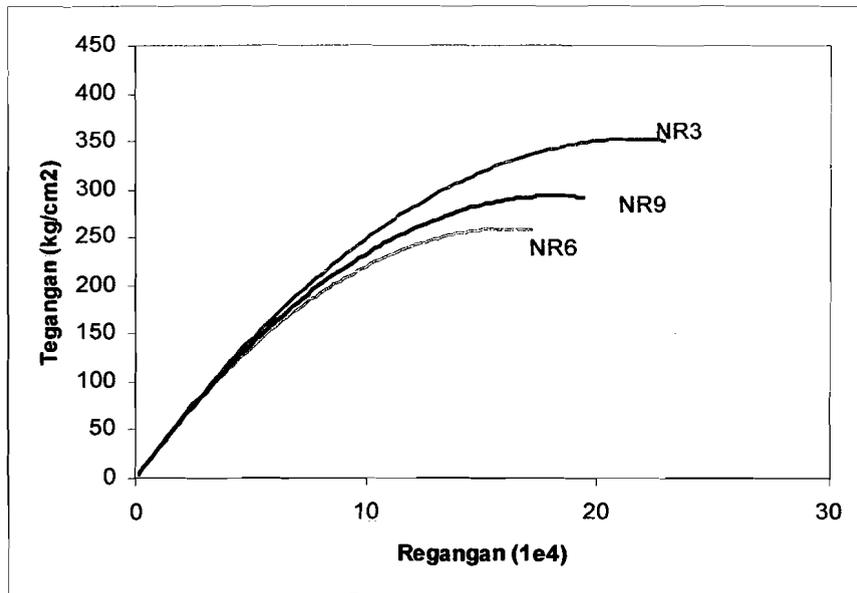
Grafik 5.12 Tegangan – Regangan NT 9



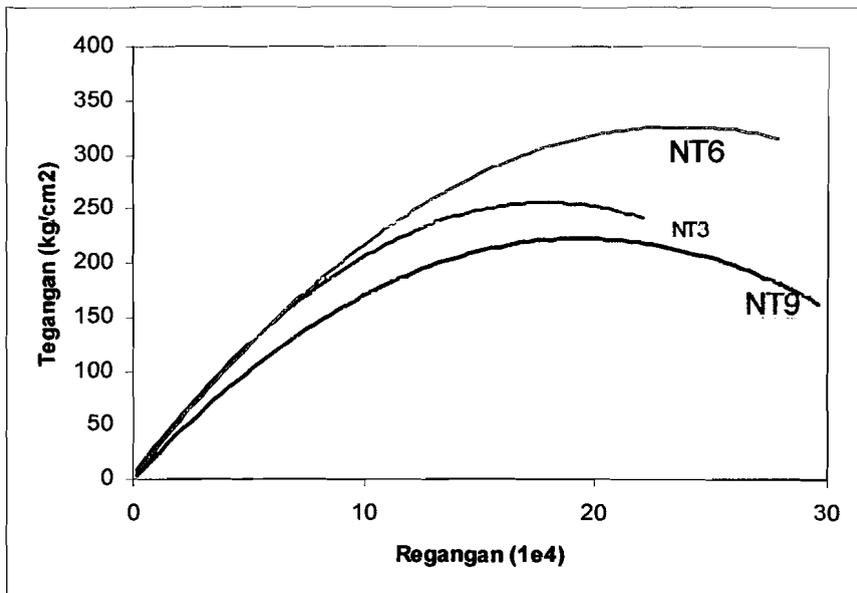
Grafik 5.13 Regresi Tegangan – Regangan DR3, DR6, DR9



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		
				Laboratorium		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.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

1. Pemakaian limbah beton sebagai agregat pengganti dalam campuran beton dengan penambahan serat kawat bendrat dapat mencapai kekuatan rencana yang ditentukan.
2. Penanaman serat kawat bendrat dengan panjang 3 cm sudah dapat memenuhi kuat lekat terhadap beton sehingga panjang serat minimal dicampurkan pada adukan beton adalah 6 cm.
3. Penambahan serat kawat bendrat 6 cm pada campuran beton memiliki kuat desak yang optimum.
4. Penambahan serat kawat bendrat dalam campuran beton daur ulang baik yang dirawat maupun tidak dirawat, memiliki kuat desak lebih tinggi dibanding dengan beton normal yang berserat dirawat maupun tidak dirawat, karena beton daur ulang mempunyai gradasi yang lebih baik dari beton normal.
5. Beton normal berserat dengan perawatan mempunyai nilai kuat desak yang lebih tinggi dibanding beton normal berserat tanpa rawat.
6. Beton daur ulang berserat dengan perawatan mempunyai nilai kuat desak yang lebih tinggi dibanding beton daur ulang tanpa rawat.

6.2 Saran

1. Perlu adanya ketelitian dalam melaksanakan percobaan.
2. Dicoba penelitian dengan membuat beton dengan agregat campuran (batu pecah dan pecahan beton) dengan variasi persentase penambahan kawat.
3. Perlu adanya penelitian kembali dengan penambahan variasi perawatan.
4. Perlu adanya mesin uji lekat.
5. Untuk semua penelitian beton yang memakai serat bendrat harus meneliti beton tanpa serat juga, hal itu digunakan sebagai pembanding.

DAFTAR PUSTAKA

- Dipohusodo, Istimawan, 1994, **Struktur Beton Bertulang (Berdasarkan SK SNI T-15-1991-03)**, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Suparjo, 1998, **Perilaku Lekatan Tulangan Deform Pada Beton Serat**. Tesis S2, UGM, Yogyakarta.
- Mulyono, Tri, Ir, MT, 2004, **Teknologi Beton**, Andi Offset, Yogyakarta.
- Nawy, Edward G, 1990, **Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar**, PT. Eresco, Bandung.
- Sudarmoko, 1993, **Pengaruh Panjang Serat Pada Sifat Structural Beton Serat**, Media Teknik No. I Tahun XV April 1993.
- Segel, R, 1993, **Pedoman Pengerjaan Beton**, Erlangga, Jakarta.
- Suharwanto, Djuanda Suratmadja, dan Habibullah Rois, 2005, **Perilaku Mekanik Pada Elemen Struktur Beton Agregat Daur Ulang**, <http://www.dikti.org/p3m/abstrakHB/AbstrakHB02.pdf>.
- Tjokrodimulyo, Kardiyono, Ir, ME, 1992, **Teknologi Beton**, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik, UGM, Yogyakarta.
- Rina Kurniawati dan Winarni, 2001, **Perilaku Lekatan Tulangan Deform Pada Beton Serat Bendrat**, Tugas Akhir S-1 Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, UII, Yogyakarta.
- Rinta Pramundita dan Pramono, 2001, **Perbandingan Nilai Kuat Desak Beton Dengan Menggunakan Agregat Kasar Batu Pecah Dan Beton Agregat Kasar Dari Bahan Daur Ulang Beton Dengan Variasi Perawatan**, Tugas Akhir S-1 Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, UII, Yogyakarta.
- Suhendro, B, 1991, **Pengaruh Fiber Kawat Lokal Pada Sifat-Sifat Beton**, Laporan Penelitian, Lembaga Penelitian UGM.

LAMPIRAN



**LABORATORIUM JALAN RAYA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Jln. Kaliurang Km. 14,4 Tlp. (0274) 95330 Yogyakarta 55584

PEMERIKSAAN KEAUSAN AGRAGAT (ABRASI TEST)

No. / Ka.Ops. / LJR / / 2005

Penguji : Erwan Dwi Ujiantoro Ditest tanggal : 22 September 2005
 : Raven Nuradhi Nugroho

Agregat : Pecahan beton

Keperluan : Tugas Akhir

Jenis Gradasi		
Saringan		
Lolos	Tertahan	
19,0 mm (3/4")	12,5 mm (0,5")	2500 gram
12,5 mm (0,5")	09,5 mm (3/8")	2500 gram
09,5 mm (3/8")	06,3 mm (1/4")	
Jumlah benda uji (A)		5000 gram
Jumlah tertahan di Sieve 12 (B)		3612 gram
Keausan = $\frac{(A-B)}{A} \times 100\%$		27,76 %

Yogyakarta, 23 November 2005

Kepala Lab. Jalan Raya FT. UII



**LABORATORIUM JALAN RAYA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Jln. Kaliurang Km. 14,4 Tlp. (0274) 95330 Yogyakarta 55584

PEMERIKSAAN KEAUSAN AGRAGAT (ABRASI TEST)

No. / Ka.Ops. / LJR / / 2005

Penguji : Erwan Dwi Ujiantoro Ditest tanggal : 22 September 2005
 : Raven Nuradhi Nugroho
 agregat : Batu Pecah, sungai Boyong
 Keperluan : Tugas Akhir

Jenis Gradasi		
Saringan		
Lolos	Tertahan	
19,0 mm (3/4")	12,5 mm (0,5")	2500 gram
12,5 mm (0,5")	09,5 mm (3/8")	2500 gram
09.5 mm (3/8")	06.3 mm (1/4")	
Jumlah benda uji (A)		5000 gram
Jumlah tertahan di Sieve 12 (B)		4010 gram
Keausan = $\frac{(A-B)}{A} \times 100\%$		19,8 %

Yogyakarta, 23 November 2005

Kepala Lab. Jalan Raya FT. UII



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Jln. Kaliurang Km. 14,4 Tlp. (0274) 895707, 895042 fax : (0274) 895330 Yogyakarta 55584

HASIL PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT HALUS

No. / Ka.Ops. / LBKT / / 2005

Penguji : Erwan Dwi Ujiantoro Ditest tanggal : 24 September 2005
 : Raven Nuradhi Nugroho
 Pasir asal : Krasak
 Keperluan : Tugas Akhir

URAIAN	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat Pasir Kering Mutlak, gram (Bk)	452	453	452.5
Berat Pasir Kondisi Jenuh Kering Muka, gram	500	500	500
Berat Piknometer Berisi Pasir dan Air, gram (Bt)	937	939	938
Berat Piknometer Berisi Air, gram (B)	647	647	647
Berat Jenis Curah, gram/cm ³ (1) Bk / (B + 500 - Bt)	2.152	2.178	2.165
Berat Jenis Jenuh Kering Muka, gram/cm ³ (2) 500 / (B + 500 - Bt)	2.381	2.404	2.392
Berat Jenis Semu..... (3) Bk / (B + Bk - Bt)	2.790	2.814	2.802
Penyerapan Air..... (4) (500 - Bk) / Bk x 100%	10.619	10.375	10.497

Keterangan :

500 = Berat benda uji dalam keadaan kering permukaan jenuh, dalam gram

Kesimpulan : berat jenis jenuh kering muka pasir tersebut = 2.392

Yogyakarta, 23 November 2005

Disyahkan

Dikerjakan oleh



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Jln. Kaliurang Km. 14,4 Tlp. (0274) 895707, 895042 fax : (0274) 895330 Yogyakarta 55584

HASIL PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT KASAR
No. / Ka.Ops. / LBKT / / 2005

Penguji : Erwan Dwi Ujiantoro Ditest tanggal : 25 September 2005
Raven Nuradhi Nugroho

Agregat : Pecahan Beton

Keperluan : Tugas Akhir

URAIAN	Sampel 1
Berat Kerikil Kering Mutlak, gram (Bk)	4620
Berat Kerikil Kondisi Jenuh Kering Muka, gram (Bj)	5000
Berat Kerikil Dalam Air, gram (Ba)	2996
Berat Jenis Curah,..... (1) Bk / (Bj - Ba)	2.305
Berat Jenis jenuh Kering Muka,..... (2) Bj / (Bj - Ba)	2.495
Berat Jenis Semu,..... (3) Bk / (Bk - Ba)	2.845
Penyerapan Air,..... (4) (Bj - Bk) / Bk x 100%	8.225

Kesimpulan : berat jenis jenuh kering muka agregat tersebut = 2.495

Yogyakarta, 23 November 2005

Disyahkan

Dikerjakan oleh



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Jln. Kaliurang Km. 14,4 Tlp. (0274) 895707, 895042 fax : (0274) 895330 Yogyakarta 55584

HASIL PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT KASAR
No. / Ka.Ops. / LBKT / / 2005

Penguji : Erwan Dwi Ujiantoro Ditest tanggal : 25 September 2005
Raven Nuradhi Nugroho

Agregat : Batu pecah

Keperluan : Tugas Akhir

URAIAN	Sampel 1
Berat Kerikil Kering Mutlak, gram (Bk)	4925
Berat Kerikil Kondisi Jenuh Kering Muka, gram (Bj)	5000
Berat Kerikil Dalam Air, gram (Ba)	3149
Berat Jenis Curah,..... (1) Bk / (Bj - Ba)	2.661
Berat Jenis Kering Muka,..... (2) Bj / (Bj - Ba)	2.701
Berat Jenis Semu,..... (3) Bk / (Bk - Ba)	2.773
Penyerapan Air,..... (4) (Bj - Bk) / Bk x 100%	1.523

Kesimpulan : berat jenis jenuh kering muka agregat tersebut = 2.701

Yogyakarta, 23 November 2005

Disyahkan

Dikerjakan oleh



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Jln. Kaliurang Km. 14,4 Tlp. (0274) 895707, 895042 fax : (0274) 895330 Yogyakarta 55584

HASIL PEMERIKSAAN BERAT VOLUME AGREGAT HALUS
No. / Ka.Ops. / LBKT / / 2005

Penguji : Erwan Dwi Ujiantoro Ditest tanggal : 24 September 2005
Raven Nuradhi Nugroho

Pasir asal : Krasak

Keperluan : Tugas Akhir

	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat Tabung (W 1), gram	11000	11000	11000
Berat Tabung + Agregat Kering Tungku (W 2), gram	20600	20900	20750
Berat Agregat Bersih (W 3), gram	9600	9900	9750
Volume Tabung (V), cm ³	5301.4376	5301.4376	5301.4376
Berat Isi Padat (W 3 / V), gram/cm ³	1.811	1.867	1.839

Yogyakarta, 23 November 2005

Disyahkan

Dikerjakan oleh



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Jln. Kaliurang Km. 14,4 Tlp. (0274) 895707, 895042 fax : (0274) 895330 Yogyakarta 55584

HASIL PEMERIKSAAN BERAT VOLUME AGREGAT KASAR
No. / Ka.Ops. / LBKT / / 2005

Penguji : Erwan Dwi Ujiantoro Ditest tanggal : 25 September 2005
Raven Nuradhi Nugroho

Kerikil asal : Sungai Boyong

Keperluan : Tugas Akhir

	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat Tabung (W 1), gram	11100	11100	11100
Berat Tabung + Agregat Kering Tungku (W 2), gram	19500	19600	19550
Berat Agregat Bersih (W 3), gram	8400	8500	8450
Volume Tabung (V), cm ³	5301.4376	5301.4376	5301.4376
Berat Isi Padat (W 3 / V), gram/cm ³	1.584	1.603	1.594

Yogyakarta, 23 November 2005

Disyahkan

Dikerjakan oleh



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Jln. Kaliurang Km. 14,4 Tlp. (0274) 895707, 895042 fax : (0274) 895330 Yogyakarta 55584

HASIL PEMERIKSAAN BERAT VOLUME AGREGAT KASAR

No. /Ka.Ops./LBKT/ / 2005

Penguji : Erwan Dwi Ujiantoro Ditest tanggal : 25 September 2005
 : Raven Nuradhi Nugroho

Agregat : Pecahan Beton

Keperluan : Tugas Akhir

	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat Tabung (W 1), gram	11100	11100	11100
Berat Tabung + Agregat Kering Tungku (W 2), gram	18200	18100	18150
Berat Agregat Bersih (W 3), gram	7100	7000	7050
Volume Tabung (V), cm ³	5301.4376	5301.4376	5301.4376
Berat Isi Padat (W 3 / V), gram/cm ³	1.339	1.320	1.330

Yogyakarta, 23 November 2005

Disyahkan

Dikerjakan oleh



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Jln. Kaliurang Km. 14,4 Tlp. (0274) 895707, 895042 fax : (0274) 895330 Yogyakarta 55584

DATA MODULUS HALUS BUTIR (MHB) AGREGAT HALUS

No. / Ka.Ops. / LBKT / / 2005

Penguji : Erwan Dwi Ujiantoro Ditest tanggal : 24 September 2005
 : Raven Nuradhi Nugroho

Pasir asal : Krasak

Keperluan : Tugas Akhir

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Komulatif (%)	Persen Lolos Komulatif (%)
40.00	0	0	0	100
20.00	0	0	0	100
10.00	0	0	0	100
4.80	50	2.5	2.5	97.5
2.40	357	17.85	20.35	79.65
1.20	390	19.5	39.85	60.15
0.60	426	21.3	61.15	38.85
0.30	320	16	77.15	22.85
0.15	209	10.45	87.6	12.4
Sisa	268	13.4		
Jumlah	2000	100	288.6	

$$\text{Modulus Halus Butir} = \frac{288.6}{100} = 2,886$$

Yogyakarta, 23 November 2005

Disyahkan

Dikerjakan oleh



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Jln. Kaliurang Km. 14,4 Tlp. (0274) 895707, 895042 fax : (0274) 895330 Yogyakarta 55584

GRADASI PASIR

Lubang ayakan (mm)	Persen butir agregat yang lewat ayakan			
	Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah IV
10	100	100	100	100
4,80	90-100	90-100	90-100	95-100
2,40	60-95	75-100	85-100	95-100
1,20	30-70	55-90	75-100	90-100
0,60	15-34	35-59	60-79	80-100
0,30	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15	0-10	0-10	0-10	0-15

Keterangan : Daerah I : Pasir kasar
 Daerah II : Pasir agak kasar
 Daerah III : Pasir agak halus
 Daerah IV : Pasir halus

Hasil analisa ayakan masuk daerah : 2 (dua)

Jenis pasir : agak kasar

Yogyakarta, 23 November 2005

Disyahkan

Dikerjakan oleh



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Jln. Kaliurang Km. 14,4 Tlp. (0274) 895707, 895042 fax : (0274) 895330 Yogyakarta 55584

DATA MODULUS HALUS BUTIR (MHB) AGREGAT KASAR

No. / Ka.Ops. / LBKT / / 2005

Penguji : Erwan Dwi Ujiantoro Ditest tanggal : 25 September 2005

Raven Nuradhi Nugroho

Kerikil asal : Merapi,kaliurang

Keperluan : Tugas Akhir

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Komulatif (%)	Persen Lolos Komulatif (%)
40.00				
20.00	0	0	0	100
10.00	1607	80.35	80.35	19.65
4.80	330	16.5	96.85	3.15
2.40	63	3.15	100	0
1.20	0	0	100	0
0.60	0	0	100	0
0.30	0	0	100	0
0.15	0	0	100	0
Sisa	0	0	-	0
Jumlah	2000	100	677.2	-

$$\text{Modulus Halus Butir} = \frac{677.2}{100} = 6,772$$

Yogyakarta, 23 November 2005

Disyahkan

Dikerjakan oleh



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Jln. Kaliurang Km. 14,4 Tlp. (0274) 895707, 895042 fax : (0274) 895330 Yogyakarta 55584

GRADASI KERIKIL

Lubang ayakan (mm)	Persen berat butir agregat yang lewat ayakan	
	Besar butir maksimum	
	40 mm	20 mm
40,00	90-100	100
20,00	30-70	95-100
10,00	10-35	25-55
4,80	0-5	0-10

Hasil analisa ayakan, besar butir maksimum masuk 20 mm.

Yogyakarta, 23 November 2005

Disyahkan

Dikerjakan oleh



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Jln. Kaliurang Km. 14,4 Tlp. (0274) 895707, 895042 fax : (0274) 895330 Yogyakarta 55584

DATA MODULUS HALUS BUTIR (MHB) AGREGAT KASAR

No. / Ka.Ops. / LBKT / / 2005

Penguji : Erwan Dwi Ujiantoro Ditest tanggal : 25 September 2005
Raven Nuradhi Nugroho

Agregat : Pecahan Beton

Keperluan : Tugas Akhir

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Komulatif (%)	Persen Lolos Komulatif (%)
40.00				
20.00	0	0	0	100
10.00	1695	84.75	84.75	15.25
4.80	229	11.45	96.2	3.8
2.40	76	3.8	100	0
1.20	0	0	100	0
0.60	0	0	100	0
0.30	0	0	100	0
0.15	0	0	100	0
Sisa	0	0	-	0
Jumlah	2000	100	680.95	-

$$\text{Modulus Halus Butir} = \frac{680.95}{100} = 6,8095$$

Yogyakarta, 23 November 2005

Disyahkan

Dikerjakan oleh



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Jln. Kaliurang Km. 14,4 Tlp. (0274) 895707, 895042 fax : (0274) 895330 Yogyakarta 55584

GRADASI KERIKIL

Lubang ayakan (mm)	Persen berat butir agregat yang lewat ayakan	
	Besar butir maksimum	
	40 mm	20 mm
40,00	90-100	100
20,00	30-70	95-100
10,00	10-35	25-55
4,80	0-5	0-10

Hasil analisa ayakan, besar butir maksimum masuk 20 mm.

Yogyakarta, 23 November 2005

Disyahkan

Dikerjakan oleh



KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

NO	N A M A	NO.MHS.	BID.STUDI
1.	ERWAN DWI UJANTORO	01511010	Teknik Sipil
2.	R RAVEN NURADHI NUGROHO	01511059	Teknik Sipil

JUDUL TUGAS AKHIR

Pengaruh Penambahan Serat Kawat Bendrat Terhadap Kuat Desak Beton Dengan Agregat Kasar Dari Bahan Daur Ulang Beton Dengan Variasi Perawatan

PERIODE KE : I (Sep 05 - Feb 06)

TAHUN : 2005 - 2006

Sampai akhir Pebruari 2006

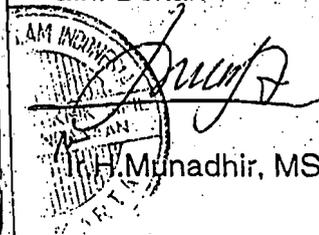
No.	Kegiatan	Bulan Ke :					
		SEP	OKT.	NOP.	DES.	JAN.	PEB.
1	Pendaftaran						
2	Penentuan Dosen Pembimbing						
3	Pembuatan Proposal						
4	Seminar Proposal						
5	Konsultasi Penyusunan TA.						
6	Sidang - Sidang						
7	Pendadaran						

Dosen Pembimbing I : A Kadir Aboe, Ir, H, MS

Dosen Pembimbing II : Helmy Akbar Bale, Ir, MT



Jogyakarta, 17-Sep-05
a.n. Dekan



Catatan :

Seminar : _____
Sidang : _____
Pendadaran : _____

KPITA diperpanjang
sampai dengan tgl. _____

15 sept, '06





KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

NO	N A M A	NO.MHS.	BID.STUDI
1.	ERWAN DWI UJANTORO	01511010	Teknik Sipil
2.	R RAVEN NURADHI NUGROHO	01511059	Teknik Sipil

JUDUL TUGAS AKHIR

Pengaruh Penambahan Serat Kawat Bendrat Terhadap Kuat Desak Beton Dengan Agregat Kasar Dari Bahan Daur Ulang Beton Dengan Variasi Perawatan

PERIODE KE : I (Sep 05 - Peb 06)

TAHUN : 2005 - 2006

Sampai akhir Pebruari 2006

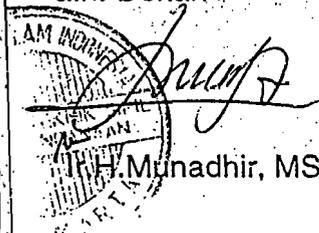
No.	Kegiatan	Bulan Ke :					
		SEP	OKT.	NOP.	DES.	JAN.	PEB.
1	Pendaftaran						
2	Penentuan Dosen Pembimbing						
3	Pembuatan Proposal						
4	Seminar Proposal						
5	Konsultasi Penyusunan TA.						
6	Sidang - Sidang						
7	Pendadaran						

Dosen Pembimbing I : A Kadir Aboe,Ir,H,MS

Dosen Pembimbing II : Helmy Akbar Bale,Ir,MT



Jogjakarta , 17-Sep-05
a.n. Dekan



Catatan :

Seminar : _____
Sidang : _____
Pendadaran : _____

KPITA diperpanjang
sampai dengan tgl. _____

15 sept, '06



Hartono

Kabag. Akademik

byr 15.