

PERPUSTAKAAN FTSP UII
HADIAH/DESKI

TGL. TERIMA : 06-12-2007
NO. JUDUL : 2713
NO. INV. : 5120002713001
NO. INDUK : 002713

TUGAS AKHIR

**PENGARUH PENAMBAHAN SERAT KAWAT BENDRAT
PADA DAERAH TARIK TERHADAP KUAT LENTUR
BETON**

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta
Untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu (S1) Teknik Sipil



Disusun oleh :

PRIMA RAMADHIAN MULIA

No. Mhs : 03 511 171

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2007**

MILIK PERPUSTAKAAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN UII YOGYAKARTA

LEMBAR PENGESAHAN

**LAPORAN TUGAS AKHIR
PENGARUH PENAMBAHAN SERAT KAWAT BENDRAT
PADA DAERAH TARIK TERHADAP KUAT LENTUR BETON**

Disusun oleh :

PRIMA RAMADHIAN MULIA
No. Mhs. 03 511 171

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Dosen Pembimbing


Ir. H. A. Kadir Aboe, MS

tanggal 20/09-2007

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah tiada kata yang patut terucap atas segala nikmat-Nya yang telah diberikan untuk kita. Shalawat dan salam semoga selalu tercurah kepada Nabi Muhammad SAW. inspirasi akhlak dan pribadi mulia. Dengan penuh konsentrasi, perjuangan yang keras serta kemudahan dari Allah akhirnya, tugas akhir berjudul **“PENGARUH PENAMBAHAN SERAT KAWAT PADA DAERAH TARIK TERHADAP KUAT LENTUR BETON”** ini dapat terselesaikan.

Tugas akhir ini merupakan syarat untuk mencapai jenjang Strata Satu (S1), pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Masih terdapat banyak keterbatasan dalam penelitian dan penulisan tugas akhir ini, oleh karena itu penulis mohon maaf dan berharap akan ada pengembangan penelitian yang lebih baik dengan rekomendasi penelitian yang dikemukakan pada bagian akhir dari tugas akhir ini.

Penulis mengucapkan terima kasih tidak terhingga kepada pihak-pihak yang memberikan dukungan material dan spiritual sehingga tugas akhir ini dapat terwujud, yaitu kepada:

1. Ibu Hj. Umi Zubaidah yang selalu memberikan doa.
2. Bapak Drs. H. Muhammad Mawardi, bapak yang selalu menjadi panutanku selama ini
3. Keluarga besar Hj Zubaidah dan H Dalil Pujosubroto atas segala do'anya
4. Yth. Rektor Universitas Islam Indonesia, Prof. DR. H. Edy Suandi Hamid, M.Ec.

5. Yth. Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan UII, DR. Ir. H. Ruzardi, MS.
6. Yth. Ketua dan Sekretaris Jurusan Teknik Sipil FTSP-UII, Ir. H. Faisol A.M., MS dan Ir. H. Suharyatmo, MT.
7. Yth. Bapak Ir. H. A. Kadir Aboe, MS, terima kasih atas bimbingan, nasehat, dan dukungan yang diberikan kepada penulis dalam penyusunan tugas akhir ini dan selama penulis menjalani masa kuliah.
8. Seluruh civitas akademika FTSP-UII, terima kasih atas dukungan serta bantuannya, terutama dalam proses penelitian dan pengurusan dokumen syarat tugas akhir
9. Adikku Dyah Pradnya Paramita terimakasih atas pengertiannya, bisa berbagi komputer selama penyusunan tugas akhir ini, semoga segera menyusul lulus
10. Tisarasita, ST terimakasih, atas buku catatan kuliahnya dan telah lulus paling cepet sehingga jadi inspirasi penyemangat bagi temen – temen seangkatan lain yang hampir lulus (please, bagi para pembaca jangan berpikiran yang tidak-tidak)
11. Sobat terbaiku, Yogi Indra Prayoga, terimakasih atas bantuannya dan selalu siap siaga bersedia menemani di Lab. BKT, kapan ka Bandung lagi euy ?
12. Kost IBC (“Irawan Boxing Camp”) & the Cumlauders Aji, Untung, Sandi, Uki, Dian, Vembri, Johan, Farid, Rendy, terimakasih atas akomodasi yang diberikan, dukungan moril, dan canda – tawanya yang bisa menghilangkan kejenuhanku dalam menyusun Tugas Akhir ini
13. Teman-teman Kelas D Sipil angkatan 2003, yang membantuku selama proses perkuliahan selama 4 tahun di UII Rangga, Ade, Gigih, Danin, Binyuw, Agus, Dema, Rudi, Hani, Dewi, Firma, pokoknya anak kelas D semuanya
14. Temen – temen Sipil 2003, yang cinta olah raga dan selalu mendukung timnas Sipil 03, sorry aku belum bisa memberikan gelar yang terbaik untuk kalian...

15. Teman-teman KKN angkatan 33 unit BT-07
16. Sahabat lamaku Tegar....Teman-teman *Ex IPA 3 Muhi Jogja* angk.'03, *Ex 3-7 SMP N 8 Jogja* angk.'00, dan *Ex SD Muh. Wirobrajan III* angk.'97.
17. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis berharap semoga penelitian yang telah dilakukan dan disajikan dalam bentuk tugas akhir ini dapat memberikan kontribusi yang berarti bagi dunia Teknik Sipil dan dapat bermanfaat untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

Wabillahittaufig wal hidayah

والسلام عليكم ورحمة الله وبركاته

Yogyakarta, Juli 2007

Penulis

Prima Ramadhian Mulia

Motto

“...Sesungguhnya Allah tidak mengubah keadaan suatu kaum sehingga mereka mengubah keadaan diri mereka sendiri...”

(QS. Ar Ra'du: 11)

“Allah satu-satunya tempat bergantung.”

(QS. Al Ikhlas: 2)

”Sesungguhnya sholatku, ibadahku, hidup dan matiku hanyalah untuk Allah, penguasa semesta alam tiada sekutu bagi-Nya, dan demikian itulah yang diperintahkan kepadaku dan aku adalah orang yang pertama-tama menyerahkan diri kepada Allah”.

(QS. Al An'Am: 162-163)

“Maka sesungguhnya beserta kesukaran ada kemudahan, sesungguhnya beserta kesukaran ada kemudahan. Maka apabila engkau telah selesai (dari suatu urusan), maka kerjakanlah (urusan yang lain) dengan sungguh-sungguh, dan hanya kepada Tuhanmu hendaklah engkau berharap.”

(QS. Al Insyiraah: 5-8)

Di dunia ini tidak ada yang kebetulan,

Segalanya telah ada yang mengatur dan menentukan

Kalaupun ada suatu kebetulan, itu hanyalah keinginan -Nya

Dan yang bisa kita lakukan hanyalah berusaha sembari berdoa

Hidup memerlukan proses, bukan hasil yang instan dan tiba-tiba

Cintailah proses, maka akan terlihat jalan yang sebenarnya

Special Dedicated to :

Tugas Akhir ini dapat terlaksana hanya karena nikmat Allah yang telah tercurah,
berupa kesehatan, kemudahan, petunjuk dan kesabaran.

Sehingga tiada kata lain yang patut terucap selain memuji kebesaran-Nya,
alhamdulillah, segala puji hanya bagi Allah

Untuk Kedua orang tuaku tercinta,
Bapakku, Drs. H. Muhammad Mawardi dan ibuku, Hj. Umi Zubaidah
tugas akhir ini kupersembahkan sebagai jawaban
atas kepercayaan yang telah kalian berikan
serta perwujudan bhaktiku kepada kalian.

Tak lupa seluruh keluarga besar Hj. Zubaidah dan H. Dalil Pudjosubroto,
tugas akhir ini adalah buah dari do'a yang selalu kita mohonkan kepada-Nya
Semoga Allah senantiasa meridhoi apa yang kita usahakan
dan mengabulkan apa yang kita mohonkan.

DAFTAR ISI

	Halaman
Halaman Judul	i
Lembar Pengesahan.....	ii
Kata Pengantar	iii
Lembar Motto.....	vi
Lembar Persembahan	vii
Daftar Isi	viii
Daftar Notasi	xi
Daftar Tabel.....	xii
Daftar Gambar.....	xiii
Daftar Lampiran	xiv
Abstraksi	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Lingkup Permasalahan	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Batasan Masalah.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Umum.....	7
2.2 Penelitian Terdahulu	8
2.2.1 Bambang Suhendro (1990).....	8
2.2.2 Bambang Suhendro (1991).....	8
2.2.3 Sudarmoko (1993).....	9
2.2.4 Suparjo (1998).....	9
2.2.5 Rina Kurniawati dan Winarni (2001).....	10
2.2.6 Ir A Kadir Aboe,MS (2004)	10

BAB III	LANDASAN TEORI	11
3.1	Pendahuluan	11
3.2	Beton Serat	11
3.3	Bahan-Bahan Campuran Beton Serat.....	19
3.3.1	Semen Portland	19
3.3.2	Air dan Udara	21
3.3.3	Agregat Halus.....	23
3.3.4	Agregat Kasar.....	24
3.3.5	Bahan Serat (Kawat Bendrat).....	25
3.4	Kekuatan Tekan Beton	26
3.4.1	Pengaruh FAS Terhadap Kekuatan Tekan Beton	28
3.4.2	Pengaruh Bentuk Butiran Agregat Kasar Terhadap Kekuatan Beton.....	30
3.4.3	Pengaruh Pemadatan Beton Terhadap Kekuatan Beton.....	36
3.4.4	Pengaruh Perawatan Beton Terhadap Kekuatan Tekan Beton.....	36
3.4.5	Metode Perencanaan Adukan Beton	38
3.5	Kekuatan Lentur Beton	42
BAB IV	METODOLOGI PENELITIAN	45
4.1	Umum.....	45
4.2	Standar dan Spesifikasi Bahan	45
4.3	Peralatan Penelitian	46
4.3.1	Alat Potong.....	46
4.3.2	Saringan.....	47
4.3.3	Timbangan.....	47
4.3.4	Cetok	47
4.3.5	Talam Baja	47
4.3.6	Gayung	47

4.3.7	Kaliper atau Jangka Sorong.....	47
4.3.8	Mesin Pengaduk	47
4.3.9	Mesin Uji Tekan – Lentur Beton	47
4.3.10	Mesin Uji Tekan Beton	48
4.4	Perencanaan Campuran Beton Dengan Metode SNI	48
4.5	Rekapitulasi Benda Benda Uji	53
4.6	Pembuatan Dan Perawatan Benda Uji	53
4.7	Pengujian Benda Uji.....	55
4.7.1	Pengujian Kuat Tekan Beton.....	55
4.7.2	Pengujian Kuat Lentur Beton.....	55
4.8	Prosedur Penelitian.....	56
BAB V	HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	59
5.1	Umum	59
5.2	Jenis Beton	60
5.3	Hasil Penelitian Dan Analisis.....	60
5.3.1	<i>Slump</i> Dan <i>Workability</i>	60
5.3.2	Kuat Desak Beton.....	62
5.3.3	Tegangan Regangan Tekan Beton.....	64
5.3.4	Modulus Elastisitas	66
5.3.5	Kuat Lentur Beton	68
BAB VI	KESIMPULAN DAN SARAN	73
6.1	Kesimpulan.....	73
6.2	Saran-saran	74
	Daftar Pustaka	75
	Lampiran	

DAFTAR NOTASI

a	= tinggi blok tegangan tekan beton
A	= luasan permukaan benda uji
b	= lebar benda uji
$f'c$	= <i>Compressive strength</i> (kuat tekan beton)
ε	= Regangan Beton
σ	= Tegangan Beton
π	= koefisien jari-jari lingkaran
μ	= <i>micron</i> (satuan ukuran)
$f'cr$	= Kuat Tekan Beton Rata-rata
E	= Modulus Elastisitas Beton
n	= jumlah sampel
P_{max}	= beban maksimum pengujian
\emptyset	= diameter
SN	= <i>Silinder Beton Normal</i>
$SS\ 1\%$	= <i>Silinder Beton Serat 1%</i>
BN	= <i>Balok Beton Normal</i>
$BS\ 1/3$	= <i>Balok Beton Serat 1/3 h</i>
$BS\ 1/2$	= <i>Balok Beton Serat 1/2 h</i>
$BS\ 2/3$	= <i>Balok Beton Serat 2/3 h</i>
BS	= <i>Balok Beton Serat Penuh</i>

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Harga <i>Water Cement Ratio</i>	22
Tabel 3.2	Faktor Air Semen Maksimal	22
Tabel 3.3	Perkiraan Kuat Tekan Beton Dengan FAS 0,5	32
Tabel 3.4	Persyaratan Semen Minimum Dan FAS Maksimum	32
Tabel 3.5	Perkiraan Kadar Air Bebas.....	33
Tabel 3.6	Persyaratan Semen Minimum Dan FAS Maksimum	40
Tabel 4.1	Rekapitulasi Penamaan Benda Uji Silinder	45
Tabel 4.2	Rekapitulasi penamaan Benda Uji Balok.....	46
Tabel 5.1	Data Hasil <i>Slump</i>	53
Tabel 5.2	Hasil Pengujian Desak Beton.....	54
Tabel 5.3	Persentase Peningkatan Kuat Desak Beton.....	55
Tabel 5.4	Modulus Elastisitas	60
Tabel 5.5	Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton	61

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Peletakan Kawat Bendrat Pada Daerah Tarik Beton.....	6
Gambar 3.1	Pengaruh Konsentrasi Serat Terhadap Kuat Tarik Beton	13
Gambar 3.2	Diagram Tegangan-Regangan Balok Beton Bertulang	15
Gambar 3.3	Distribusi Tegangan Balok Beton Bertulang Dengan Beton Serat.....	17
Gambar 3.4	Diagram Tegangan-Regangan Balok Beton Serat	17
Gambar 3.5	Balok Dengan Pusat Berada Dalam Keadaan Lentur Murni.....	43
Gambar 3.6	Bentuk Penampang Balok	44
Gambar 4.1	Bagan Alir Prosedur Penelitian	58
Gambar 5.1	Kurva Tegangan-Regangan Beton	65
Gambar 5.2	Kurva Tegangan-Regangan Beton Normal	67
Gambar 5.3	Kurva Tegangan-Regangan Beton Serat	67
Gambar 5.4	Grafik Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton Serat.....	69
Gambar 5.5	Pengaruh Fraksi Serat Terhadap Tegangan-Regangan Tarik.....	71

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Dan Kadar Air Pasir
Lampiran 2	Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Dan Kadar Air Kerikil
Lampiran 3	Hasil Pengujian Berat Volume Pasir
Lampiran 4	Hasil Pengujian Berat Volume Kerikil
Lampiran 5	Hasil Pemeriksaaan Modulus Halus Butir Agregat Halus
Lampiran 6	Hasil Pemeriksaaan Modulus Halus Butir Agregat Kasar
Lampiran 7	Grafik Hubungan FAS 0,5 dengan Kuat Tekan Rencana Beton
Lampiran 8	Grafik Persentase Agregat Kasar Dan Halus Beton Rencana
Lampiran 9	Grafik Hubungan BJ Beton Rencana Dengan Kadar Air Beton
Lampiran 10	Hasil Pengujian Tegangan-Regangan
Lampiran 11	Grafik Hubungan Tegangan-Regangan
Lampiran 12	Hasil Pengujian Kuat Lentur
Lampiran 13	Hasil Perhitungan Kapasitas Tarik
Lampiran 14	Dokumentasi
Lampiran 15	Kartu Peserta Tugas Akhir

ABSTRAK

Beton adalah bahan konstruksi yang umum digunakan. Penggunaan beton untuk keperluan bahan konstruksi sudah lama dikenal sejak dahulu kala. Beton menjadi pilihan utama bagi masyarakat di Indonesia khususnya, dikarenakan Beton memiliki banyak kelebihan dibanding bahan konstruksi lain, bahan bakunya mudah didapatkan dan relatif lebih murah. Kemampuan utama beton ialah mampu mendukung tegangan tekan yang sangat besar. Tetapi sebaliknya, beton tidak dapat menahan tegangan tarik yang cukup besar. Tegangan tarik yang dapat didukung oleh beton berkisar 9 – 15% dari tegangan tekan yang dapat didukungnya. Selain itu, beton bersifat getas (*brittle*), mudah patah / pecah bila menahan tegangan tarik yang besar.

Salah satu metode perbaikan sifat beton yang getas, adalah dengan memberikan bahan tambahan pada beton normal. Penambahan serat kawat pada beton terbukti dapat meningkatkan kuat tekan, kuat tarik dan kuat lentur beton. Perbaikan sifat beton dengan penambahan bahan tambah berupa serat kawat dinilai cukup efektif dan ekonomis.

Tugas Akhir ini merupakan studi eksperimen mengenai penambahan serat kawat bendrat diameter 1 mm dengan panjang 60 mm dan konsentrasi 1% pada daerah tarik beton. Dengan variasi penambahan serat kawat bendrat setinggi 1/3h, 1/2h, 2/3 h dan penuh. Selanjutnya dibandingkan dengan kuat lentur beton normal

Berdasarkan hasil penelitian, beton serat 1% memiliki kuat tekan sebesar 33,64 MPa, sedangkan kuat tekan beton normal sebesar 32,4075 MPa. Dari hasil pengujian kuat tekan diperoleh peningkatan kuat tekan beton serat terhadap beton normal sebesar 3,8 %. Untuk pengujian kuat lentur, kuat lentur beton normal sebesar 5,0119 MPa, sedangkan beton serat BS 1/3 sebesar 5,8095 MPa, BS 1/2 sebesar 4,6066 MPa, BS 2/3 sebesar 4,8348 MPa, BS sebesar 4,493 MPa. Peningkatan kuat lentur tertinggi terjadi pada beton BS 1/3. Peningkatan kuat lentur beton serat BS 1/3 terhadap beton normal sebesar 15,9 %.

Setelah terjadi keretakan awal, beban yang mampu ditahan oleh beton semakin menurun. Kekuatan beton yang menurun setelah terjadi keretakan awal ini dipengaruhi oleh konsentrasi serat kawat yang cukup kecil. Panjang serat kawat akan mempengaruhi kuat lekat serat kawat terhadap beton. Kondisi serat kawat yang dominan tercabut pada saat benda uji mengalami patah menunjukkan bahwa kuat lekat kawat yang relatif kecil.

Hasil penelitian menunjukkan kapasitas tarik beton serat BS 1/3 lebih besar daripada kapasitas tarik beton normal. Sehingga diperoleh kesimpulan bahwa penambahan serat kawat pada bagian tarik beton dapat meningkatkan kapasitas tarik beton.

Kata kunci: getas (brittle), serat kawat, kuat tekan, kuat lentur,

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Beton adalah bahan konstruksi yang umum digunakan. Penggunaan beton untuk keperluan bahan konstruksi sudah lama dikenal sejak dahulu kala. Beton menjadi pilihan utama bagi masyarakat di Indonesia khususnya, dikarenakan bahan bakunya mudah didapatkan. Selain itu, beton relatif lebih murah dibandingkan bahan konstruksi lain.

Bahan penyusun beton terdiri dari pasir, kerikil, semen, dan air. Setiap bahan penyusun memiliki fungsi yang berbeda-beda. Pasir dan kerikil merupakan bahan penyusun utama. Semen berfungsi sebagai pengikat pasir dan kerikil. Air berguna dalam membantu reaksi kimia dalam proses pengerasan beton. Bahan-bahan penyusun tersebut dicampurkan menjadi satu, dengan komposisi masing – masing bahan yang telah ditentukan, maka akan didapatkan beton dengan kekuatan sesuai yang direncanakan.

Beton memiliki banyak kelebihan dibanding bahan konstruksi lain. Kemampuan utama beton ialah mampu mendukung tegangan tekan yang sangat besar. Tetapi, beton tidak dapat menahan tegangan tarik yang cukup besar. Tegangan tarik yang dapat didukung oleh beton berkisar 9 – 15% dari tegangan tekan yang dapat didukungnya. Selain itu, beton bersifat getas (*brittle*), mudah patah / pecah bila menahan tegangan tarik yang besar.

Upaya untuk meningkatkan mutu beton dilakukan dengan berbagai macam cara. Seperti yang sering kita jumpai, penambahan bahan tambah beton terbukti dapat meningkatkan mutu beton (kuat tekan). Sedangkan pemasangan tulangan baja pada beton dimaksudkan untuk menambah kekuatan pada bagian tarik beton yang nilainya sangat kecil.

Beberapa dekade yang lalu mulai dikembangkan alternatif lain untuk meningkatkan mutu beton. Salah satunya adalah pengembangan beton serat / *fiber concrete*. Penambahan serat pada campuran beton normal diharapkan dapat meningkatkan mutu beton. Jenis serat yang dapat digunakan sebagai campuran dalam beton serat antara lain adalah baja, *polypropylene*, serat alami (sabut kelapa), dsb. Salah satu jenis serat yang dapat dicampurkan pada beton untuk keperluan elemen struktur adalah serat baja. Dengan kombinasi panjang serat dan persentase volume tertentu, diharapkan dapat dihasilkan beton dengan mutu lebih baik dan lebih liat (*ductile*).

Penggunaan serat baja sebagai bahan tambah campuran beton di Indonesia memang belum banyak dikenal. Hal itu dikarenakan serat baja harus didatangkan dari luar negeri, sehingga harganya cukup mahal. Untuk itu, beberapa peneliti terdahulu mengganti serat baja dengan serat baja lokal yaitu kawat bendrat. Penambahan serat kawat bendrat secara random pada campuran beton terbukti dapat meningkatkan mutu beton. Selain itu, juga dapat mencegah terjadinya retakan-retakan mikro atau retak rambut. Dengan tercegahnya retak rambut, maka kemampuan beton dalam mendukung tegangan-tegangan aksial, geser dan lentur akan meningkat (Bambang Suhendro, 2000).

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui apakah penambahan serat kawat bendrat yang telah ditentukan kombinasi panjang serat dan persentase volumenya pada campuran beton dapat meningkatkan kekuatan beton
2. Membandingkan kuat tekan beton normal dengan beton serat yang telah ditentukan kombinasi panjang serat dan persentase volumenya.
3. Mengetahui pengaruh peletakan kawat bendrat pada daerah tarik beton terhadap kuat lentur beton.

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 penelitian tentang beton serat, yaitu dengan menambahkan serat kawat bendrat pada campuran beton.
2. Dapat mengetahui pengaruh peletakan kawat bendrat pada daerah tarik beton terhadap peningkatan kuat lentur beton

1.5 Batasan Masalah

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

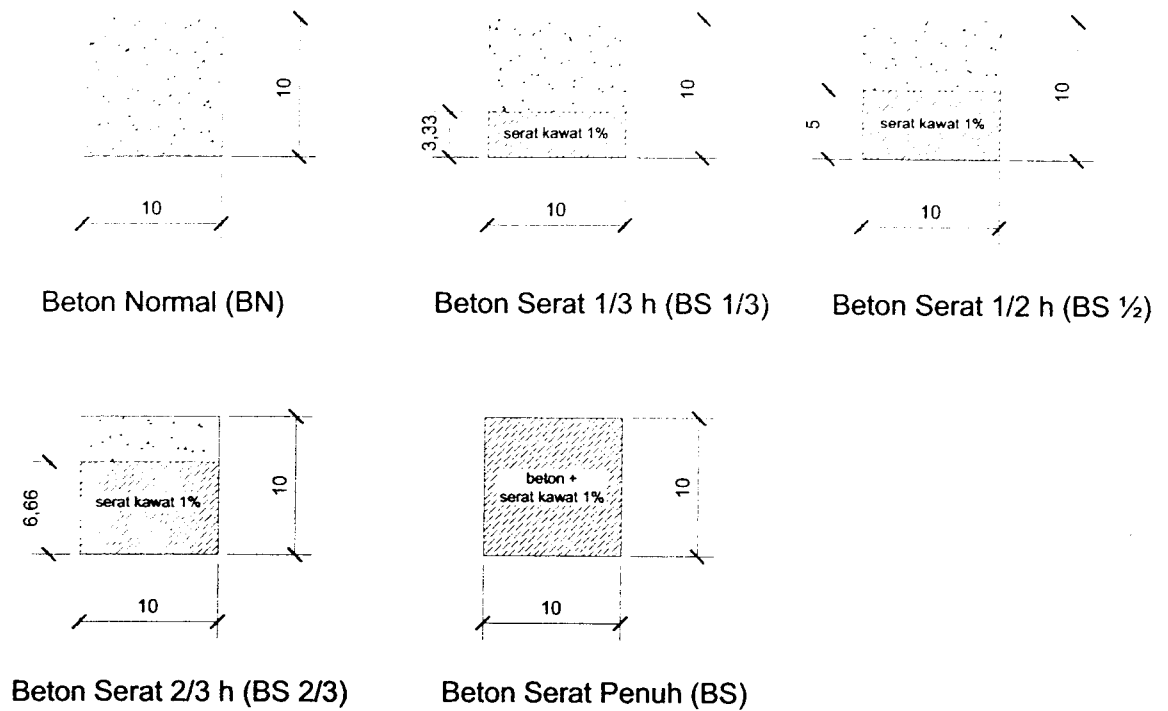
1. Perhitungan perencanaan campuran beton menggunakan metode SNI.
2. Pengujian agregat yang dilakukan : gradasi, berat jenis, berat volume

3. Pengujian agregat halus berdasarkan ASTM dan agregat halus/pasir yang digunakan berasal dari daerah clereng
4. Pengujian agregat kasar berdasarkan ASTM, ukuran butir maksimal 20 mm dan agregat kasar yang digunakan dalam penelitian ini adalah kerikil (batu pecah) yang diambil dari daerah clereng.
5. Semen yang digunakan adalah Portland Cement (PC) tipe I merek Holcim kemasan 40 kg/sak.
6. Mutu beton direncanakan adalah beton dengan $f'c$ 25 MPa.
7. Nilai *slump* direncanakan 7,5 – 15 cm.
8. Diameter kawat bendrat \pm 1 mm
9. Panjang serat kawat bendrat 60 mm
10. Konsentrasi serat kawat 1 % dari berat total beton
11. Air yang digunakan berasal dari Laboratorium Bahan Kontruksi Teknik Universitas Islam Indonesia.
12. Perawatan beton dalam peneliitian ini dilakukan dengan cara direndam dalam air dalam suhu normal selama 28 hari.
13. Pengujian kuat tekan beton dengan mesin uji tekan "compression testing machine"
14. Pengujian kuat lentur beton dengan mesin uji tekan-tarik "shimadzu"
15. Dimensi benda uji tekan beton menggunakan bentuk silinder dengan ukuran diameter 150 mm tinggi 300 mm.
16. Dimensi benda uji lentur beton menggunakan bentuk balok dengan ukuran 100 x 100 x 400 mm

17. Jumlah benda uji adalah sebanyak 15 buah balok dan 6 buah silinder

18. Campuran kawat bendrat diletakkan pada daerah tarik, dengan variasi 0 h,

1/3 h, 1/2 h, 2/3 h dan seluruh penampang balok. (gambar 1.1)



Gambar 1.1 Peletakan Kawat Bendrat Pada Daerah Tarik Beton

19. Penelitian ini merupakan uji laboratorium, yang dilaksanakan di

Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Suatu semen jika diaduk dengan air akan terbentuk adukan pasta semen, sedangkan jika diaduk dengan air kemudian ditambah pasir menjadi mortar semen, dan jika ditambah lagi dengan kerikil / batu pecah disebut beton. (Kardiyono Tjokrodimoeljo, 1992).

Menurut SK SNI T-15-1991-03, Beton adalah suatu komposit dari beberapa bahan batu-batuan yang direkatkan oleh bahan ikat. Beton dibentuk dari agregat campuran (halus dan kasar) dan ditambahkan dengan pasta semen.

Salah satu faktor yang mempengaruhi kekuatan beton adalah sifat agregat yaitu kekasaran dan ukuran maksimum agregat tersebut, pada pemakaian ukuran butiran maksimum lebih besar memerlukan jumlah pasta lebih sedikit untuk mengisi rongga-rongga antar butirannya, berarti semakin sedikit pula pori-pori betonnya (karena pori-pori beton sebagian besar didalam pasta, tidak dalam agregat) sehingga kuat tekannya lebih tinggi. (Kardiyono Tjokrodimoelyo, 1992)

Menurut Kardiyono (1992), beton serat adalah bahan komposit yang terdiri dari beton normal dan bahan lain berupa serat. Sedangkan *ACI Committee 554* mendefinisikan, beton serat (*Fiber Reinforced Concrete*) adalah beton yang terbuat dari campuran semen portland, agregat halus, agregat kasar, air, dan sejumlah kecil serat (*fiber*).

2.2 Penelitian Terdahulu

2.2.1 Penelitian Suhendro (1990)

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.

2.2.2 Penelitian Suhendro (1991)

Penelitian lanjutan ini dilatarbelakangi oleh akan meningkatnya harga satuan beton jika serat kawat digunakan dalam seluruh campuran beton. Untuk itu peneliti mencoba melakukan penelitian dengan menggunakan serat secara parsial. Penelitian ini dilakukan dengan menempatkan serat pada bagian tampang balok yang menahan tarik, dengan variasi penempatan serat setinggi 0%, 25%, 50%, 75% dan 100% dari tinggi penampang. Serat yang digunakan adalah kawat bendrat dengan diameter 1 mm, dan panjang 60 mm. Pada benda uji berupa balok berdimensi 150 x 250 x 1800 mm dipasang tulangan baja dengan diameter 10 mm. Dari pengujian lentur diperoleh hasil beban maksimal untuk masing-masing variasi benda uji beton normal, beton serat 25%, 50%, 75% dan 100% berturut-turut adalah 4,6 ton, 7,2 ton, 7,8 ton, 8 ton, dan 7,95 ton. Sedangkan untuk persentase peningkatan baban maksimal beton serat terhadap beton normal berturut-turut adalah 57%, 70%, 74%, dan 73%.

Dari penelitian ini, Suhendro mengemukakan bahwa kuat tarik beton serat yang cukup tinggi sangat layak untuk diperhitungkan dalam analisis tampang. Penelitian lanjutan ini menghasilkan kesimpulan bahwa penambahan serat secara parsial sebesar 50% s/d 75% dari luas tampang balok (ditempatkan pada bagian tarik) memberikan hasil yang optimal.

Penelitian Sudarmoko (1993)

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 3,34 MPa dibandingkan 3,92 MPa (147,6 %)

2.2.3 Penelitian Suparjo (1998)

Penelitian mencoba meneliti perilaku tegangan lekat pada struktur beton serat bertulang dengan batang tulangan baja. 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.

2.2.4 Penelitian Rina Kurniawati dan Winarni (2001)

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.

2.2.5 Penelitian A Kadir Aboe (2004)

Beton serat dengan volume serat 3% dan panjang serat 90 mm (aspek rasio 91,84) memberikan persentase peningkatan kuat tekan, tarik dan lentur tertinggi, sebesar 36,51 %, 56,93%, 40,09%. Sedangkan dengan volume serat tetap, tetapi panjang serat 60 mm (aspek rasio 61,22), memberikan persentase peningkatan kuat tekan dan lentur sebesar 36,16%, dan 7,42%. Aspek rasio beton serat, berbanding lurus terhadap kekuatan tekan, kuat tarik dan kuat lentur. *Workability* beton serat sangat dipengaruhi oleh aspek rasio serat. Beton serat dengan panjang serat 90 mm (aspek rasio 91,84) lebih sulit dikerjakan dibanding dengan beton serat dengan panjang serat 60 mm (aspek rasio 61,22).

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 Beton Serat

Menurut Kardiyono (1992), beton serat adalah bahan komposit yang terdiri dari beton normal dan bahan lain berupa serat. Sedangkan *ACI Committee 554* mendefinisikan, beton serat (*Fiber Reinforced Concrete*) adalah beton yang terbuat dari campuran semen portland, agregat halus, agregat kasar, air, dan sejumlah kecil *fiber* (serat).

Penambahan serat ke dalam beton akan menurunkan sifat *workability* beton. Tetapi, penambahan serat ke dalam beton dapat mencegah terjadinya segregasi dan retak rambut, sehingga dapat meningkatkan kemampuan beton mendukung tegangan - tegangan tekan, geser, dan lentur (Bambang Suhendro, 2000). Selain itu, beton serat menjadi lebih *ductile* (liat) jika dibandingkan dengan beton normal.

Jenis serat yang ditambahkan ke dalam beton juga akan mempengaruhi kekuatan beton. Apabila modulus elastisitas serat lebih tinggi dari beton, misalnya serat baja, maka beton serat akan tahan terhadap benturan dan lenturan. Namun apabila modulus elastisitas serat lebih kecil dari beton, misalnya serat plastik, maka beton serat hanya tahan terhadap benturan saja. Karena beton serat bersifat tahan benturan, maka beton serat sering digunakan pada konstruksi lantai jembatan, perkerasan jalan raya, dan landasan pesawat udara (Kardiyono Tjokrodimoeljo. 1992).

Hasil dari penelitian – penelitian terdahulu, beberapa sifat mekanis beton yang dapat diperbaiki dengan cara penambahan serat antara lain keliatan bahan (*ductility*), ketahanan terhadap tegangan tarik dan lentur (*tensile and flexure strength*), serta ketahanan terhadap pengaruh susut (*shrinkage*).

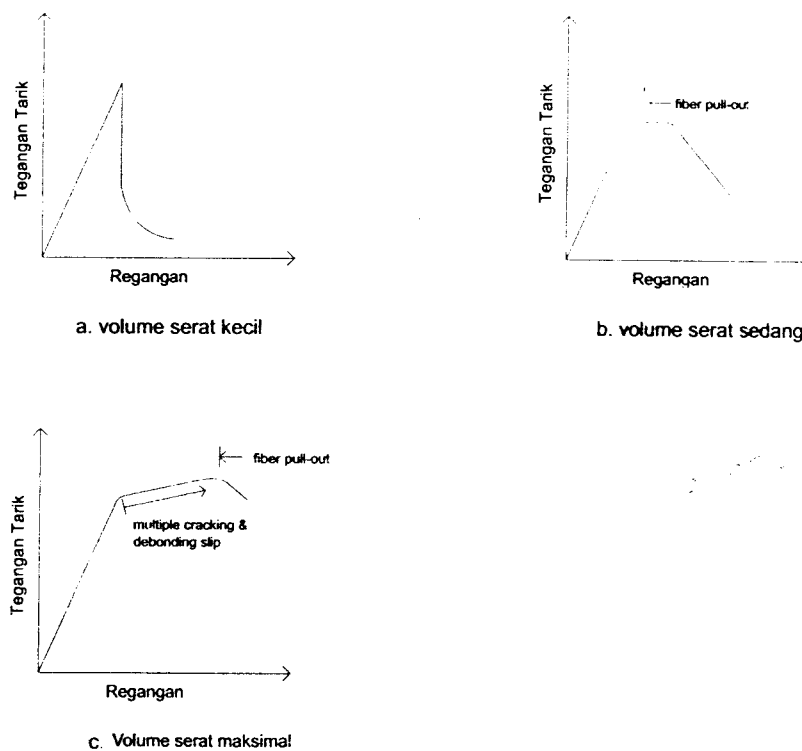
Menurut Bambang suhendro, hal yang perlu diperhatikan pada beton serat (baja) adalah :

1. *Fiber Dispersion*, teknik pencampuran serat agar dapat merata
2. *Workability*, kemudahan dalam proses pengerjaan
3. *Mix design*, didaptkannya mutu beton tertentu dengan kelecakan yang memadai

Agar serat yang ditambahkan pada beton dapat memperbaiki sifat – sifat beton, maka perlu diperhatikan beberapa hal :

1. Keawetan terhadap lingkungan beton
2. Ikatan serat dengan campuran beton
3. Kekuatan, keliatan, kekerasan
4. Penyebaran dalam adukan beton

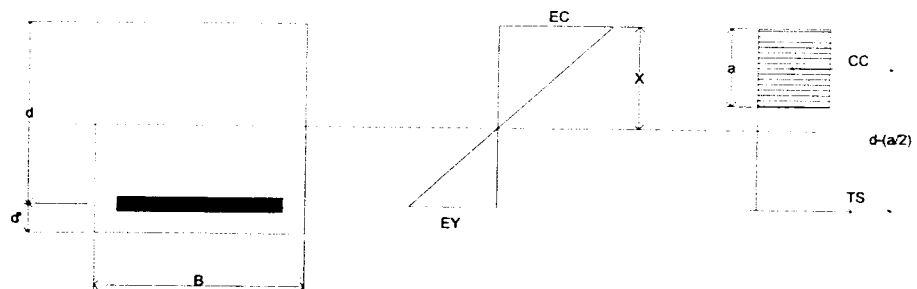
Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui sejauh mana pengaruh penambahan serat kawat pada bagian tarik struktur terhadap kuat lentur beton.. Kekuatan tekan dan lentur beton serat akan meningkat seiring dengan jumlah volume fraksi (V_f) serat yang ditambahkan pada beton. Semakin besar volume fraksi serat maka akan meningkat pula kuat tekan dan lentur beton. Dengan meningkatnya kuat lentur beton, maka diharapkan dapat meningkatkan pula kapasitas tariknya. Tetapi perlu diingat bahwa, semakin besar volume fraksi serat pada beton akan menurunkan *workability* beton (Kadir Aboe, 2004). Jika volume serat yang dicampurkan ke dalam beton terlalu berlebih maka serat akan menggumpal, dan pada akhirnya penyebaran serat tidak merata ke seluruh bagian beton. Gambar pengaruh konsentrasi serat terhadap kuat tarik ditunjukkan pada gambar 3.1 berikut ini.



Gambar 3.1 pengaruh konsentrasi serat terhadap kuat tarik beton

1. Kekuatan komponen memenuhi persyaratan keseimbangan dan kompatibilitas
2. Regangan baja dan beton berbanding lurus dengan jaraknya terhadap sumbu netral
3. Regangan desak beton maksimum (ϵ_c) diambil 0,003
4. Kuat tarik beton diabaikan
5. Modulus elastisitas baja tulangan (ϵ_s) diambil 2.10^5 Mpa
6. Tegangan desak dianggap terdistribusi merata setinggi a

Berikut ini merupakan diagram tegangan – regangan pada penampang balok beton bertulang :



gambar 3.2 diagram tegangan – regangan balok beton bertulang

dimana :

- ϵ_c = modulus elastisitas beton
- ϵ_s = modulus elastisitas baja tulangan
- CC = Gaya desak beton
- TS = Gaya tarik baja

Dari diagram tegangan regangan diatas dapat diperoleh persamaan :

$$X_b = \frac{600}{600 + f_y} \cdot d \dots\dots\dots 3.1 a$$

$$a_b = \beta_1 \cdot X \dots\dots\dots 3.1 b$$

Dari persamaan 3.1 a dan 3.1 b didapatkan :

$$CC = 0,85 \cdot f'c \cdot a \cdot b \dots\dots\dots 3.2$$

$$TS = As \cdot fy \dots\dots\dots 3.3$$

Dari persyaratan keseimbangan gaya-gaya dalam, mengharuskan gaya tarik baja sama dengan gaya tekan beton. maka diperoleh persamaan :

$$CC = TS$$

$$0,85 \cdot f'c \cdot a \cdot b = As \cdot fy \dots\dots\dots 3.4$$

Maka, momen nominal dapat diperoleh dengan persamaan :

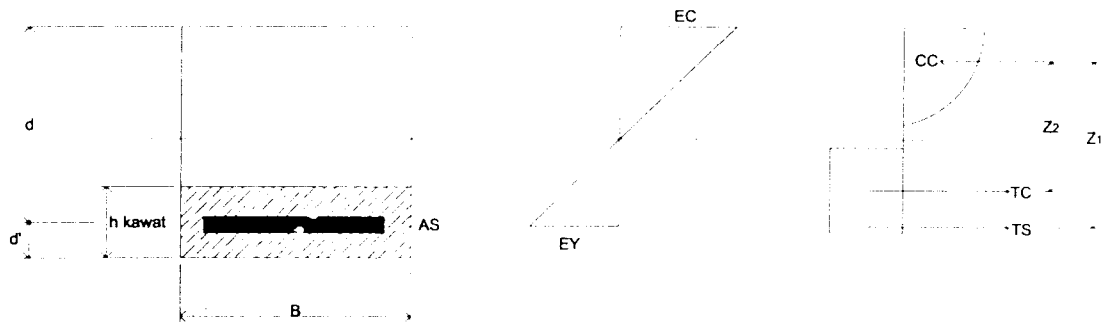
$$As = \frac{0,85 \times f'c \times a \times b}{fy} \dots\dots\dots 3.5$$

$$Mn = TS \cdot Z \dots\dots\dots 3.6 (i)$$

$$Mn = As \cdot fy \cdot (d - a/2) \dots\dots\dots 3.6 (ii)$$

- dimana :
- $f'c$ = kuat desak beton
 - a = tinggi blok tegangan
 - b = lebar penampang balok
 - fy = kuat tarik baja
 - d = jarak garis netral tulangan ke sisi atas penampang balok
 - As = luas penampang tulangan

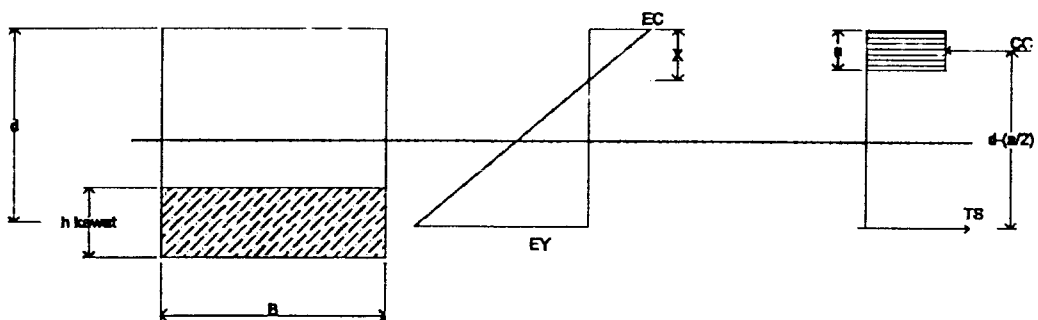
Menurut Suhendro (1991) untuk jenis struktur tertentu (seperti balok, kolom, lantai, dan sebagainya) agar diperoleh hasil yang optimal, maka bahan beton serat harus dikombinasikan dengan tulangan baja. Beton serat bersifat lebih liat / *ductile*, dan memiliki kuat tarik yang jauh lebih besar daripada beton normal, maka kuat tarik beton serat sangat layak untuk diperhitungkan. Dengan demikian, diagram tegangan pada analisis tampang beton serat berbeda dengan diagram tegangan pada analisis tampang beton normal. Distribusi tegangan balok beton bertulang dengan beton serat yang diusulkan Suhendro (1991) pada gambar 3.3.



gambar 3.3 distribusi tegangan balok beton bertulang dengan beton serat

dimana :
 CC = Gaya desak beton
 TS = Gaya tarik baja tulangan
 TC = Gaya tarik beton serat

Mengacu kepada penelitian Suhendro (1991), penelitian ini difokuskan untuk melihat sejauh mana pengaruh peletakan serat pada daerah tarik beton terhadap kuat lenturnya. Namun, berbeda dengan penelitian suhendro (1991) pada penelitian ini tidak menggunakan baja tulangan. Dengan tidak digunakannya baja tulangan dalam benda uji balok, maka pada daerah tarik beton tidak akan terjadi gaya tarik baja (TS) tetapi hanya gaya tarik beton. Untuk itu kita asumsikan nilai gaya tarik beton sebagai TS. Diagram distribusi tegangan balok pada beton serat tersaji dalam gambar 3.4 sebagai berikut.



gambar 3.4 diagram tegangan – regangan balok beton serat

dimana :
 CC = Gaya desak beton
 TS = Gaya tarik beton serat

Untuk membuktikan bahwa beton dengan kuat lentur yang besar akan memiliki kapasitas tarik yang besar, maka perlu dicari nilai gaya tarik beton. Sedangkan sebagai pembandingan dicari pula nilai gaya tarik beton normal. Dari persamaan-persamaan 3.1 s/d 3.6 diatas, maka dapat kita uraikan :

$$M_n = TS (d-a/2) \dots\dots\dots 3.7$$

Sedangkan dalam syarat keseimbangan gaya-gaya dalam dari persamaan 3.4 didapat :

$$\begin{aligned} CC &= TS \\ TS &= 0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b \dots\dots\dots 3.8 \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned} M_n &= 0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b \cdot (d-a/2) \\ \frac{M_n}{(d-a/2)} &= 0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b \end{aligned}$$

Jika $0,85 \cdot f_c \cdot b$ kita misalkan menjadi C_1 :

$$\begin{aligned} \frac{M_n}{(d-a/2)} &= C_1 a \\ \frac{2 M_n}{(2d-a)} &= C_1 a \\ 2 M_n &= C_1 a(2d-a) \\ 2 M_n &= -C_1 a^2 + 2 a C_1 d \\ 2 M_n / C_1 &= -a^2 + 2 a d \\ a^2 - 2 a d + (2 M_n / C_1) &= 0 \dots\dots\dots 3.9 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan dengan persamaan-persamaan diatas akan diperoleh nilai tinggi blok tegangan (a), maka dapat diperoleh pula gaya tarik (TS) yang terjadi pada beton. Secara teoritis, beton dengan kuat lentur yang lebih besar akan memiliki tinggi blok tegangan yang lebih besar, sehingga kapasitas tariknya juga akan lebih besar.

3.3 Bahan - Bahan Campuran Beton Serat

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 empat oksida utama pada semen akan membentuk senyawa-senyawa kimia yaitu :

1. Trikalsium Silikat (C_3S) atau $3 CaO.SiO_2$

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 $2 CaO.SiO_2$

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_3Al) atau $3 CaO.Al_2O_3$

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_4Al) atau $4 CaO.Al_2O_3.Fe_2O_3$

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.

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.

3.3.5 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. Banyak sekali jenis serat yang dapat digunakan, yang dapat dikelompokkan dalam serat alami dan buatan. Masing – masing jenis serat mempunyai keuntungan dan kerugian. Pemilihan jenis serat perlu disesuaikan dengan sifat beton yang akan diperbaiki/ditingkatkan.

- a. Serat baja (*steel fiber*), mempunyai kekuatan dan modulus elastisitas yang relatif tinggi, selain itu serat ini tidak mengalami perubahan bentuk akibat alkali dalam semen, digunakan bila dibutuhkan kuat lentur beton tinggi, tetapi penggunaan serat baja dapat mengakibatkan terjadi penggumpalan (*balling effect*) akibat sifat adhesi selama proses pengadukan.
- b. Serat gelas (*glass fibers*), kekuatannya mendekati serat baja, tetapi berat jenisnya lebih rendah dan modulus elastisitasnya hanya sepertiga serat baja. Kekurangan utama serat gelas adalah kurang kuat terhadap pengaruh alkali, sehingga dalam jangka panjang dapat menyebabkan rusaknya serat ini.
- c. Serat polimer (*plastic fibers*), mempunyai berat jenis yang rendah dan permukaannya hidropobik dan tidak menyerap air. Serat ini mempunyai modulus elastisitas yang rendah, lekatan kurang baik dengan beton, mudah terbakar, titik lelehnya rendah dan tidak tahan lama.

- d. Serat karbon (*carbon fibers*), serat ini mempunyai keunggulan terhadap lingkungan yang agresif, stabil pada suhu tinggi, relatif kaku dan tahan lama. Digunakan untuk meningkatkan kekakuan, regangan dan tegangan, serta kuat batas, namun keliatannya kurang dan penyebaran serat sulit dikerjakan.
- e. Serat alami, berupa ijuk, serat kelapa dan bambu, penggunaan serat ini dapat menghasilkan beton yang daktail dan umumnya kuat tariknya rendah, kelemahannya adalah tidak tahan terhadap proses kimia dan tidak awet. Umumnya serat ini digunakan pada pekerjaan non struktur.

3.4 Kekuatan Tekan Beton

Pengukuran kuat tekan beton dilakukan dengan membuat benda uji berupa silinder beton dengan ukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Setelah dirawat dalam bak perendaman selama 28 hari, 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 dihitung dengan rumus sebagai berikut (Kardiyono, 1992) :

$$\text{Kuat desak beton} \quad f'c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots 3.10$$

Dengan : P = beban maksimum (N)
 A = Luas penampang benda uji (mm²)

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 (FAS) 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. Efisiensi dan 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.

3.4.1 Pengaruh Faktor Air Semen Terhadap Kekuatan Beton

Didalam campuran beton, air 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 :

1. Kehalusan semen
2. Faktor air semen
3. 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

Hubungan antara faktor air semen dan kekuatan beton dapat ditulis menurut Duff Abrams, 1919 (Kardiyono, 1992) sebagai berikut :

$$f'c = \frac{A}{B^{1.5x}} \dots\dots\dots 3.11$$

dengan : $f'c$ = kuat tekan beton
 x = FAS (yang semula dalam proporsi volume)
 A, B = konstanta

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

$$FAS = \frac{\text{Berat air}}{\text{Berat semen}} \dots\dots\dots 3.12$$

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 Menentukan Harga Water Cement Ratio

Kekuatan tekan beton pada umur 28 hari		Water cement ratio w/c	
Satuan Mpa	Satuan kg/cm ²	Beton tanpa udara didalam	Beton dengan udara didalam
48	487,0	0.33	-
41	415,9	0.41	0.32
34	344,9	0.48	0.40
28	284,1	0.57	0.48
21	213,0	0.68	0.59
14	142.0	0.82	0.74

Sumber : Buku panduan praktikum BKT FTSP-UII

Tabel 3.2 Menentukan FAS maksimal

DESKRIPSI	Jumlah semen (kg) min dalam 1 m ³ beton	FAS
Beton dalam ruangan		
a. Keadaan keliling non korosif	275	0,6
b. Keadaan keliling korosif, dikarenakan kondensasi / uap korosif	325	0,52
Beton di luar ruangan bangunan		
a. Tidak terlindung dari hujan & terik matahari langsung	325	0,6
b. Terlindung dari hujan & terik matahari langsung	275	0,6
Beton yang masuk ke dalam tanah		
a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	325	0,55
b. Mendapat pengaruh sulfat alkali dari tanah / air tanah		tabel 4

		SNI
Beton yang terus menerus berhubungan dengan air		Tabel 5 SNI
a. Air tawar		
b. Air laut		

Sumber : tabel 3 SNI-T-15-1990-03:07, Teknologi Beton Tri Mulyono, 2004

3.4.2 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 $9/5$ 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 $3/5$ ukuran rata-rata. Agregat ini dikatakan pipih jika ukuran terkecil butirannya lebih kecil dari $3/5 \times 15 \text{ mm} = 9 \text{ mm}$. 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.

- 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 magnetit (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 :

$$w = \frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100\% \dots\dots\dots 3.13$$

Dengan : w = Kadar air

W_1 = berat agregat basah

W_2 = agregat yang dikeringkan dalam oven pada suhu 105⁰ C sampai beratnya tetap.

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.

3.4.3 Pengaruh Pematatan Beton Terhadap Kekuatan Beton

Tujuan pematatan adukan beton adalah untuk mengurangi rongga-rongga udara agar beton mencapai kepadatan yang tinggi. Beton dengan kepadatan yang tinggi akan menghasilkan kekuatan yang tinggi. Pematatan dapat dilakukan dengan dua cara yaitu cara manual (dengan tenaga manusia) dan dengan cara menggunakan mesin pemadat bergetar (*vibrator*). Pematatan dengan menggunakan *vibrator* akan memiliki kekuatan beton yang lebih baik dari pada pematatan dengan cara manual atau tenaga manusia. Hal ini juga tergantung dengan metode pematatannya dan kepiawaian dari pelaksananya. Selain itu *vibrator* juga dapat digunakan pada campuran yang memiliki *workability* yang rendah.

3.4.4 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

3.4.5 Metode Perencanaan Adukan Beton

Penelitian ini menggunakan metode perencanaan campuran adukan beton dengan metode SK.SNI-03-2834-1993. Metode ini mengadopsi metode *Departement of environment (DOE), Building Research Establishment, Britain*.

Adapun tata cara urutan perencanaan campuran adukan beton menurut standar SK.SNI-03-2834-1993 adalah sebagai berikut :

1. Perhitungan kuat tekan rerata beton

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

$$f'_{cr} = f'_c + 1,64 \times S \dots\dots\dots 3.14$$

dengan :

f'_{cr} = Kuat tekan rata-rata beton..... (MPa)

f'_c = Kuat tekan rencana beton..... (MPa)

k = diambil 1,64

S = deviasi standart, diambil 7

Jika nilai deviasi standar tidak ada, maka $f'_{cr} = f'_c + 12 \dots\dots\dots 3.15$

2. Menentukan faktor air semen (FAS)

- a. Menentukan kuat tekan rencana beton pada umur 28 hari dengan FAS 0,5 dari tabel 3.3

Tabel 3.3 Perkiraan kuat tekan beton dengan FAS 0,5

JENIS SEMEN	JENIS AGREGAT KASAR	Kekuatan Tekan (MPa) Pada Umur (hari)				Bentuk Benda Uji
		3	7	28	91	
Semen Portland Tipe I / Semen tahan sulfat Tipe II, IV	Batu Alami (tdak dipecah)	17	23	33	40	silinder
	Batu Pecah	19	27	37	45	
	Batu Alami (tdak dipecah)	20	28	40	48	kubus
	Batu Pecah	23	32	45	54	
Semen Portland Tipe III	Batu Alami (tdak dipecah)	21	28	38	44	silinder
	Batu Pecah	25	33	44	48	
	Batu Alami (tdak dipecah)	25	31	46	53	kubus
	Batu Pecah	40	30	53	60	

Sumber : tabel 2 SNI-T-15-1990-03:06

- b. Menentukan nilai FAS dari grafik hubungan kuat tekan rerata dan FAS (lampiran 8)
- c. Menentukan nilai FAS maksimum menurut tabel 3.4

Tabel 3.4 persyaratan semen minimum dan FAS maksimum

DESKRIPSI	Jumlah semen (kg) min dalam 1 m ³ beton	FAS
Beton dalam ruangan		
a. Keadaan keliling non korosif	275	0,6
b. Keadaan keliling korosif, dikarenakan kondensasi / uap korosif	325	0,52
Beton di luar ruangan bangunan		
a. Tidak terlindung dari hujan & terik matahari langsung	325	0,6
b. Terlindung dari hujan & terik matahari langsung	275	0,6
Beton yang masuk ke dalam tanah		
a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	325	0,55
b. Mendapat pengaruh sulfat alkali dari tanah / air tanah		tabel 4 SNI
Beton yang terus menerus berhubungan dengan air		
a. Air tawar		Tabel 5 SNI
b. Air laut		

Sumber : tabel 3 SNI-T-15-1990-03:07

3. Menentukan nilai slump

Nilai slump ditetapkan sesuai dengan kondisi pelaksanaan pekerjaan agar diperoleh beton yang mudah dituang dan dipadatkan sehingga memenuhi syarat *workability*.

4. Menentukan ukuran bitiran agregat maksimal

Besar butiran agregat maksimal dihitung berdasarkan ketentuan – ketentuan berikut (Tri Mulyono,2004) :

- a. Seperlima jarak terkecil antara bidang samping cetakan
- b. Sepertiga dari tebal plat
- c. Tiga per empat dari jarak bersih minimum antar batang / berkas tulangan

5. Menentukan kadar air bebas

Jumlah air ditentukan berdasarkan nilai slump dan jenis agregat kasar, dapat dilihat pada tabel 3.5

Tabel 3.5 Perkiraan kadar Air Bebas

Diameter Agregat Max	Jenis Agregat	SLUMP			
		0 – 10 mm	10 – 30 mm	30 – 60 mm	60 – 100 mm
10 mm	Batu tidak pecah	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20 mm	Batu tidak pecah	135	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225
40 mm	Batu tidak pecah	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

Sumber : tabel 5 SNI-T-15-1990-03:13

6. Menghitung jumlah semen yang dibutuhkan

- a. Menentukan kebutuhan semen dari pembagian antara jumlah kadar air bebas dengan nilai FAS

$$W_{semen} = \frac{W_{air}}{FAS} \dots\dots\dots 3.16$$

- b. Menentukan jumlah semen maksimum (diabaikan jika tidak ditetapkan)
- c. Menentukan jumlah semen minimum, dengan membandingkan nilai FAS dengan jenis penggunaan beton, didapat dari tabel 3.4

Tabel 3.6 persyaratan semen minimum dan FAS maksimum

DESKRIPSI	Jumlah semen (kg) min dalam 1 m3 beton	FAS
Beton dalam ruangan		
a. Keadaan keliling non korosif	275	0,6
b. Keadaan keliling korosif dikarenakan kondensasi / uap korosif	325	0,52
Beton di luar ruangan bangunan		
a. Tidak terlindung dari hujan & terik matahari langsung	325	0,6
b. Terlindung dari hujan & terik matahari langsung	275	0,6
Beton yang masuk ke dalam tanah		
a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	325	0,55
b. Mendapat pengaruh sulfat alkali dari tanah / air tanah		tabel 4 SNI
Beton yang terus menerus berhubungan dengan air		
a. Air tawar		Tabel 5 SNI
b. Air laut		

Sumber : tabel 3 SNI-T-15-1990-03:07

Jika didapat jumlah semen dari perhitungan poin a lebih besar dari jumlah semen minimum poin c, maka boleh dipilih salah satu sebagai nilai kebutuhan semen (dari poin a atau poin c)

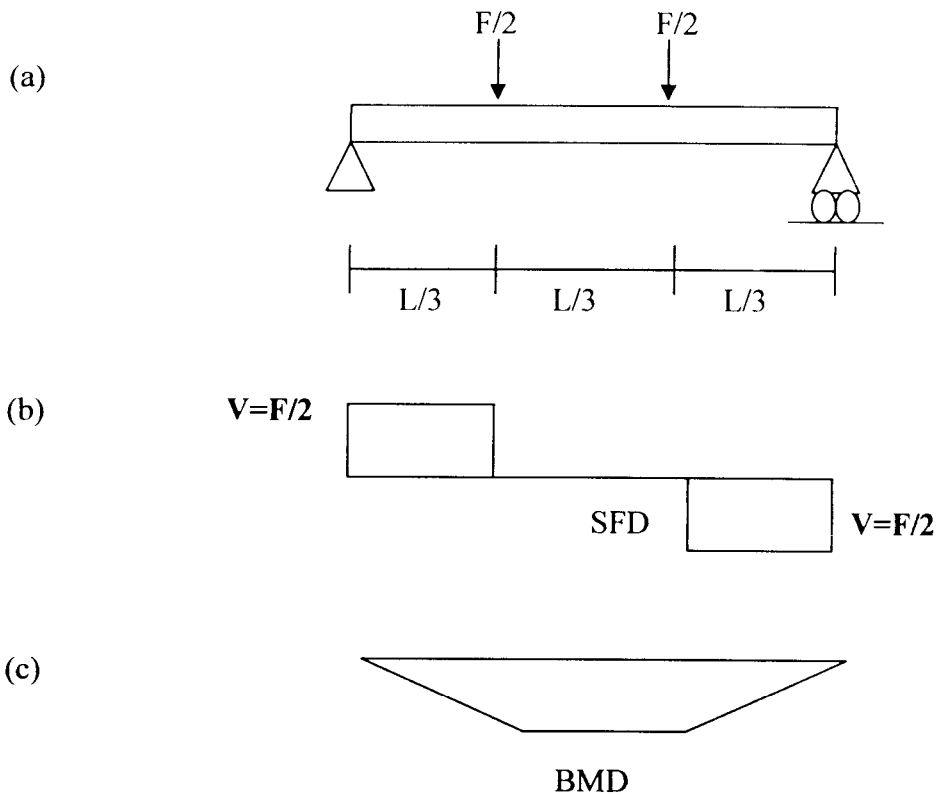
7. Menentukan golongan agregat halus yang dipakai

Golongan agregat halus yang digunakan didapat dari grafik Daerah Gradasi (lampiran 6).

8. Menentukan persentase agregat halus

Persentase agregat halus dalam campuran didapatkan dengan mengplotkan nilai FAS dan golongan agregat halus pada grafik (lampiran 9). Setelah didapatkan persentase agregat halus maka didapatkan pula persentase agregat kasar dari :

$$\% \text{ agregat kasar} = 100 - \% \text{ agregat halus} \dots\dots\dots 3.17$$



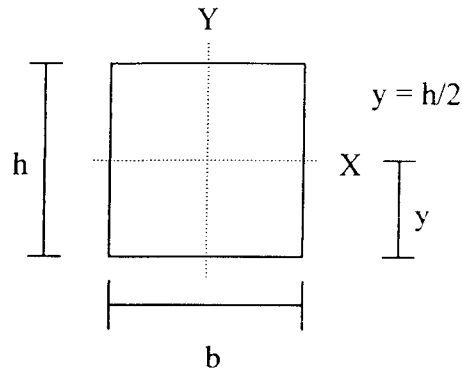
Gambar 3.5 Balok dengan pusat berada dalam keadaan lentur murni.
 a. balok dengan dua buah garis simetris
 b. diagram gaya lintang
 c. diagram momen

Daerah diantara beban-beban \$F/2\$ tidak memiliki gaya lintang, maka momen lentur yang terjadi besarnya :

$$M = \frac{F}{2} \frac{L}{3} \dots\dots\dots 3.22$$

Karena itu daerah pusat dari balok berada dalam keadaan lentur murni. Daerah-daerah yang panjangnya \$L/3\$ didekat ujung-ujung balok berada dalam keadaan lentur tidak merata dikarenakan momen (\$M\$) tidaklah konstan dan terdapat gaya-gaya lintang.

Tegangan lentur dalam balok berhubungan dengan momen lentur (M) dan momen inersia (I) dari tampang balok.



Gambar 3.6. Bentuk penampang balok

Dan nilai tegangan lentur dapat dinyatakan dalam rumus :

$$\sigma_{lt} = M.y/I \dots\dots\dots 3.23$$

dimana : $I = (1/12).b.h^3$

dengan substitusi persamaan dan kedalam persamaan didapat :

$$\sigma_{lt} = \frac{M(h/2)}{(1/12).b.h^3} \dots\dots\dots 3.24$$

$$\sigma_{lt} = \frac{M}{(1/6)b.h^2} \dots\dots\dots 3.25$$

- dengan :
- σ_{lt} = Kuat Lentur
 - F = beban (gaya)
 - L = jarak antar tumpuan
 - b = lebar tampang balok
 - h = tinggi tampang balok
 - Y = jarak antara titik berat tampang ke titik yang dituju



BAB IV

METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Umum

Dalam penelitian ini akan membandingkan kuat desak beton berserat bendrat dengan konsentrasi serat sebanyak 1% terhadap beton normal, dan membandingkan kuat lentur beton serat dengan variasi peletakan serat setinggi 0 h, 1/3 h, 1/2 h, 2/3 h dan penuh. 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.

4.2 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 tipe I merk Holcim 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 : Clereng
- b. Berat jenis “SSD” : 2,7473 (lampiran 1)
- c. Berat volume “SSD” : 1,363 t/m³ (lampiran 3)
- d. Modulus Halus Butir (MHB) : 2,791 (lampiran 5)

3. Agregat Kasar Batu Pecah

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

- a. Asal Kerikil : Clereng.
- b. Berat jenis “SSD” : 2,7248 (lampiran 2)
- c. Berat volume “SSD” : 1,2732 t/m³ (lampiran 4)
- d. Modulus Halus Butir (MHB) : 6,98 (lampiran 6)

4. Air

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

4.3 Peralatan Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

4.3.1 Alat Potong

Alat potong digunakan untuk memotong kawat bendrat sesuai ukuran yang telah ditentukan (60 mm).

4.3.2 Saringan / Ayakan

Saringan digunakan untuk memperoleh agregat kasar dan agregat halus sesuai dengan persyaratan yang telah ditentukan.

4.3.3 Timbangan

Timbangan dengan kapasitas 130 kg digunakan untuk menimbang bahan – bahan penyusun beton.

4.3.4 Cetok

Berfungsi sebagai pengaduk dan perata adukan beton

4.3.5 Talam baja

Talam baja digunakan untuk menampung campuran beton yang telah dicampur dalam *mixer*.

4.3.6 Gayung

Gayung berfungsi untuk untuk mengambil air.

4.3.7 Kaliper / Jangka sorong

Kaliper adalah alat ukur dimensi benda uji (diameter, lebar,tinggi), dengan ketelitian hingga 0,05 mm.

4.3.8 Mesin Pengaduk / *mixer*

Berfungsi untuk mengaduk campuran beton dengan volume tertentu.

4.3.9 Mesin Uji Tekan-Lentur

Universal Testing Machine merk "Shimadzu", tipe UMH 30, dengan kekuatan tarik dan tekan maksimal sebesar 20 ton. Mesin Uji ini digunakan untuk mengukur kuat lentur beton.

4.3.10 Mesin Uji Tekan

Mesin uji tekan digunakan untuk mengukur kuat tekan beton

4.4 Perencanaan Campuran Beton Dengan Metode SNI

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

a. Agregat Halus

1. Berat Jenis : 2,7473
2. Berat Volume : 1,363 t/m³
3. Modulus Halus Butir : 2,791

b. Agregat Kasar Batu Pecah

1. Berat Jenis : 2,7248
2. Berat Volume : 1,2732 t/m³
3. Modulus Halus Butir : 6,98

c. Berat Jenis Semen

Berat jenis semen : 3,15

Urutan perhitungan perencanaan campuran beton menurut SNI :

1. **Mutu beton rencana ($f'c$) = 25 MPa**
2. **Standar Deviasi (sd) = 7 MPa (ketetapan)**
3. **Nilai *slump***

Nilai *slump* rencana yang dipakai adalah 75 – 150 mm , beton yang akan digunakan untuk pelat, balok, kolom dan dinding.

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

Dari persamaan 3.14

$$\begin{aligned} f'_{cr} &= f_{cr} + (1,64 \times sd) \\ &= 25 + (1,64 \times 7) \\ &= 37 \text{ MPa} \end{aligned}$$

5. Menentukan Faktor Air Semen (FAS)

1. Berdasarkan jenis agregat kasar dan tipe semen, dari tabel 3.3 dengan FAS 0,5 diperoleh kuat tekan beton rencana 37 MPa
2. Berdasarkan nilai kuat tekan beton rencana 37 MPa, dari lampiran 8 diperoleh nilai FAS 0,52

Dari kedua nilai FAS tersebut diambil nilai FAS 0,5

6. Menentukan jumlah air yang dibutuhkan

Dengan ukuran agregat maksimum sebesar 20 mm dan berdasarkan nilai *slump* yang telah ditentukan (75 – 150 mm), dari tabel 3.5 maka dapat kita peroleh air yang dibutuhkan yaitu sebesar 225 ltr /m³

Menentukan kebutuhan semen (tiap 1 m³ beton) dari persamaan 3.16

$$\text{Berat semen} = \frac{\text{Berat Air}}{\text{FAS}} = \frac{225}{0,5} = 450 \text{ Kg}$$

7. Menentukan golongan agregat halus

Dari grafik pengujian MHB pada lampiran 6, dapat disimpulkan bahwa agregat halus yang dipakai masuk dalam golongan II.

8. Menentukan persentase agregat

Persentase agregat halus didapatkan dengan mengplotkan nilai FAS, golongan agregat halus, dan nilai Slump pada grafik persentase agregat halus (lampiran 9). Dari grafik didapatkan persentase agregat halus sebesar 45%, maka persentase agregat kasar dapat diperoleh dengan persamaan 3.17 :

$$\begin{aligned}\% \text{ agregat kasar} &= 100\% - \% \text{ agregat halus} \\ &= 100\% - 45\% \\ &= 55\%\end{aligned}$$

9. Menentukan berat jenis agregat campuran

Berat jenis agregat campuran diperoleh dengan persamaan 3.18 :

$$\begin{aligned}\text{BJ camp} &= (\text{BJ pasir} \times \% \text{ pasir}) + (\text{BJ kerikil} \times \% \text{ kerikil}) \\ &= (2,7473 \times 45\%) + (2,7248 \times 55\%) \\ &= 2,729\end{aligned}$$

10. Menentukan berat jenis beton

Berat jenis beton didapatkan dengan mengplotkan kadar air (225 ltr) dan berat jenis campuran (2,729) pada grafik hubungan BJ beton dan kadar air bebas (lampiran 10) diperoleh berat jenis beton rencana sebesar 2415 kg/m³

11. Menentukan berat agregat campuran (tiap 1m³ beton)

Berat agregat campuran dapat diperoleh dengan persamaan 3.19 :

$$\begin{aligned}\text{W agregat gab} &= \text{W beton} - \text{W semen} - \text{W air} \\ &= 2415 - 275 - 225 = 1740 \text{ kg}\end{aligned}$$

12. Kebutuhan material penyusun beton normal

Dari beberapa penentuan parameter diatas maka didapat beton 1 m³ mempunyai perbandingan Pc : Ps : Kr : Air adalah 1 : 1,74 : 2.13 : 0,5.

Maka 1 m³ beton mambutuhkan material :

- Semen = 450 Kg
- Pasir = 783 Kg
- Kerikil = 957 Kg
- Air = 225 Kg

13. 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 :

$$\text{Semen} = (0,005301 \times 1,2) \text{ m}^3 \times 450 \text{ kg / m}^3 = 2,86245 \text{ Kg}$$

$$\text{Pasir} = (0,005301 \times 1,2) \text{ m}^3 \times 783 \text{ kg / m}^3 = 4,980 \text{ Kg}$$

$$\text{Kerikil} = (0,005301 \times 1,2) \text{ m}^3 \times 957 \text{ kg / m}^3 = 6,0874 \text{ Kg}$$

$$\text{Air} = (0,005301 \times 1,2) \text{ m}^3 \times 225 \text{ kg / m}^3 = \underline{1,4312 \text{ Kg}}$$

$$\Sigma = 15,3616 \text{ Kg}$$

14. **Menentukan volume kawat bendrat yang dibutuhkan**

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

$$\begin{aligned} \text{Kawat bendrat} &= 0,01 \times 15,3616 \\ &= 0,1536 \text{ kg} \end{aligned}$$

15. **Untuk balok B 10 cm, H 10 cm, L 40 cm, maka volumenya :**

$$\begin{aligned} B \times H \times L &= 10 \times 10 \times 40 \\ &= 4000 \text{ cm}^3 = 0,004 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

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

$$\text{Semen} = (0,004 \times 1,2) \text{ m}^3 \times 450 \text{ kg / m}^3 = 2,16 \text{ Kg}$$

$$\text{Pasir} = (0,004 \times 1,2) \text{ m}^3 \times 783 \text{ kg / m}^3 = 3,75 \text{ Kg}$$

$$\text{Kerikil} = (0,004 \times 1,2) \text{ m}^3 \times 957 \text{ kg / m}^3 = 4,59 \text{ Kg}$$

$$\text{Air} = (0,004 \times 1,2) \text{ m}^3 \times 225 \text{ kg / m}^3 = 1,08 \text{ Kg}$$

$$\Sigma = 11,58 \text{ Kg}$$

16. **Menentukan volume kawat bendrat yang dibutuhkan**

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

$$\begin{aligned} \text{Kawat bendrat} &= 0,01 \times 11,58 \\ &= 0,1158 \text{ kg} \end{aligned}$$

4.5 Rekapitulasi benda uji

Tatacara penamaan benda uji seperti tercantum pada tabel berikut ini.

Tabel 4.1 Tabel Rekapitulasi benda uji silinder

Persentase kawat bendrat	Bentuk Benda Uji	Jumlah	Kode
0%	Silinder	3	SN
1%	Silinder	3	SS 1%

Tabel 4.2 Tabel Rekapitulasi benda uji balok

Pengisian Kawat Bendrat 1%	Bentuk Benda Uji	Jumlah	Kode
0	Balok	3	BN
1/3 H balok	Balok	3	BS 1/3
1/2 H balok	Balok	3	BS 1/2
2/3 H balok	Balok	3	BS 2/3
penuh	Balok	3	BS

4.6 Pembuatan dan Perawatan Benda Uji

Adapun langkah – langkah pembuatan benda uji adalah sebagai berikut :

- a. Agregat kasar (kerikil) dimasukkan terlebih dahulu ke dalam *mixer*.
- b. Agregat halus (pasir) dimasukkan ke dalam *mixer*, kemudian *mixer* dihidupkan.
- c. Setelah \pm 3 menit, *mixer* dimatikan, semen dimasukkan ke dalam *mixer*, kemudian *mixer* kembali dihidupkan.

- d. Setelah agregat kasar, agregat halus dan semen tercampur dengan baik, masukkan air sedikit demi sedikit
- e. Setelah semua bahan tercampur didalam *mixer*, masukkan serat kawat sedikit demi sedikit, hal ini dimaksudkan untuk menghindari penggumpalan / *balling effect*.
- f. Setelah semua bahan penyusun beton serat tercampur merata di dalam *mixer*, campuran beton dituang ke dalam talem baja, kemudian dilakukan pengujian *slump*.
- g. Jika nilai *slump* memenuhi nilai *slump* rencana, beton dimasukkan ke dalam cetakan dan didiamkan selama 24 jam. Namun jika nilai *slump* tidak memenuhi nilai *slump* rencana, maka perlu dilakukan penambahan air pada adukan beton tersebut hingga didapatkan nilai *slump* yang memenuhi perencanaan.
- h. Setelah 24 jam didiamkan di dalam cetakan, cetakan dilepas, kemudian beton dimasukkan ke dalam bak perendaman untuk direndam selama 28 hari.
- i. Setelah beton direndam selama 28 hari, beton dikeringkan selama 1 hari, kemudian di uji kekuatannya.

4.7 Pengujian Benda Uji

4.7.1 Pengujian Kuat Tekan Beton

Langkah – langkah yang ditempuh dalam pengujian kuat tekan beton adalah :

- a. Setelah direndam selama 28 hari, silinder beton ditimbang dan diukur dimensinya
- b. Silinder beton diletakkan pada alas pembabanan mesin uji kuat tekan beton
- c. Mesin uji tekan dihidupkan, pembebanan diberikan dari 0 KN hingga benda uji hancur, dan besar beban maksimal dicatat sesuai pembacaan

4.7.2 Pengujian Kuat Lentur Beton

- a. Setelah direndam selama 28 hari, silinder beton ditimbang dan diukur dimensinya.
- b. Silinder beton diletakkan pada alas pembebanan mesin uji kuat lentur beton yang sudah dipasangkan tumpuan pada kedua ujung balok beton.
- c. Mesin uji lentur dihidupkan, pembebanan diberikan dari 0 KN hingga benda uji patah, dan besar beban pada saat retak pertama dan pada saat patah dicatat.

4.8 **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

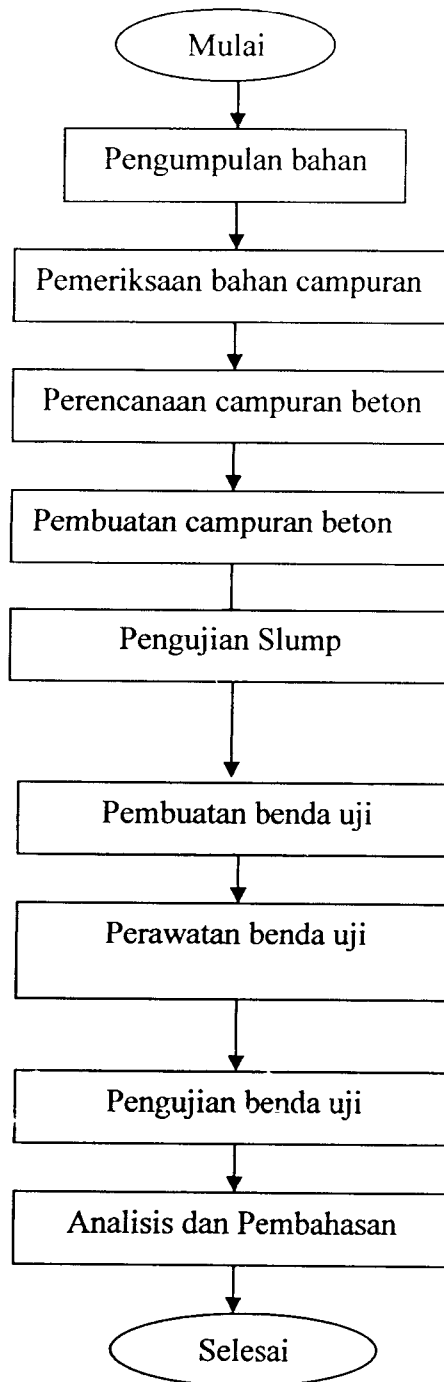
4. Tahap analisa dan pembahasan

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 disajikan dalam diagram *Flow Chart* seperti pada gambar 4.1



Gambar 4.1 Bagan Alir Prosedur Penelitian

BAB V

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1 Umum

Penelitian ini merupakan studi eksperimen yang dilaksanakan di laboratorium, dalam pelaksanaannya dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik FTSP Universitas Islam Indonesia.

Dalam pengerjaan beton segar, ada beberapa sifat yang perlu diperhatikan yaitu:

1. Kemudahan dalam pengerjaan (*workability*)
2. Segregasi
3. Naiknya air (*bleeding*)

Begitu pula dengan pengerjaan beton *fiber*, dimana selain ketiga aspek diatas, juga perlu diperhatikan beberapa hal antara lain :

1. Teknik pencampuran agar *fiber* dapat tersebar merata
2. Kelecekan adukan
3. *Mix design*

Dalam bab ini akan menyajikan permasalahan yang timbul dalam proses pembuatan benda uji, 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 :

1. Membandingkan kuat desak beton antara beton normal dan beton serat kawat 1%

2. Membandingkan kuat lentur beton serat kawat dengan variasi penambahan serat pada daerah tarik (0 h, 1/3 h, 1/2 h, 2/3 h, penuh)
3. Membandingkan tegangan dan regangan antara beton normal dengan beton serat kawat 1%

5.2 Jenis Beton

Penelitian yang dilakukan menggunakan benda uji beton berbentuk silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm dan balok dengan panjang 400 mm, lebar 100 mm, dan tinggi 100 mm, yang dibagi menjadi beberapa variasi sebagai berikut :

- a. Pengujian Kuat Desak beton
 - Beton normal (3 buah)
 - Beton serat kawat 1 % (3 buah)
- b. Pengujian Kuat Lentur beton
 - Tanpa penambahan serat pada daerah tarik (3 buah)
 - Penambahan serat kawat pada daerah tarik setinggi 1/3 h (3 buah)
 - Penambahan serat kawat pada daerah tarik setinggi 1/2 h (3 buah)
 - Penambahan serat kawat pada daerah tarik setinggi 2/3 h (3 buah)
 - Penambahan serat kawat pada seluruh penampang (3 buah)

5.3 Hasil Penelitian dan Pembahasan

5.3.1 Slump dan Workability

Dalam penelitian ini, nilai *slump* yang direncanakan berkisar antara 7,5 – 15 cm. Penggunaan batasan nilai *slump* antara 7,5 – 15 cm. Nilai *slump* yang direncanakan berdasarkan penggunaan jenis elemen yaitu untuk pelat, balok, kolom dan dinding.

Dengan kisaran rentang nilai *slump* yang cukup besar, diharapkan beton mudah dikerjakan. Nilai *slump* yang rendah akan mengakibatkan menurunnya tingkat *workability*. Dari hasil pengujian nilai *slump* pada penelitian ini sudah memenuhi nilai *slump* yang direncanakan.

Penambahan serat kawat pada adukan beton akan menurunkan nilai *slump*. Seiring dengan menurunnya nilai *slump*, maka tingkat *workability* juga akan menurun. Dengan kata lain, bertambahnya fraksi serat kawat yang dicampurkan dalam adukan, akan menurunkan *workability* beton, yang berarti beton menjadi sulit untuk dikerjakan.

Untuk menaikkan nilai *slump*, dapat ditempuh beberapa cara. Salah satunya dengan menambahkan bahan tambah *superplasticizer*. Namun ada pula cara lain yang lebih ekonomis, yaitu dengan menambahkan air dengan konsentrasi tertentu dengan mengacu kepada *mix design*. Penambahan air diharapkan dapat meningkatkan *workability* beton, sehingga pengerjaan beton yang meliputi proses pengadukan, penuangan dan pemadatan dapat dilakukan dengan mudah.

Tabel 5.1 Data Pengujian *Slump*

Jenis Benda Uji	<i>Slump</i> (cm)
SN	12,5
SS 1%	10
BN	10
BS 1/3	11
BS 1/2	11
BS 2/3	11
BS	9

Nilai *slump* yang dicapai pada setiap benda uji sudah memenuhi nilai *slump* rencana, meskipun terjadi penurunan pada benda uji beton serat. Penambahan serat kawat pada campuran beton menyebabkan menurunnya nilai *slump*. Dari tabel diatas terlihat terjadi penurunan nilai *slump* pada beton serat terhadap nilai *slump* pada beton normal. Penurunan nilai *slump* terlihat pada benda uji silinder, yaitu pada benda uji beton normal dan benda uji beton serat kawat. Sedangkan pada benda uji balok nilai *slump* relatif hampir sama, hal ini dikarenakan volume fraksi serat yang sama pada setiap variasi.

Penurunan nilai *slump* disebabkan karena sifat adhesif serat kawat bendrat akan mengikat semen yang dapat menyebabkan penggumpalan (*balling effect*). Akibatnya, semen tidak dapat berfungsi secara optimal sebagai pengikat agregat pada adukan beton. Akibat terjadinya *balling effect* adalah komposisi bahan penyusun beton sulit untuk saling ber-*interlocking*. Untuk itu, diperlukan bahan tambah (air / *super plasticizer*) yang diharapkan dapat membantu fiber ber-*interlocking* terhadap bahan penyusun beton lainnya, dalam hal ini terutama dengan semen. Bila dilihat dari proses pengadukan selama proses penelitian, tidak terjadi *balling effect* yang cukup berarti, sehingga tingkat *workability* beton cukup baik.

5.3.2 Kuat Desak Beton

Pengujian kuat tekan dilakukan dengan mesin uji tekan. Hasil kuat tekan beton pada penelitian ini sudah memenuhi kuat tekan yang direncanakan sebesar 25 MPa . Hasil pengujian kuat desak beton dapat dilihat pada tabel 5.2 dan tabel 5.3.

Tabel 5.2 hasil pengujian desak beton normal

Kode Benda Uji	Luas Tampang (cm ²)	Beban Max (KN)	$f'c$ (MPa)
SN 1	177,8045	494,6	27,8170
SN 2	176,0367	598,4	33,9929
SN 3	178,0408	630,5	35,4132
SS 1% 1	175,5668	551,5	31,4125
SS 1% 2	178,7509	678,0	37,9298
SS 1% 3	177,8045	561,9	31,6021

Tabel 5.3 persentase peningkatan kuat desak beton

Jenis Beton	Kode	$f'c$ rata-rata (MPa)	Peningkatan Kuat Desak (%)
Beton Silinder Normal	SN	32,4077	0
Beton Silinder Serat 1 %	SS 1%	33,6480	3,87

Contoh perhitungan untuk mencari kuat tekan benda uji beton silinder seperti yang tersaji pada tabel 5.3 adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} P &= 494,6 \text{ KN} \\ &= 494,6 \times 10^3 \text{ N} \\ A &= 177,8045 \text{ cm}^2 \\ &= 17780,45 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f'c &= \frac{P}{A} \\ &= \frac{494600}{17780,45} \\ &= 27,817 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Demikian seterusnya sehingga didapatkan data kuat tekan beton pada setiap benda uji silinder, selanjutnya dirata-rata untuk mendapatkan nilai kuat tekan betonnya. Perhitungan di atas kemudian diulang untuk setiap variabel benda uji.

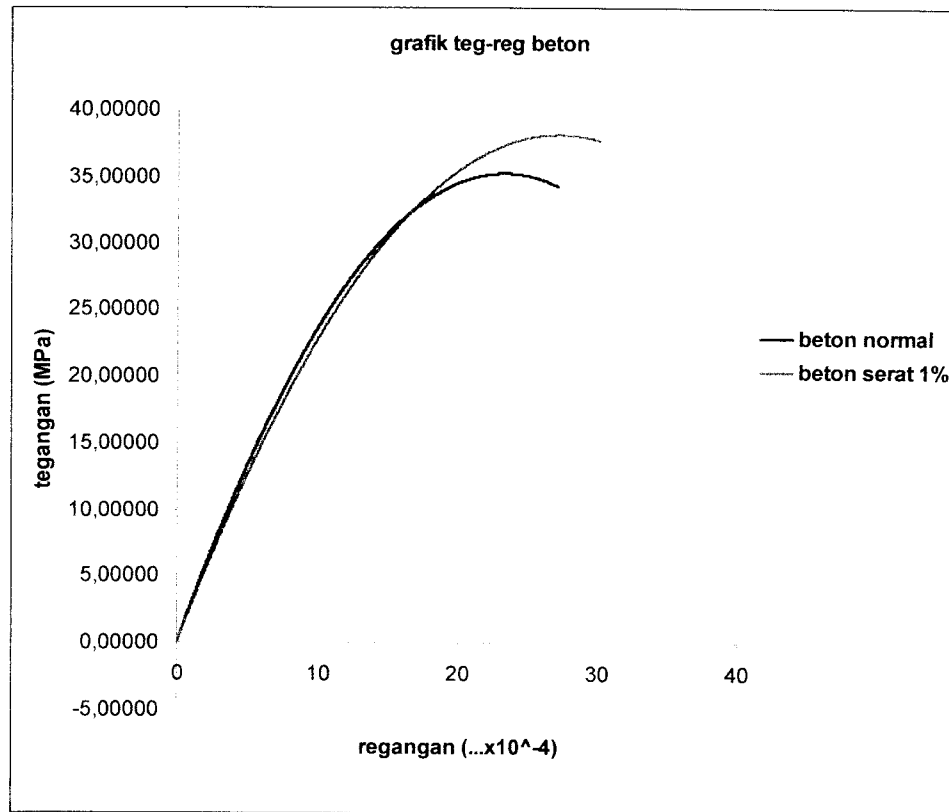
Dari tabel 5.2 dan 5.3, penambahan serat ke dalam adukan beton meningkatkan kuat tekan, meskipun relatif kecil. Peningkatan kuat tekan beton serat terhadap kuat tekan beton normal sebesar 3,83 %. Peningkatan kuat tekan disebabkan oleh adanya serat dalam adukan beton yang menyebabkan beton seolah – olah terkekang, sehingga tegangan akibat pembebanan yang dapat ditahan beton menjadi lebih besar. Adanya serat dalam adukan beton juga akan membatasi retak secara berlebihan sehingga keruntuhan yang terjadi akan berlangsung lebih lambat karena tertahan oleh kuat lekatan serat kawat terhadap beton (*bond strength*).

Sebagai dasar, penelitian sebelumnya telah membuktikan bahwa terjadi peningkatan kekuatan tekan pada beton dengan penambahan serat kawat. Dari hasil yang diperoleh pada pengujian tekan dapat ditarik kesimpulan bahwa penambahan serat pada adukan beton normal akan meningkatkan kuat tekan beton.

5.3.3 Tegangan – Regangan Tekan beton

Hasil pengujian tegangan-regangan (lampiran 11 dan 12) menunjukkan bahwa tegangan dan regangan yang masih mampu dipertahankan oleh beton serat setelah mencapai beban maksimum masih lebih besar daripada beton normal. Seperti yang terlihat pada gambar 5.1, penambahan serat pada adukan beton normal memberi pengaruh terhadap kuat tekan beton serat. Dengan demikian, beton serat bersifat lebih *ductile* dibandingkan dengan beton normal. Sedangkan luasan di bawah kurva tegangan – regangan menunjukkan besarnya energi yang dapat diserap selama proses pembebanan. Semakin besar luasan kurva, semakin besar pula energi yang mampu

diserap oleh beton, hal ini menunjukkan bahwa semakin *ductile* pula beton tersebut, sekaligus terjadi penambahan daktilitas beton tersebut.



Gambar 5.1 Kurva Tegangan – Regangan Beton

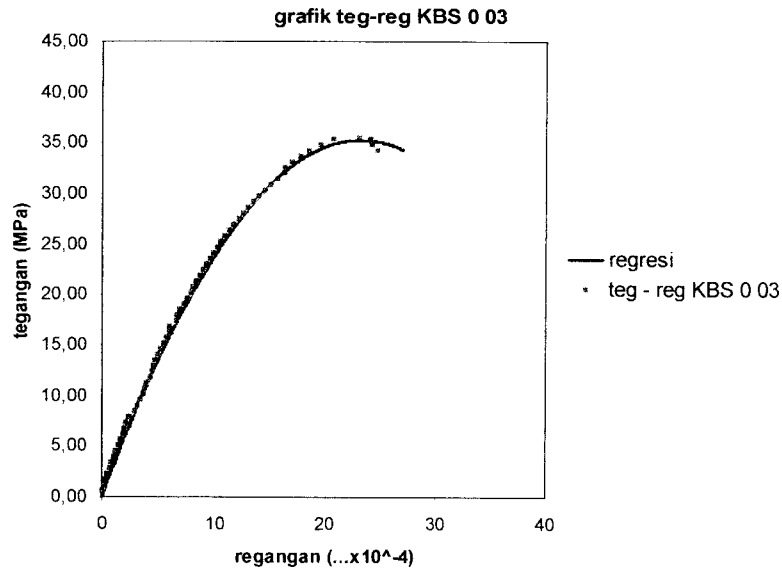
Jadi, dapat disimpulkan bahwa penambahan serat pada adukan beton normal akan meningkatkan kuat tekan dan daktilitas beton. Namun, perlu diingat bahwa semakin besar penambahan volume serat ke dalam adukan beton normal akan menurunkan *workability* dan mempersulit *fiber dispersion*. Namun kekuatan tekan dan daktilitas pada beton serat ini tidak banyak dipengaruhi oleh kuat tarik serat kawat, karena *pull-out resistance* serat hanya mengandalkan lekatan antara serat dengan beton.

5.3.4 Modulus Elastisitas

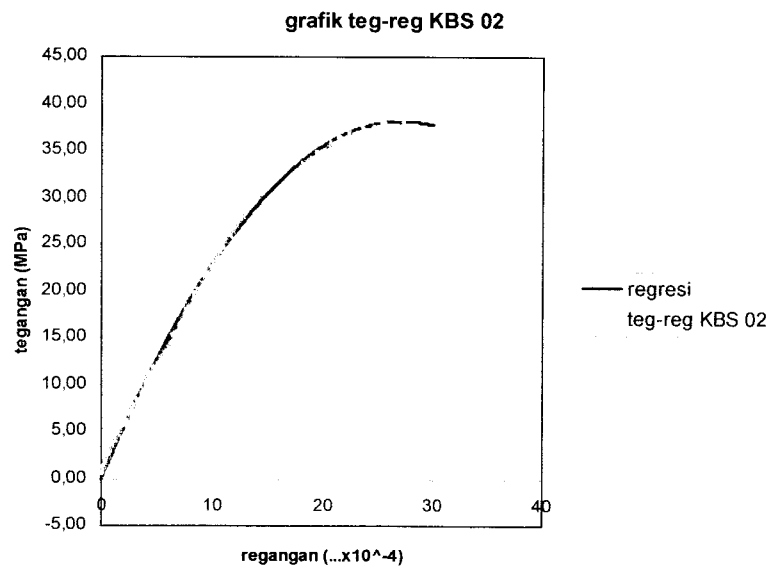
Modulus elastisitas dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu karakteristik agregat, umur beton, kondisi perawatan beton dan metode pengukuran nilai modulus.. Modulus elastisitas beton akan meningkat dengan bertambahnya waktu. Peningkatan modulus elastisitas tergantung pada kelangsungan proses hidrasi semen, 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 (Wang dan Salmon,1993). Modulus elastisitas sangat bergantung pada kekuatan maksimum beton tersebut. Semakin tinggi kekuatan maksimumnya semakin tinggi pula modulus elastisitasnya.

Modulus Elastisitas merupakan sifat beton yang berkaitan dengan mudah atau tidaknya beton mengalami deformasi. Modulus elastisitas adalah perbandingan antar nilai tegangan pada 0,4 tekan uji terhadap nilai regangan yang dihasilkan dari tegangan. Lebih lanjut Nawy (1990) menyatakan bahwa modulus elastisitas adalah kemiringan suatu garis lurus yang menghubungkan titik pusat dengan suatu harga tegangan (sekitar $0,4 f'c$). Modulus Elastisitas ini memenuhi asumsi praktis bahwa regangan yang terjadi selama pembebanan pada dasarnya dapat dianggap elatis. Dari Modulus Elastisitas dapat diketahui seberapa besar kekakuan beton tersebut.

Grafik hubungan tegangan-regangan benda uji beton normal dan beton serat tersaji pada gambar 5.2 dan 5.3.



Gambar 5.2 Kurva Tegangan-Regangan Beton KBS 0 03



Gambar 5.3 Kurva Tegangan-Regangan Beton KBS 02

Proses perhitungan Modulus Elatisitas Beton sebagai berikut:

$$E_c = \sigma / \varepsilon \dots\dots\dots 5.1$$

- dimana: E_c = Modulus Elastsitas Uji
 σ = tegangan pada 0,4 kuat tekan uji
 ε = regangan yang dihasilkan dari tegangan (σ)

Sedangkan Modulus Elastisitas Teoritis digunakan rumus sebagai berikut :

$$Ec' = 0.043 \cdot Wc^{1.5} \cdot \sqrt{f'c} \dots\dots\dots 5.2$$

dimana: E_c = Modulus Elastisitas teoritis
 W_c = Berat volume Benda Uji (gr/cm^3)
 $f'c$ = Kuat desak beton uji.

Tabel 5.4 Modulus Elastisitas Beton

Benda Uji	σ maks (MPa)	0.4 σ max (MPa)	ϵ (10-4) (interpol)	Modulus Elastisitas (MPa)	
				Uji	Teoritis
SN 3	35,413	14,16529	5,248704	26988,168	27969,23598
SS 1% 2	37,930	15,17196	6,0654803	25013,609	28946,00526

Secara teoritis, penambahan serat ke dalam adukan beton akan meningkatkan kekakuan beton, yaitu ketahanan terhadap perubahan bentuk. Tetapi dari hasil pengujian diperoleh modulus elastisitas beton serat lebih kecil yaitu 25013,609 MPa jika dibandingkan dengan modulus elastisitas beton normal 26988,168 MPa.

Hal penting yang perlu diperhatikan dalam pengujian tegangan-regangan adalah kondisi permukaan penampang benda uji. Permukaan yang cukup rata akan menghasilkan nilai modulus elastisitas yang cukup baik, karena distribusi beban akan tersebar merata ke seluruh permukaan tampang benda uji.

5.3.5 Kuat Lentur Beton

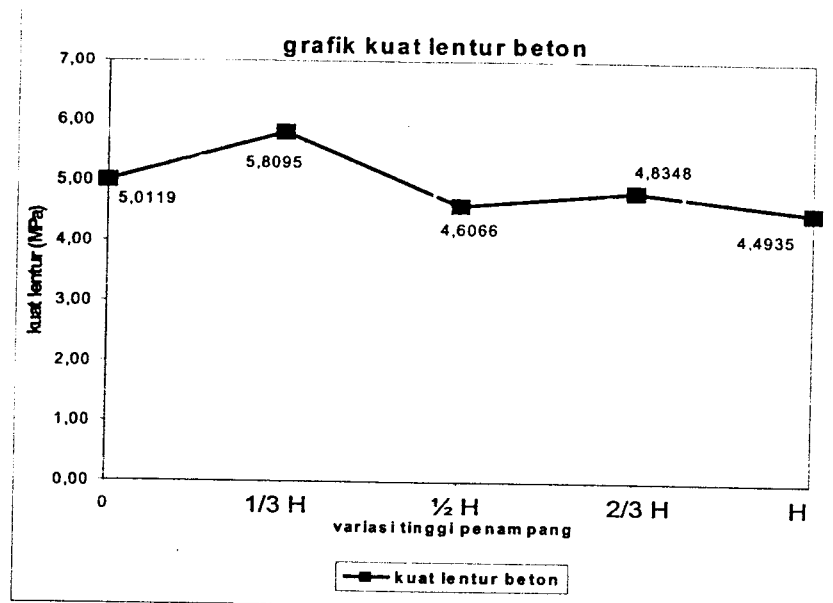
Benda uji yang digunakan untuk pengujian kuat lentur berbentuk balok dengan dimensi 10 x 10 x 40 cm. Pengujian kuat lentur dilakukan dengan memberikan beban secara vertikal di atas bentang balok. Beban diberikan pada dua titik di tengah bentang balok dengan jarak antar titik 10 cm. Pada balok digunakan dua tumpuan dengan jarak 5 cm dari ujung balok. Dengan pembebanan dua titik, diharapkan akan terjadi lentur

murni, yaitu momen maksimum terjadi di tengah bentang pada daerah $1/3 L$. Volume serat pada dalam adukan beton sangat berpengaruh pada kuat tarik beton. Pada saat terjadi retak pertama, beban akan ditransfer dari beton ke serat. Sedangkan beban maksimum yang diterima serat berdasarkan lekatan antara serat dengan beton.

Tabel 5.5 Kuat Lentur Beton serat 1%

Benda Uji	Pengisian Serat	Kuat lentur (MPa)
BN	0 h	5,0119
BS 1/3	1/2 h	5,8095
BS 1/2	1/2 h	4,6066
BS 2/3	2/3 h	4,8348
BS	penuh	4,4935

Dari hasil pengujian lentur, terlihat bahwa kuat lentur terbesar pada beton BS $1/3$ yaitu 5,8095 MPa. Kuat lentur pada BS $1/3$ mengalami peningkatan sebesar 15,9% terhadap kuat lentur beton normal. Sedangkan kuat lentur balok BS $1/2$, $2/3$ dan 1 h, lebih kecil daripada BS $1/3$.

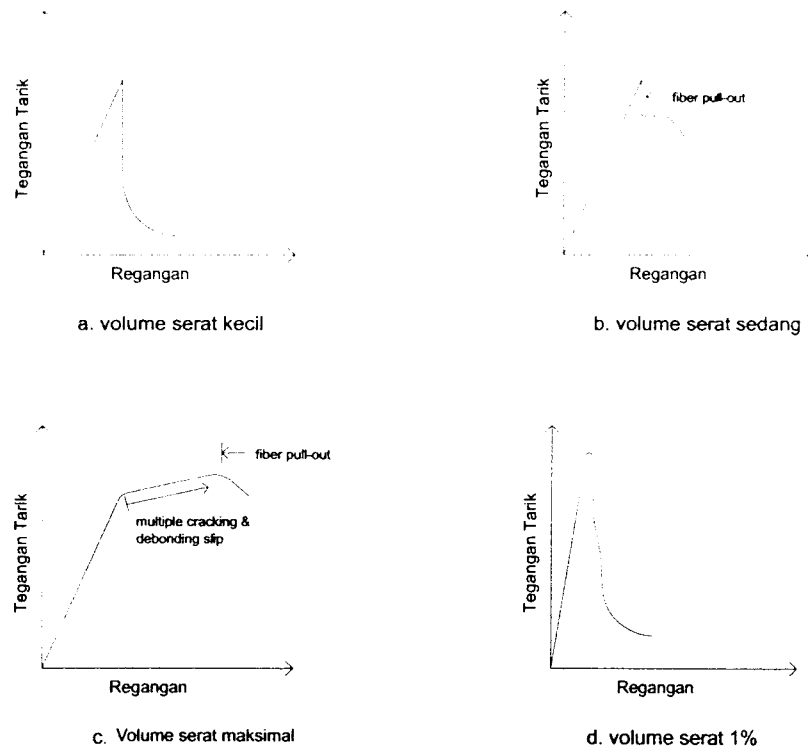


Gambar 5.4 hasil pengujian kuat lentur beton serat 1 %

Terjadinya penurunan kuat lentur pada beton BS 1/2, BS 2/3 dan BS dimungkinkan karena proses pelaksanaan pembuatan benda uji yang kurang maksimal. Beberapa kemungkinan dalam pelaksanaan pembuatan benda uji yang menyebabkan menurunnya kuat lentur benda uji antara lain :

1. Nilai *slump* beton serat lebih kecil daripada beton normal
2. *Fiber dispersion* yang tidak merata pada adukan beton
3. *Human error*, terjadi ketidakteelitian dalam pembuatan benda uji
4. Bahan tambah yang digunakan (serat), panjang serat yang digunakan dalam penelitian (60 mm) memiliki kuat lekatan serat terhadap beton relatif kecil. Hal ini dapat terlihat pada balok yang telah patah setelah dilakukan pengujian. Pada pemeriksaan penampang balok yang patah, didapati bahwa kebanyakan serat kawat tercabut ketika balok mengalami patah.

Pada penelitian ini diperoleh hasil bahwa beban maksimal yang terjadi telah menyebabkan keretakan (lampiran 12). Setelah terjadi keretakan, beton serat dengan konsentrasi serat 1% masih mampu menahan beban lentur karena adanya kuat lekat serat terhadap beton. Meskipun beton serat belum mengalami patah, beban lentur yang mampu ditahan semakin menurun. Hal ini dikarenakan beban lentur yang di transfer oleh beton ke serat sudah tidak mampu lagi ditahan oleh lekatan serat kawat terhadap beton. Berikut gambar grafik pengaruh konsentrasi serat terhadap kuat tarik beton.



Gambar 5.5 Pengaruh konsentrasi serat terhadap kuat tarik beton

Dengan kuat lentur beton serat BS 1/3 yang cukup besar, bisa kita asumsikan balok tersebut sebagai balok beton bertulang. Seperti penjelasan pada bab III, perlu dibuktikan apakah dengan penambahan serat pada bagian tarik setinggi $1/3 h$ dapat meningkatkan kapasitas tarik beton menjadi lebih besar. Untuk itu, perlu dicari nilai TS beton serat BS 1/3. Sedangkan sebagai pembandingan dicari pula nilai TS beton normal.

Dari perhitungan kapasitas tarik pada lampiran 13 diperoleh gaya tarik (TS) pada beton serat BS 1/3 sebesar 14215,77 N. Sedangkan gaya tarik pada beton normal sebesar 12584,25 N. Hal ini menunjukkan terjadinya peningkatan gaya tarik pada beton serat terhadap gaya tarik beton normal.

Pada pengujian lentur ini didapatkan kesimpulan bahwa volume serat yang relatif kecil (1%) menyebabkan beban lentur yang mampu ditahan oleh balok setelah terjadi keretakan lebih kecil daripada beban yang menyebabkan keretakan, meskipun tidak terjadi patah secara tiba-tiba. Kuat lekat serat kawat terhadap beton yang relatif kecil dapat terlihat dari kondisi serat yang dominan tercabut setelah balok patah.

Maka dapat pula disimpulkan bahwa lekatan serat kawat dengan panjang serat 60 mm relatif kecil, untuk itu diperlukan penambahan panjang serat, agar kuat lekatan serat kawat pada beton meningkat. Kuat lentur beton serat BS 1/3 yang cukup besar berpengaruh terhadap kapasitas tariknya. Penambahan serat setinggi $\frac{1}{3} h$ pada bagian tarik balok dapat meningkatkan kapasitas tarik beton. Sehingga kapasitas tarik beton serat BS 1/3 lebih besar daripada kapasitas tarik beton normal.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan pada bab sebelumnya, maka dapat ditarik kesimpulan akhir untuk menjawab rumusan masalah dan tujuan dari penelitian ini, yaitu sebagai berikut.

1. Penambahan serat kawat memberikan pengaruh pada nilai *slump* dan *workability*. Bahan tambah serat menyebabkan sifat *workability* beton menjadi menurun.
2. Penambahan serat dengan persentase tertentu pada beton normal dapat menghasilkan kuat tekan yang lebih tinggi dibandingkan dengan kuat tekan beton normal.
3. Benda Uji silinder Beton dengan bahan tambah serat kawat 1% (SS 1%) mengalami peningkatan kuat tekan sebesar 3,8 % dibandingkan beton normal (SN)
4. Kuat lentur tertinggi dihasilkan oleh beton BS 1/3 dengan penambahan serat setinggi 1/3 h (pada daerah tarik), dengan nilai kuat lentur sebesar 5,8 MPa
5. Kuat lentur beton serat BS 1/3 yang cukup tinggi, berpengaruh terhadap kapasitas tariknya. Kapasitas tarik beton serat BS 1/3 lebih besar daripada kapasitas tarik beton normal.

6. Volume serat kawat yang digunakan belum maksimal, sehingga beban lentur yang masih bisa ditahan beton setelah terjadi keretakan lebih kecil daripada beban yang menyebabkan keretakan. Untuk itu volume serat perlu ditambah.
7. Kuat lekat serat kawat terhadap beton relatif kecil, hal ini terlihat dari kondisi serat yang dominan tercabut setelah mengalami patah. Untuk itu diperlukan serat yang lebih panjang.

6.2 Saran

1. Pemeriksaan terhadap bahan – bahan penelitian harus lebih diperketat.
2. Perlu adanya ketelitian yang lebih baik pada saat pembuatan benda uji. Hal-hal yang harus diperhatikan adalah pada saat pencampuran, agar tidak terjadi penggumpalan serat kawat dengan bahan penyusun beton yang lain, karena dapat menyebabkan beton sulit untuk dikerjakan.
3. Bahan tambah serat dengan volume 1 % dan panjang 60 mm belum mampu menghasilkan beton dengan kuat tekan dan kuat lentur yang optimum. Maka, perlu adanya penelitian kembali dengan volume dan panjang serat kawat yang lebih besar.
4. Perlu adanya penelitian lebih lanjut yang difokuskan pada daerah tarik beton dengan variasi yang lebih beragam, agar didapatkan ketinggian penambahan serat yang efektif, sehingga diperoleh peningkatan nilai kapasitas tarik yang optimum.

DAFTAR PUSTAKA

A Kadir Aboe, Ir, MS, 2004, **PENGARUH KAWAT BENDRAT LURUS TERHADAP KUAT TARIK, KUAT LENTUR DAN KUAT TEKAN BETON SERAT**, Jurnal Teknisia Volume IX No.2 Agustus 2004, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta

Dipohusodo, Istimawan, 1994, **STRUKTUR BETON BERTULANG**, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.

Departemen Pekerjaan Umum, 1971, **PBI PERATURAN BETON BERTULANG INDONESIA 1971 NI-2**, Bandung.

Gideon Hadi Kusuma, 1993, **PEDOMAN Pengerjaan Beton Berdasar SK SNI T-15-1991-03**, Erlangga, Jakarta.

Kardiyono Tjokrodimoeljo, 1992, **TEKNOLOGI BETON**, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

Mulyono, Tri, Ir, MT, 2004, **TEKNOLOGI BETON**, Andi Offset, Yogyakarta.

Munadhir, 2006, **METODOLOGI PENELITIAN**, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, Jogjakarta

Nawy, Edward G, 1990, **BETON BERTULANG SUATU PENDEKATAN DASAR**, PT. Eresco, Bandung

Rina Kurniawati dan Winarni, 2001, **PERILAKU LEKATAN TULANGAN PADA BETON SERAT BENDRAT**, Tugas Akhir S-1 Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, UII, Yogyakarta

Segel, R, 1993, **PEDOMAN Pengerjaan Beton**, Erlangga, Jakarta

Sudarmoko, 1993, **PENGARUH PANJANG SERAT PADA SIFAT STRUKTURAL BETON SERAT**, Media Teknik No. I Tashun XV April 1993

Suhendro, B, 1990, **PENGARUH FIBER KAWAT LOKAL PADA SIFAT-SIFAT BETON**, Laporan Penelitian, Lembaga Penelitian UGM

Suhendro, B, 1991, **PENGARUH FIBER PENUH DAN PARSIAL PADA PERILAKU DAN KAPASITAS LENTUR BALOK BETON BERTULANG**, Laporan Penelitian, Lembaga Penelitian UGM

Suhendro, B, 2000, **TEORI MODEL STRUKTUR DAN TEKNIK EKSPERIMENTAL**, Beta Offset, Yogyakarta

Suparjo, 1998, **PERILAKU LEKATAN TULANGAN DEFORM PADA BETON SERAT**, Tesis S2, UGM, Yogyakarta

Tisara Sita, 2007, **PEMANFAATAN LIMBAH SISA BANGUNAN AKIBAT GEMPA SEBAGAI PENGGANTI PASIR PADA BAHAN PEREKAT PASANGAN**, Tugas Akhir S-1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, UII, Yogyakarta.

_____, 2005, **PEDOMAN TUGAS AKHIR DAN PRAKTEK KERJA**, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta

_____, 2002, **SK SNI 03 – 2847 – 2002, TATA CARA PERENCANAAN STRUKTUR BETON UNTUK BANGUNAN GEDUNG**, Yayasan Penyelidikan Masalah Bangunan, Bandung.

_____, 1990, **SK SNI.T-15-1990-03, TATA CARA PERENCANAAN STRUKTUR BETON UNTUK BANGUNAN GEDUNG**, Yayasan Penyelidikan Masalah Bangunan, Bandung.

_____, 1989, **SK-SNI No S-04-1989-F, TATA CARA PERENCANAAN STRUKTUR BETON UNTUK BANGUNAN GEDUNG**, Yayasan Penyelidikan Masalah Bangunan, Bandung.



Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Islam Indonesia
Jln. Kaliurang km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274) 895042, 895707

HASIL PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN KADAR AIR PASIR

URAIAN	JUMLAH
Berat pasir kering mutlak (Bk), gram	476
Berat pasir jenuh kering muka (SSD), gram	500
Berat Piknometer berisi air dan pasir (Bt), gram	968
Berat Piknometer berisi air (B), gram	650
Berat Jenis curah, gram/cm^31 $Bk / (B + 500 - Bt)$	2,6153
Berat Jenis Jenuh kering Muka, gram/cm^32 $500 / (B + 500 - Bt)$	2,7473
Berat Jenis Semu3 $Bk / (B + Bk - Bt)$	3,0126
Penyerapan Air4 $((500 - Bk) / Bk) \times 100\%$	5,042



Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Islam Indonesia
Jln. Kaliurang km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274) 895042, 895707

HASIL PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN KADAR AIR KERIKIL

URAIAN	JUMLAH
Berat kerikil kering mutlak (Bk), gram	4886
Berat kerikil jenuh kering muka (SSD), gram	5000
Berat Kerikil dalam Air (Ba), gram	3165
Berat Jenis curah, gram/cm ³1 Bk / (Bj - Ba)	2,6626
Berat Jenis Jenuh kering Muka, gram/cm ³2 Bj / (Bj - Ba)	2,7248
Berat Jenis Semu3 Bk / (B - Ba)	2,8390
Penyerapan Air4 ((Bj - Bk) / Bk)x 100%	2,3332



Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Islam Indonesia
Jln. Kaliurang km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274) 895042, 895707

HASIL PEMERIKSAAN BUTIRAN YANG LEWAT AYAKAN NO 200

Ukuran Butir Maksimum	Berat Minimum	Keterangan
Sampai 4,80 mm	500 gram	Pasir
9,60 mm	1000 gram	Kerikil
19,20 mm	1500 gram	Kerikil
38,00 mm	2500 gram	Kerikil

Uraian	Jumlah
Berat Agregat Kering Oven (W1), gram	500
Berat Agregat kering oven setelah dicuci (W2), gram	479
Berat yang lewat ayakan no 200, persen $((W1 - W2)/w1) \times 100\%$	4,2



Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Islam Indonesia
Jln. Kaliurang km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274) 895042, 895707

HASIL PENGUJIAN BERAT VOLUME PASIR

Uraian	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3
Berat Tabung (W1), gram	6000	7300	6650
Berat Tabung + Agregat Kering tungku (W2), gram	13200	14550	13875
Berat Agregat Bersih (W3), gram	7200	7250	7225
Volume Tabung (V)	5301,4376	5301,4376	5301,4376
Berat isi gembur = $W3 / V$, gram / cm ³	1,350	1,367	1,363



Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Islam Indonesia
Jln. Kaliurang km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274) 895042, 895707

HASIL PENGUJIAN BERAT VOLUME KERIKIL

Uraian	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3
Berat Tabung (W1), gram	6000	7300	6650
Berat Tabung + Agregat Kering tungku (W2), gram	12800	14000	13400
Berat Agregat Bersih (W3), gram	6800	6700	6750
Volume Tabung (V)	5301,4376	5301,4376	5301,4376
Berat isi gembur = $W3 / V$, gram / cm ³	1,2826	1,2838	1,2732



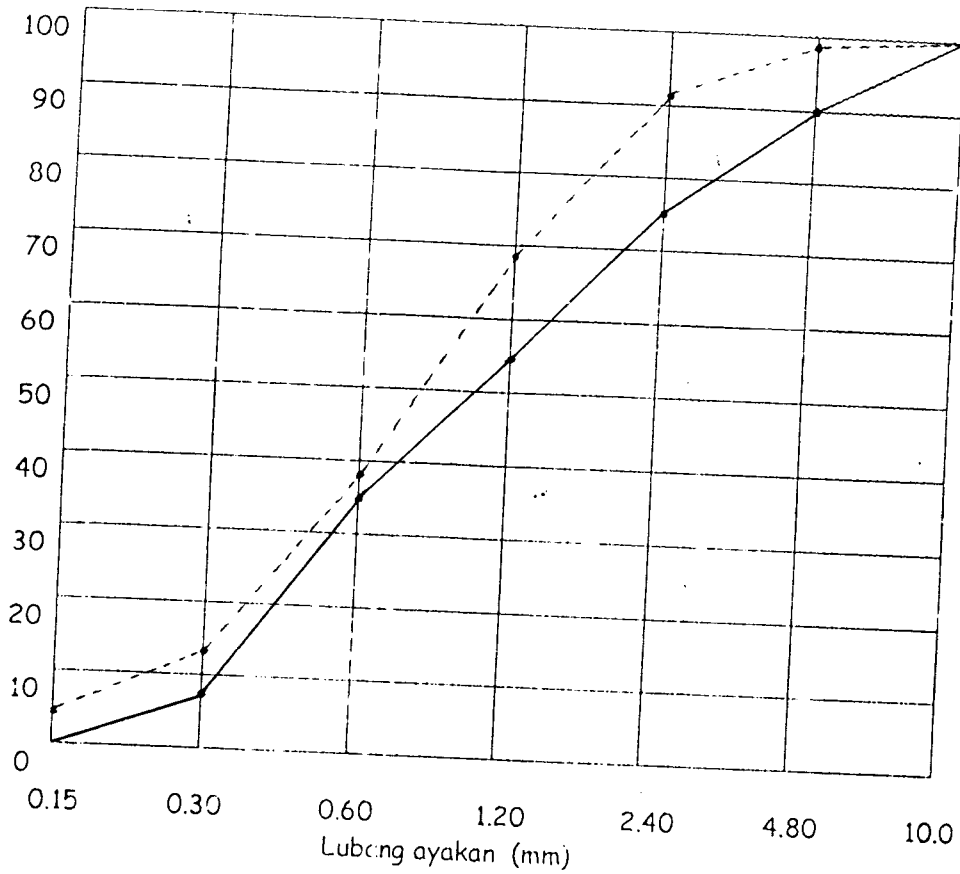
HASIL PENGUJIAN MODULUS HALUS BUTIR AGREGAT HALUS

Lubang Ayakan	Berat tertinggal (gram)	Berat tertinggal (%)	Berat tertinggal komulatif (%)	Persen Lolos Komulatif (%)
40.00				
20.00				
10.00				
4,80	4	0,202	0,202	99,798
2,40	117	5,927	6,129	93,871
1,20	487	24,671	3,800	69,280
0,60	593	30,041	60,841	39,159
0,30	495	25,076	85,917	14,083
0,15	185	9,372	95,289	4,711
Sisa	93	4,711	-	0
Jumlah	1974	100	279,178	-

$$\begin{aligned}\text{Modulus Halus Butir} &= 279,178 / 100 \\ &= 2,791\end{aligned}$$

Hasil analisa ayakan masuk daerah : (.....) Jenis pasir :

GAMBAR ANALISA SARINGAN AGREGAT HALUS



Di syahkan

Yogyakarta, 4/ APRIL 07

Dikerjakan oleh :

PRIMA RM



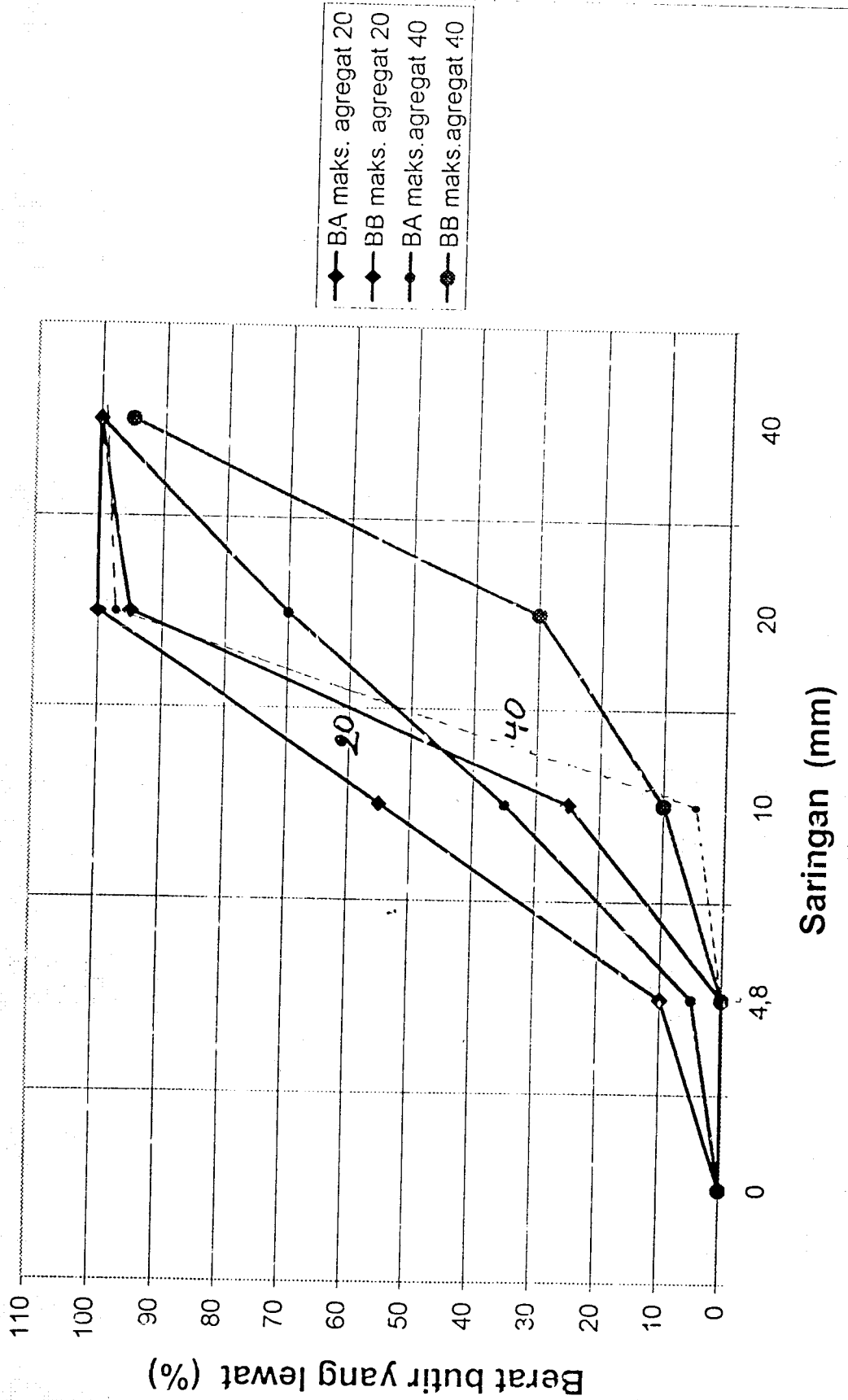
Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Islam Indonesia
Jln. Kaliurang km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274) 895042, 895707

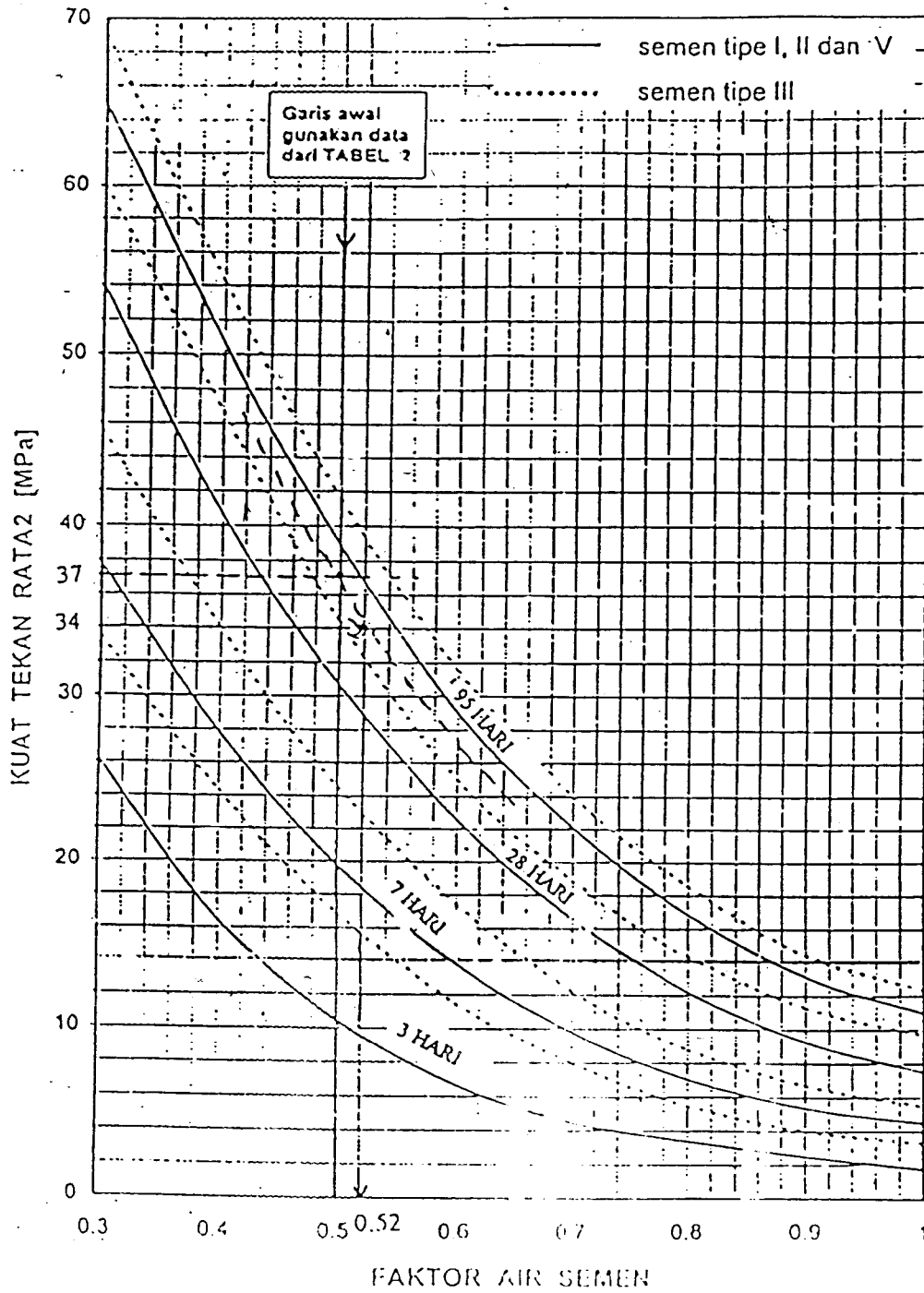
HASIL PENGUJIAN MODULUS HALUS BUTIR AGREGAT KASAR

Lubang Ayakan	Berat tertinggal (gram)	Berat tertinggal (%)	Berat tertinggal komulatif (%)	Persen Lolos Komulatif (%)
40.00				100
20.00	111	1,589	1,589	98,411
10.00	6674	95,561	97,15	2,85
4,80	199	2,850	100	0
2,40			100	
1,20			100	
0,60			100	
0,30			100	
0,15			100	
Sisa			100	
Jumlah	6984	-	698*	-

$$\begin{aligned}\text{Modulus Halus Butir} &= 698 / 100 \\ &= 6,98\end{aligned}$$

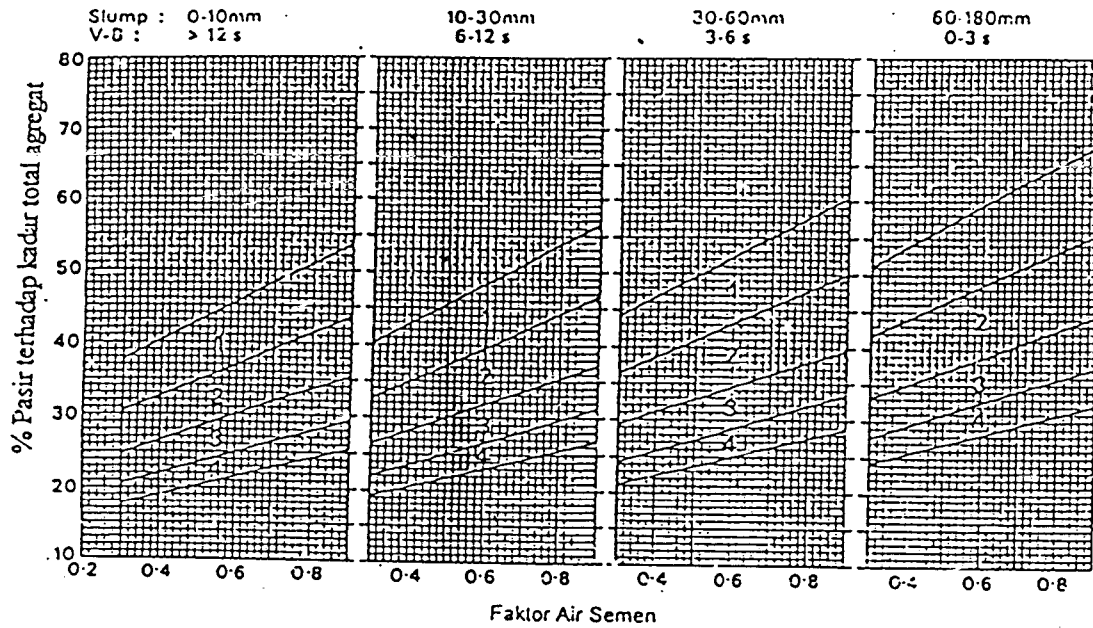
GRADASI KERIKIL





Grafik 1
 Hubungan antara kuat tekan dan faktor air semen
 (benda uji berbentuk silinder diameter 150 mm, tinggi 300 mm)

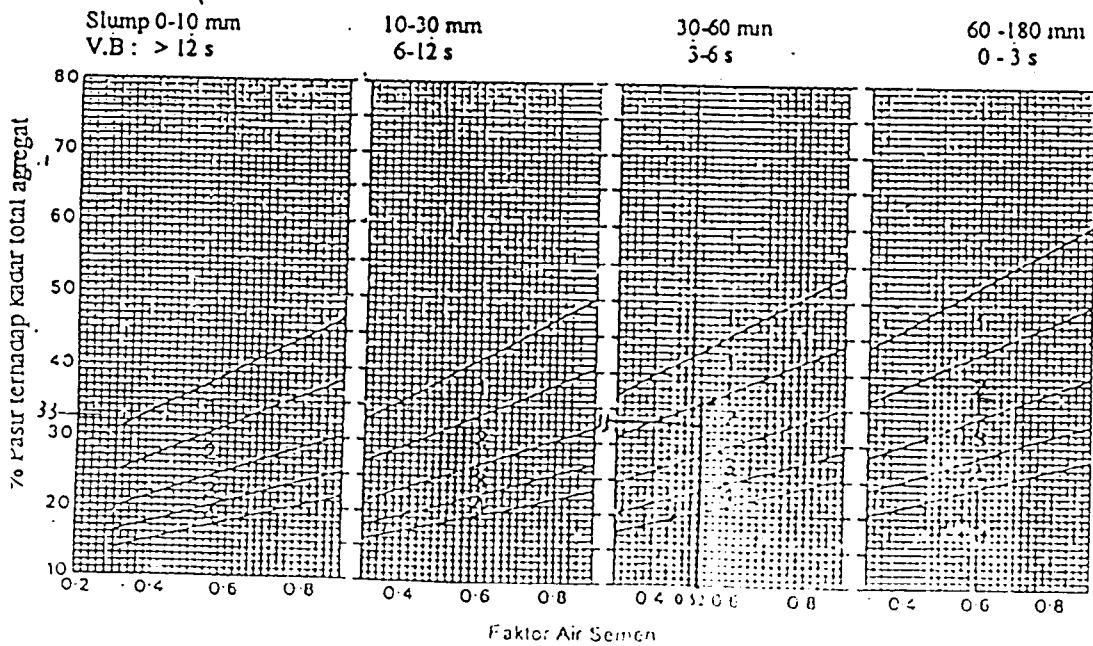
Ukuran agregat maksimum : 20 mm



Grafik 14

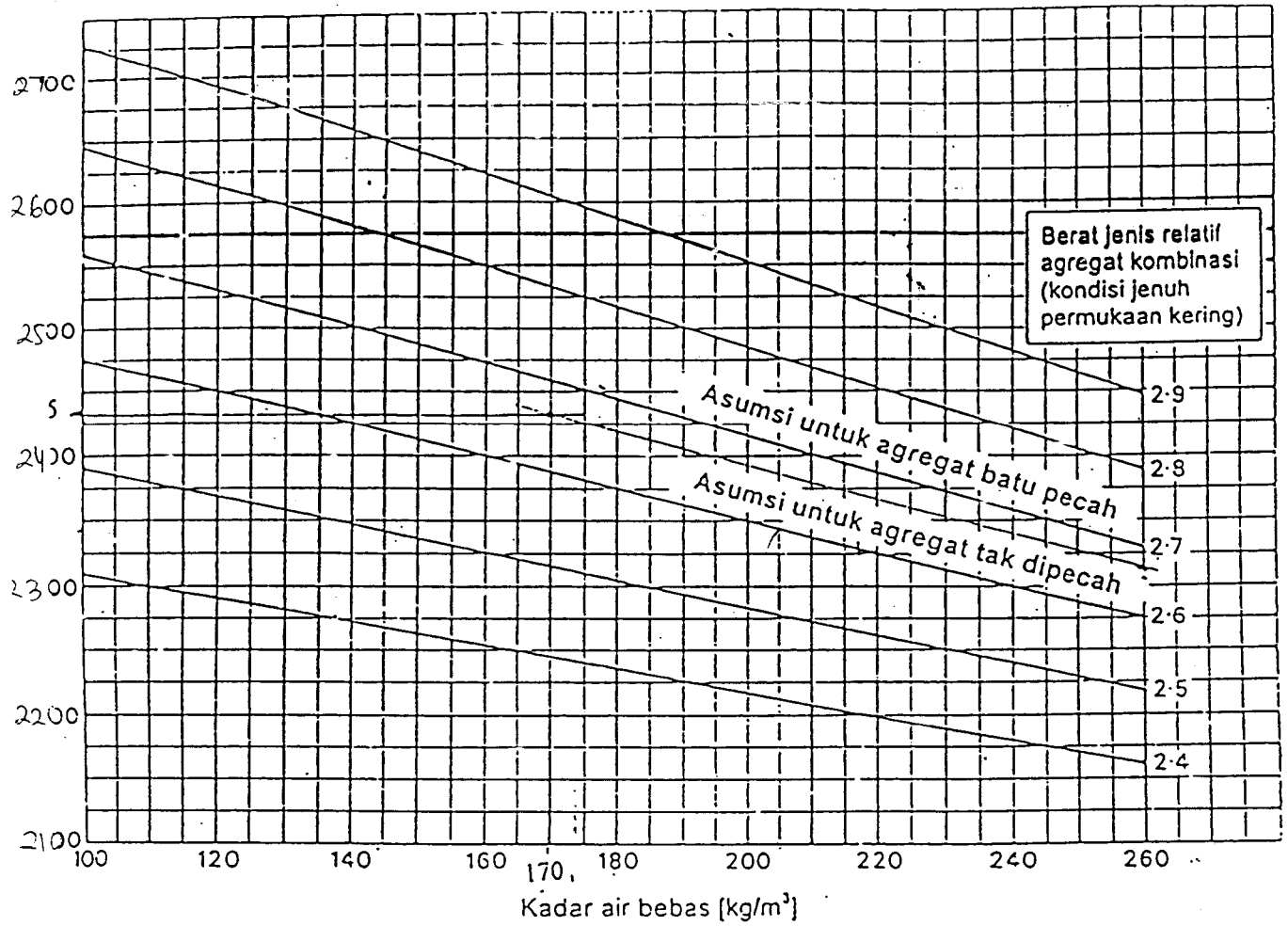
Persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 20 mm

Ukuran agregat maksimum : 40 mm



Grafik 15

Persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 40mm



Grafik 16
Perkiraan berat isi beton basah yang telah selesai dipadatkan



HASIL PENGUJIAN TEGANGAN-REGANGAN

Beton Normal KBS 0 03

D : 15,06
 A : 178,040826 cm² = 17804,0826 mm²
 T : 30,05

beban (kN)	Beban (kg)	dial (...x10 ⁻³ mm)	ΔL (...x10 ⁻³)	Regangan ΔL / Lo (...x10 ⁻⁴ mm)	Tegangan P/A (Mpa)	Koreksi -0,144
0	0,000	0	0,0	0	0	0
10	1.019,368	5	2,5	0,125	0,562	0,269
20	2.038,736	10	5,0	0,250	1,123	0,394
30	3.058,104	15	7,5	0,375	1,685	0,519
40	4.077,472	21	10,5	0,525	2,247	0,669
50	5.096,840	30	15,0	0,750	2,808	0,894
60	6.116,208	35	17,5	0,875	3,370	1,019
70	7.135,576	45	22,5	1,125	3,932	1,269
80	8.154,944	52	26,0	1,300	4,493	1,444
90	9.174,312	60	30,0	1,500	5,055	1,644
100	10.193,680	69	34,5	1,725	5,617	1,869
110	11.213,048	75	37,5	1,875	6,178	2,019
120	12.232,416	82	41,0	2,050	6,740	2,194
130	13.251,784	90	45,0	2,250	7,302	2,394
140	14.271,152	99	49,5	2,475	7,863	2,619
150	15.290,520	120	60,0	3,000	8,425	3,144
160	16.309,888	130	65,0	3,250	8,987	3,394
170	17.329,256	140	70,0	3,500	9,548	3,644
180	18.348,624	150	75,0	3,750	10,110	3,894
190	19.367,992	155	77,5	3,875	10,672	4,019
200	20.387,360	162	81,0	4,050	11,233	4,194
210	21.406,728	175	87,5	4,375	11,795	4,519
220	22.426,096	180	90,0	4,500	12,357	4,644
230	23.445,464	185	92,5	4,625	12,918	4,769
240	24.464,832	190	95,0	4,750	13,480	4,894
250	25.484,200	199	99,5	4,975	14,042	5,119
260	26.503,568	210	105,0	5,250	14,603	5,394
270	27.522,936	220	110,0	5,500	15,165	5,644
280	28.542,304	230	115,0	5,750	15,727	5,894
290	29.561,672	240	120,0	6,000	16,288	6,144
300	30.581,040	245	122,5	6,125	16,850	6,269
310	31.600,408	266	133,0	6,650	17,412	6,794
320	32.619,776	269	134,5	6,725	17,973	6,869
330	33.639,144	280	140,0	7,000	18,535	7,144
340	34.658,512	295	147,5	7,375	19,097	7,519
350	35.677,880	305	152,5	7,625	19,658	7,769
360	36.697,248	320	160,0	8,000	20,220	8,144



Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Universitas Islam Indonesia

Jln. Kaliurang km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274) 895042, 895707

370	37.716,616	325	162,5	8,125	20,782	8,269
380	38.735,984	336	168,0	8,400	21,343	8,544
390	39.755,352	350	175,0	8,750	21,905	8,894
400	40.774,720	359	179,5	8,975	22,467	9,119
410	41.794,088	372	186,0	9,300	23,028	9,444
420	42.813,456	385	192,5	9,625	23,590	9,769
430	43.832,824	398	199,0	9,950	24,152	10,094
440	44.852,192	412	206,0	10,300	24,713	10,444
450	45.871,560	425	212,5	10,625	25,275	10,769
460	46.890,928	440	220,0	11,000	25,837	11,144
470	47.910,296	455	227,5	11,375	26,398	11,519
480	48.929,664	470	235,0	11,750	26,960	11,894
490	49.949,032	490	245,0	12,250	27,522	12,394
500	50.968,400	505	252,5	12,625	28,083	12,769
510	51.987,768	520	260,0	13,000	28,645	13,144
520	53.007,136	540	270,0	13,500	29,207	13,644
530	54.026,504	565	282,5	14,125	29,768	14,269
540	55.045,872	585	292,5	14,625	30,330	14,769
550	56.065,240	605	302,5	15,125	30,892	15,269
560	57.084,608	630	315,0	15,750	31,453	15,894
570	58.103,976	655	327,5	16,375	32,015	16,519
580	59.123,344	658	329,0	16,450	32,577	16,594
590	60.142,712	680	340,0	17,000	33,138	17,144
600	61.162,080	710	355,0	17,750	33,700	17,894
610	62.181,448	745	372,5	18,625	34,262	18,769
620	63.200,816	785	392,5	19,625	34,823	19,769
630	64.220,184	830	415,0	20,750	35,385	20,894
630,5	64.271,152	925	462,5	23,125	35,413	23,269
630	64.220,184	965	482,5	24,125	35,385	24,269
620	63.200,816	970	485,0	24,250	34,823	24,394
610	62.181,448	990	495,0	24,750	34,262	24,894



Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Universitas Islam Indonesia

Jln. Kaliurang km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274) 895042, 895707

Beton Serat KBS 02

D : 15,09 cm

A : 178,7508585 cm² = 17875,08585 mm²

T : 30,09 cm

beban (kN)	Beban (kg)	Regangan (...x10 ⁻³ mm)	ΔL (....x10 ⁻³)	Regangan ΔL/L ₀ (...x10 ⁻⁴ mm)	Tegangan P/A (Mpa)	Koreksi
10	1019,368	3	1,50	0,075	0,559	0,0471
20	2038,736	9	4,50	0,225	1,119	0,178
30	3058,104	16	8,00	0,400	1,678	0,353
40	4077,472	25	12,50	0,625	2,238	0,578
50	5096,840	32	16,00	0,800	2,797	0,753
60	6116,208	41	20,50	1,025	3,357	0,978
70	7135,576	51	25,50	1,275	3,916	1,228
80	8154,944	61	30,50	1,525	4,476	1,478
90	9174,312	70	35,00	1,750	5,035	1,703
100	10193,680	82	41,00	2,050	5,594	2,003
110	11213,048	91	45,50	2,275	6,154	2,228
120	12232,416	105	52,50	2,625	6,713	2,578
130	13251,784	110	55,00	2,750	7,273	2,703
140	14271,152	120	60,00	3,000	7,832	2,953
150	15290,520	130	65,00	3,250	8,392	3,203
160	16309,888	145	72,50	3,625	8,951	3,578
170	17329,256	150	75,00	3,750	9,510	3,703
180	18348,624	160	80,00	4,000	10,070	3,953
190	19367,992	170	85,00	4,250	10,629	4,203
200	20387,360	175	87,50	4,375	11,189	4,328
210	21406,728	190	95,00	4,750	11,748	4,703
220	22426,096	205	102,50	5,125	12,308	5,078
230	23445,464	215	107,50	5,375	12,867	5,328
240	24464,832	225	112,50	5,625	13,427	5,578
250	25484,200	240	120,00	6,000	13,986	5,953
260	26503,568	250	125,00	6,250	14,545	6,203
270	27522,936	258	129,00	6,450	15,105	6,403
280	28542,304	268	134,00	6,700	15,664	6,653
290	29561,672	278	139,00	6,950	16,224	6,903
300	30581,040	288	144,00	7,200	16,783	7,153
310	31600,408	299	149,50	7,475	17,343	7,428
320	32619,776	306	153,00	7,650	17,902	7,603
330	33639,144	316	158,00	7,900	18,461	7,853
340	34658,512	330	165,00	8,250	19,021	8,203
350	35677,880	338	169,00	8,450	19,580	8,403
360	36697,248	348	174,00	8,700	20,140	8,653
370	37716,616	360	180,00	9,000	20,699	8,953
380	38735,984	373	186,50	9,325	21,259	9,278
390	39755,352	380	190,00	9,500	21,818	9,453
400	40774,720	391	195,50	9,775	22,378	9,728
410	41794,088	405	202,50	10,125	22,937	10,078



Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

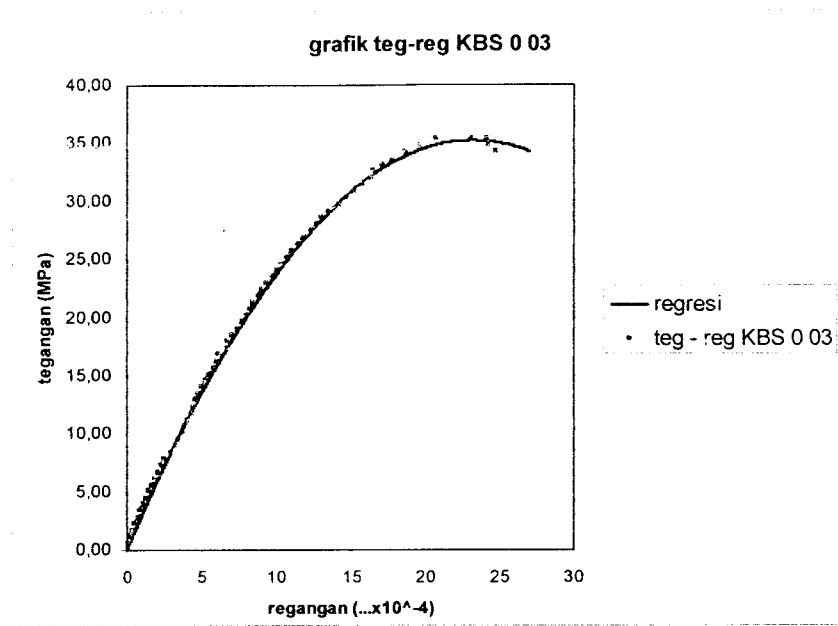
Universitas Islam Indonesia

Jln. Kaliurang km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274) 895042, 895707

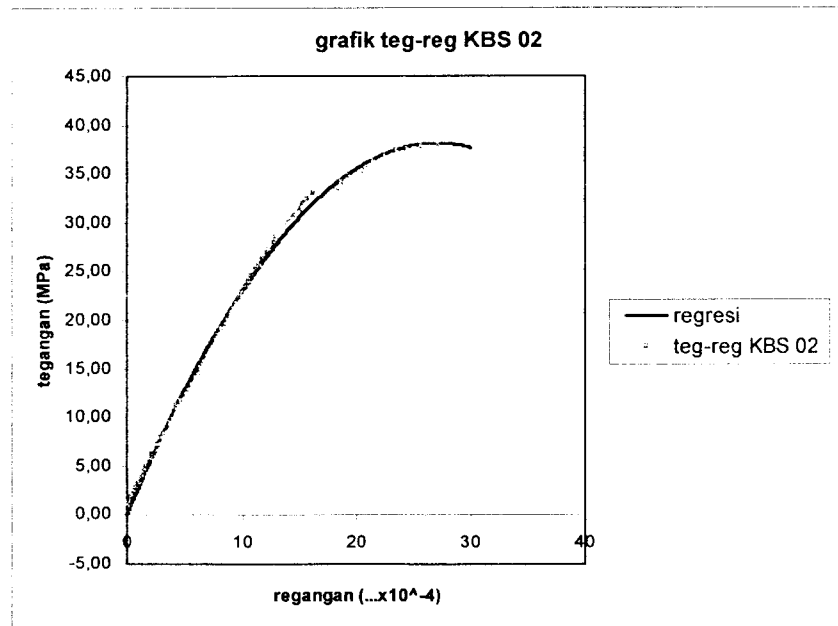
420	42813,456	415	207,50	10,375	23,496	10,328
430	43832,824	425	212,50	10,625	24,056	10,578
440	44852,192	435	217,50	10,875	24,615	10,828
450	45871,560	448	224,00	11,200	25,175	11,153
460	46890,928	460	230,00	11,500	25,734	11,453
470	47910,296	470	235,00	11,750	26,294	11,703
480	48929,664	485	242,50	12,125	26,853	12,078
490	49949,032	495	247,50	12,375	27,412	12,328
500	50968,400	510	255,00	12,750	27,972	12,703
510	51987,768	520	260,00	13,000	28,531	12,953
520	53007,136	535	267,50	13,375	29,091	13,328
530	54026,504	550	275,00	13,750	29,650	13,703
540	55045,872	565	282,50	14,125	30,210	14,078
550	56065,240	580	290,00	14,500	30,769	14,453
560	57084,608	599	299,50	14,975	31,329	14,928
570	58103,976	612	306,00	15,300	31,888	15,253
580	59123,344	630	315,00	15,750	32,447	15,703
590	60142,712	647	323,50	16,175	33,007	16,128
600	61162,080	730	365,00	18,250	33,566	18,203
610	62181,448	750	375,00	18,750	34,126	18,703
620	63200,816	775	387,50	19,375	34,685	19,328
630	64220,184	822	411,00	20,550	35,245	20,503
640	65239,552	830	415,00	20,750	35,804	20,703
650	66258,920	860	430,00	21,500	36,363	21,453
660	67278,288	899	449,50	22,475	36,923	22,428
670	68297,656	943	471,50	23,575	37,482	23,528
678	69113,150	1020	510,00	25,500	37,930	25,453
677,4	69051,988	1090	545,00	27,250	37,896	27,203
676,2	68929,664	1023	511,50	25,575	37,829	25,528
670	68297,656	979	489,50	24,475	37,482	24,428
660	67278,288	898	449,00	22,450	36,923	22,403



GRAFIK HUBUNGAN TEGANGAN-REGANGAN



Grafik Tegangan Regangan Beton Normal KBS 0 03



Grafik Tegangan Regangan Beton Serat 1% KBS 02



Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik
 Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
 Universitas Islam Indonesia
 Jln. Kaliurang km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274) 895042, 895707

Beton Serat 1/2 h

Kode	Dimensi			A (cm ²)	V (cm ³)	Berat (kg)	Berat vol (t/m ³)	Beban max kg	M Nmm	Kuat lentur (MPa)	Kuat Lentur rata ²
	lebar	tinggi	panjang								
KBB 1/2 01	10,08	9,90	40	99,83	3993	9,5	2,379	1465	747150	4,5361	4,6066
KBB 1/2 02	9,73	9,57	40	93,12	3724,62	9,1	2,443	1365	696150	4,6889	
KBB 1/2 03	10,40	9,83	40	102,27	4090,67	9,7	2,371	1510	770100	4,5948	

Beton Serat 2/3 h

Kode	Dimensi			A (cm ²)	V (cm ³)	Berat (kg)	Berat vol (t/m ³)	Beban max kg	M Nmm	Kuat lentur (MPa)	Kuat Lentur rata ²
	lebar	tinggi	panjang								
KBB 2/3 01	10,53	10,10	40	106,39	4255,47	10,5	2,467	2070	1055700	5,8950	4,8348
KBB 2/3 02	10,03	9,97	40	100,00	3999,96	9,7	2,425	1390	708900	4,2677	
KBB 2/3 03	10,15	9,70	40	98,46	3938,2	9,4	2,387	1355	691050	4,3416	

Beton Serat Seluruh Penampang

Kode	Dimensi			A (cm ²)	V (cm ³)	Berat (kg)	Berat vol (t/m ³)	Beban max kg	M Nmm	Kuat lentur (MPa)	Kuat Lentur rata ²
	lebar	tinggi	panjang								
KBB 01	10,33	10,13	40	104,71	4188,44	10,1	2,411	1690	861900	4,8737	4,4935
KBB 02	10,50	10,10	40	106,05	4242	10,1	2,381	1680	856800	4,7995	
KBB 03	9,80	9,90	40	97,02	3880,8	9,5	2,448	1195	609450	3,8071	



Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik
 Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
 Universitas Islam Indonesia
 Jln. Kaliurang km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274) 895042, 895707

HASIL PENGUJIAN KUAT LENTUR BETON

Beton Normal

Kode	Dimensi			A (cm ²)	V (cm ³)	Berat (kg)	Berat vol (t/m ³)	Beban max kg	M Nmm	Kuat lentur (MPa)	Kuat Lentur rata ²
	lebar	tinggi	panjang								
KBB 0 01	10,30	9,87	40	101,63	4065,07	9,8	2,411	1355	691050	4,1351	5,0119
KBB 0 02	10,17	10,05	39,87	102,18	4073,38	9,8	2,406	1760	897600	5,2447	
KBB 0 03	10,18	9,83	39,97	100,14	4002,11	9,6	2,399	1820	928200	5,6559	

Beton Serat 1/3 h

Kode	Dimensi			A (cm ²)	V (cm ³)	Berat (kg)	Berat vol (kg/m ³)	Beban max kg	M Nmm	Kuat lentur (MPa)	Kuat Lentur rata ²
	lebar	tinggi	panjang								
KBB 1/3 01	9,93	10,03	40	99,66	3986,58	9,5	2,383	1915	976650	5,8601	5,8095
KBB 1/3 02	10,07	10,10	40	101,67	4066,93	9,8	2,410	1790	912900	5,3339	
KBB 1/3 03	10,23	10,00	40	102,33	4093,33	9,9	2,419	2085	1063350	6,2346	

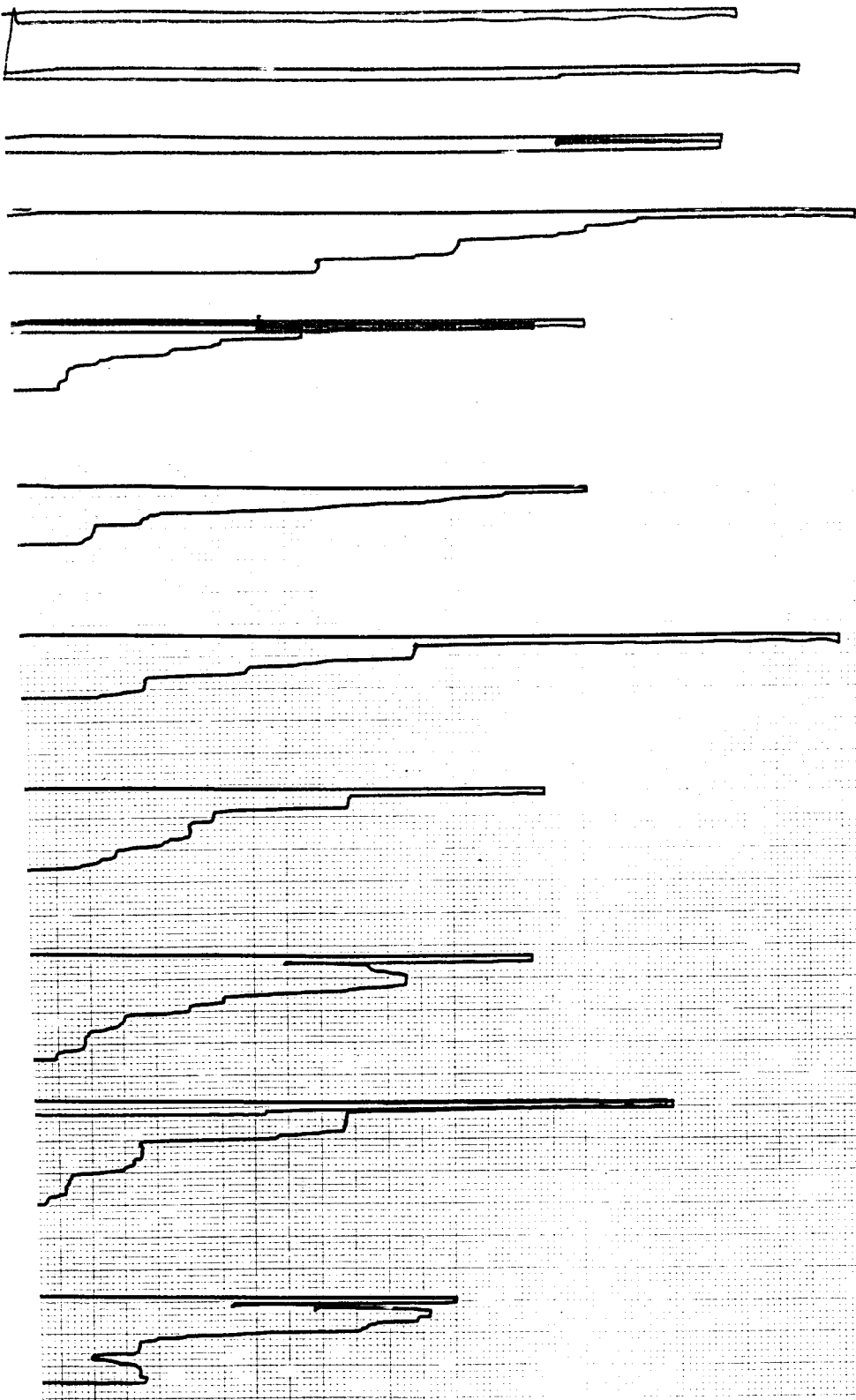
Lampiran surat No: /ka.Lab/ /LBKT/ /

GRAFIK TARIK BAJA

Proyek : _____

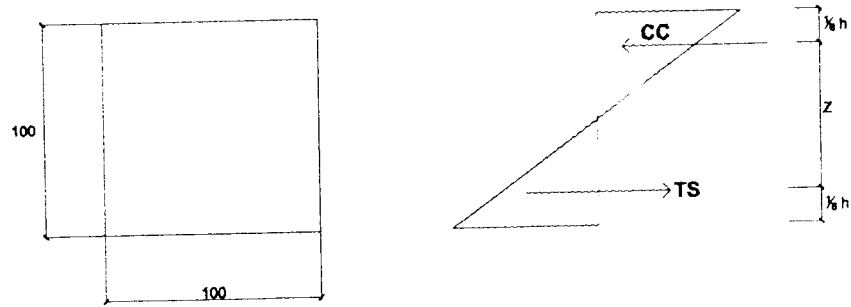
Catatan:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19



PERHITUNGAN KAPASITAS TARIK

1. Beton Normal (BN)



Distribusi tegangan pada penampang beton normal

Dari persamaan 3.6 (i)

$$M_n = TS \cdot Z$$

$$Z = H - \left(\frac{1}{6}h + \frac{1}{6}h\right)$$

$$= H - \frac{1}{3}h$$

$$= 100 - \left(\frac{100}{3}\right)$$

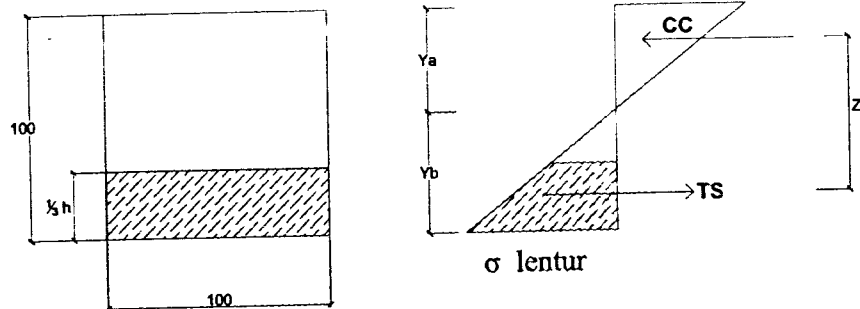
$$= 66,66 \text{ mm}$$

$$TS = M_n / Z$$

$$= 838950 / 66,66$$

$$= 12584,25 \text{ N}$$

2. Beton Serat (BS 1/3)

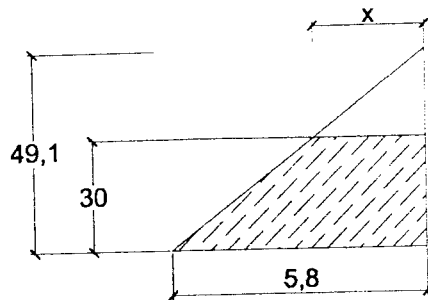


Distribusi tegangan pada penampang beton serat

$$\sigma \text{ lentur} = M \cdot y / I$$

$$5,8 = 984300 \cdot y / ((1/12) \cdot 100 \cdot 100^3)$$

$$Y_b = 49,1 \text{ mm}$$



perbandingan segitiga :

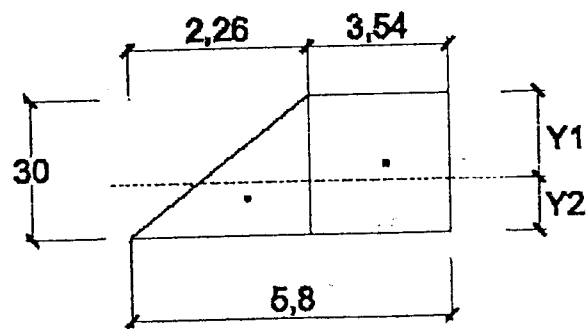
$$(x / \sigma \text{ lentur}) = (30 / 49,1)$$

$$(x / 5,8) = (30 / 49,1)$$

$$x = (5,8 \cdot 30) / 49,1$$

$$= 3,54 \text{ mm}$$

a. titik berat trapesium



$$y_1 = \frac{((3,54 \cdot 30) \cdot 15) + ((2,26 \cdot 15) \cdot 20)}{(3,54 \cdot 30) + (2,26 \cdot 15)}$$

$$= 16,21 \text{ mm}$$

$$y_2 = 30 - y_1$$

$$= 30 - 16,21$$

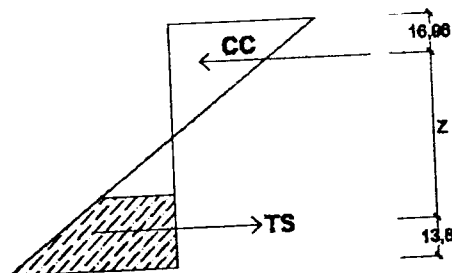
$$= 13,8 \text{ mm}$$

$$Z = H - ((1/3) \cdot 50) - y_2$$

$$= 100 - 16,96 - 13,8$$

$$= 69,24 \text{ mm}$$

b. kapasitas tarik beton serat



dari persamaan 3.6 (i)

$$M_n = TS \cdot Z$$

$$TS = M_n / Z$$

$$= 984300 / 69,24$$

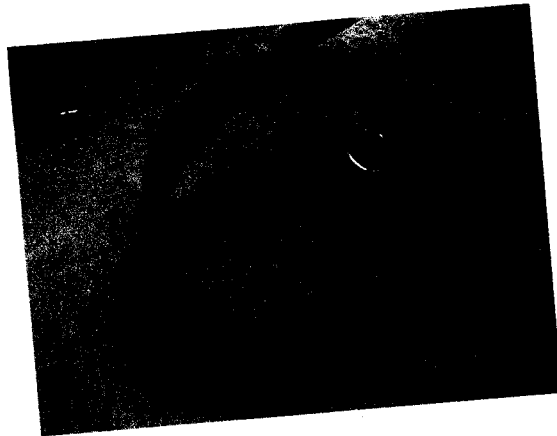
$$= 14215,77 \text{ N}$$



Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Islam Indonesia
Jln. Kaliurang km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274) 895042, 895707



Semen Portland



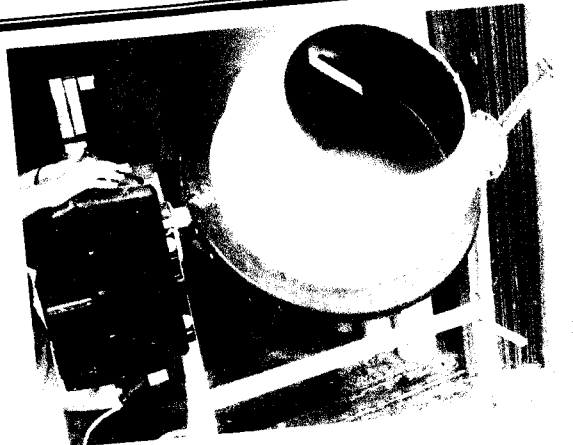
Kawat Bendrat



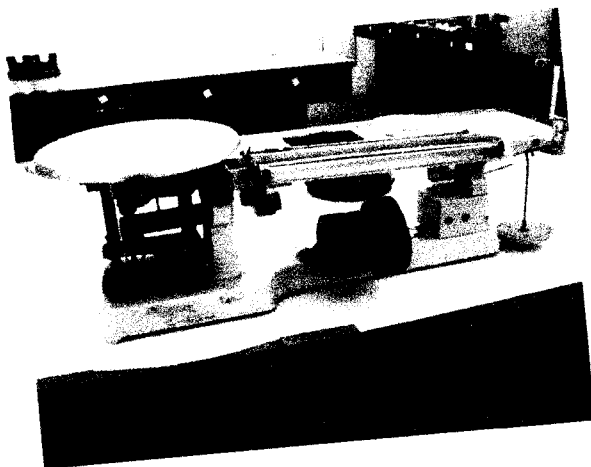
Agregat Kasar



Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Islam Indonesia
Jln. Kaliurang km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274) 895042, 895707



Mixer / mesin pengaduk beton



Neraca / Timbangan



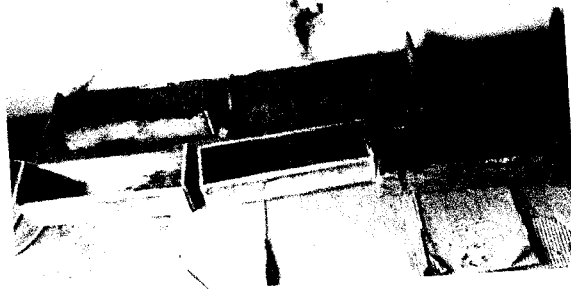
Proses Pengadukan Beton



Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Islam Indonesia
Jln. Kaliurang km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274) 895042, 895707



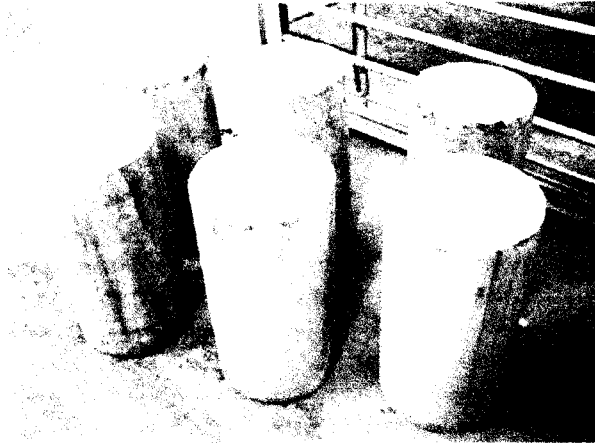
Pengujian *Slump*



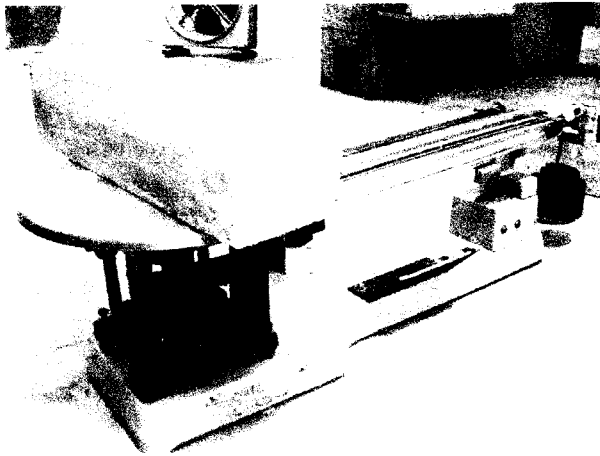
Bekisting



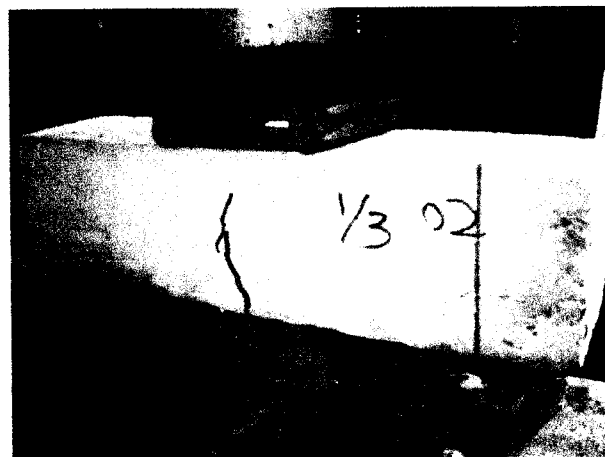
Benda Uji balok



Benda Uji Silinder



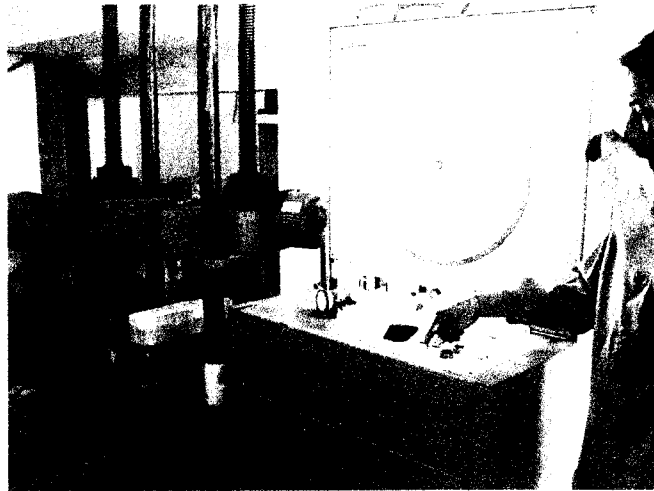
Penimbangan Benda Uji



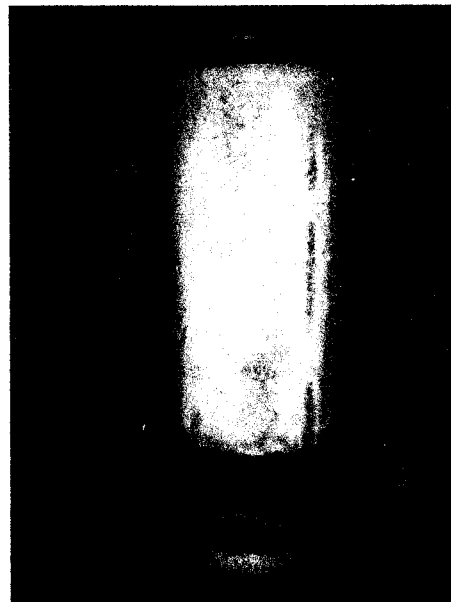
Pengujian Lentur



Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Islam Indonesia
Jln. Kaliurang km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274) 895042, 895707



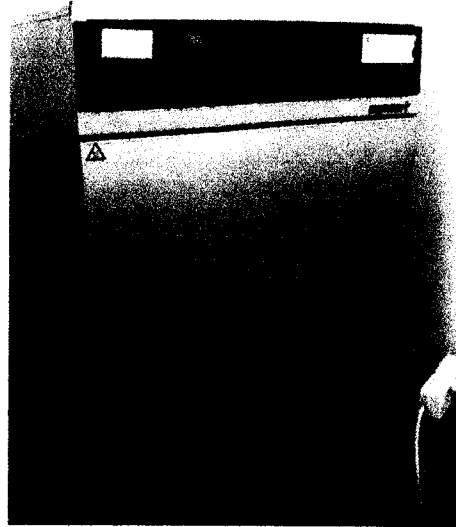
Mesin Uji Lentur “shimadzu”



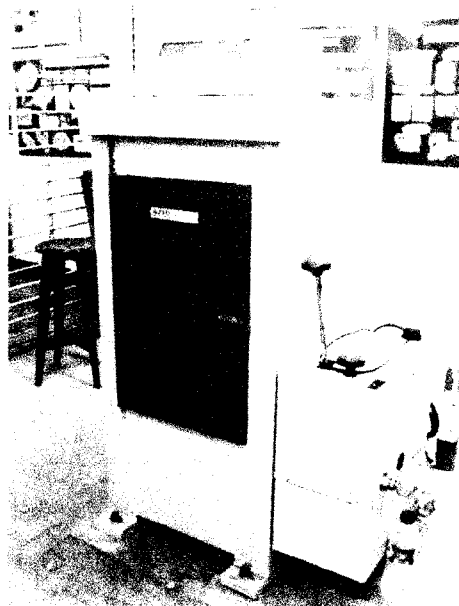
Pengujian Tekan



Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Islam Indonesia
Jln. Kaliurang km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274) 895042, 895707



Oven



Mesin Uji Desak Beton



الجامعة الإسلامية الإندونيسية

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

JURUSAN : TEKNIK SIPIL, ARSITEKTUR, TEKNIK LINGKUNGAN
KAMPUS : Jalan Kaliurang KM 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707, 896440. Fax: 895330
Email : dekanat@ftsp.uii.ac.id. Yogyakarta Kode Pos 55584

FM-UII-AA-FPU-09

Nomor : /Kajur.TS.20/ Bg.Pn./ ✓ /2007
Lamp. :
Hal : **BIMBINGAN TUGAS AKHIR**
Periode Ke : 3 (Maret 2007 - Ags 2007)

Jogjakarta, 5/8/2007

Kepada:

Bapak/Ibu: **A KADIR ABOE, Ir. MS. H.**
di -
Jogjakarta

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Dengan ini kami mohon dengan hormat kepada Bapak / Ibu Agar Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan tersebut di bawah ini :

Nama : PRIMA RAMADHIAN MULIA
No. Mhs. : 03511171

dapat diberikan petunjuk-petunjuk serta bimbingan dalam melaksanakan Tugas Akhir dengan Dosen Pembimbing sebagai berikut:

Dosen Pembimbing I : **A KADIR ABOE, Ir. MS. H.**
Dosen Pembimbing II : **A KADIR ABOE, Ir. MS. H.**

Dengan mengambil Topik/ Judul :

Optimalisasi Kuat Lentur Bentor Dengan Variasi Pengisian campuran Kawat Bendrat Pada Daerah Tarik

Demikian atas bantuan serta kerjasamanya diucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.





KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

NAMA MAHASISWA	NO. MHS.	BIDANG STUDI
PRIMA RAMADHIAN MULIA	03511171	TEKNIK SIPIL

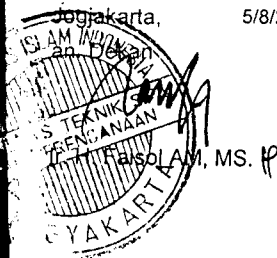
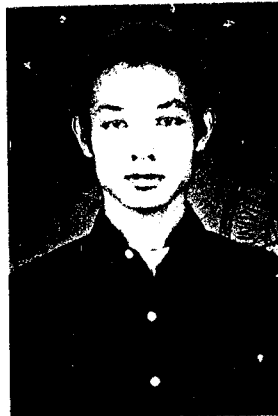
PERIODE KE : 3 (Maret 2007 - Ags 2007)

No.	Kegiatan	BULAN KE:					
		MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS
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. MS. H.
Dosen Pembimbing II: A KADIR ABOE, Ir. MS. H.


JUDUL TUGAS AKHIR

Optimalisasi Kuat Lentur Bentor Dengan Variasi Pengisian campuran Kawat Bendrat Pada Daerah Tarik



Catatan:
Seminar :
Sidang :
Pendadaran :

CATATAN KONSULTASI TUGAS AKHIR

) TANGGAL	KONSULTASI KE :	TANDA TANGAN
		



UNTUK DOSEN

KARTU PRESENSI KONSULTASI TUGAS AKHIR MAHASISWA

PERIODE KE : 3 (Maret 2007 - Ags 2007)

NAMA MAHASISWA	NO. MHS.	BIDANG STUDI
PRIMA RAMADHIAN MULIA	03511171	TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

Optimalisasi Kuat Lentur Bentor Dengan Variasi Pengisian campuran Kawat Bendrat Pada Daerah Tarik

Dosen Pembimbing I :	A KADIR ABOE, Ir. MS. H.
Dosen Pembimbing II:	A KADIR ABOE, Ir. MS. H.






Jogyakarta,
an Dekan
TEKNIK SIPIL
PERENCANAAN
IR. H. Fajri AM, MS. *F*
YAKARI

5/8/2007

Catatan:
Seminar :
Sidang :
Pendaran :

CATATAN KONSULTASI TUGAS AKHIR

) TANGGAL	CATATAN KONSULTASI	TANDA TANGAN
28/06-07	- perbaikan - konsultasi berijelam kontinuu, waupun tidak + vcrant / + m- dokumentasi	 
07/07-07	- Ace - sidang	
17/19-07	- Acc - jild.	