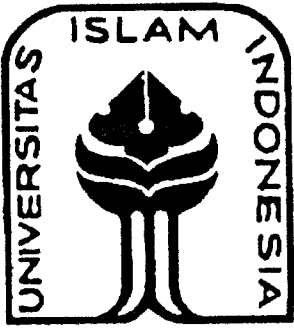


PERPUSTAKAAN LISTRIK UN	
HARIAN/DEMI	
TGL. TERIMA :	6 Maret 2007
NO. JUDUL :	002258
NO. INV. :	020002258001
NO. INDUK. :	

TUGAS AKHIR

**PENGARUH VARIASI PANJANG SERAT KAWAT BENDRAT  
TERHADAP KUAT TEKAN, KUAT TARIK, DAN KUAT  
LENTUR BETON PASIR**

(Dengan Berat Serat 1,5% Dari Berat Beton)



الجامعة الإسلامية



Disusun Oleh :

**Andika Sentani**  
No Mhs. : 99 511 171

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

MILIK PERPUSTAKAAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN UIN YOGYAKARTA

**TUGAS AKHIR**

**PENGARUH VARIASI PANJANG SERAT KAWAT BENDRAT  
TERHADAP KUAT TEKAN, KUAT TARIK, DAN KUAT  
LENTUR BETON PASIR**

(Dengan Berat Serat 1,5% Dari Berat Beton)

Diajukan Untuk Melengkapi Persyaratan Dalam Rangka  
Memperoleh Derajat Sarjana Pada Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan  
Universitas Islam Indonesia  
Jogjakarta

Disusun Oleh :

Andika Sentani  
No Mhs. : 99 511 171

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

**2007**

**HALAMAN PENGESAHAN**  
**TUGAS AKHIR**

**PENGARUH VARIASI PANJANG SERAT KAWAT BENDRAT**  
**TERHADAP KUAT TEKAN, KUAT TARIK, DAN KUAT**  
**LENTUR BETON PASIR**

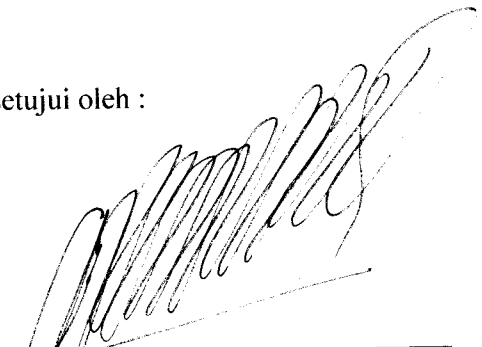
(Dengan Berat Serat 1,5% Dari Berat Beton)

Disusun Oleh :

**Andika Sentani**  
No Mhs. : 99 511 171

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

**IR. H. A. KADIR ABOE, MS**  
Dosen Pembimbing

  
Tanggal : 28/02 - 2007

## KATA PENGANTAR



*Assalamu'alaikum Wr. Wb*

Puji syukur kami panjatkan kehadiran Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nyalah, sehingga kami dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini dengan judul “ Pengaruh Variasi Panjang Serat Kawat Bendrat Pada Beton Pasir Terhadap Kuat Tekan, Kuat Tarik, Dan Kuat Lentur Beton (Dengan Berat Serat 1,5% Dari Berat Beton) ”.

Penyusunan tugas akhir ini sebagai salah satu syarat untuk memperoleh jenjang kesarjanaan Strata 1 pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Selama melaksanakan penelitian Tugas Akhir dan penyusunan laporan Tugas Akhir, kami telah banyak mendapat bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu dalam kesempatan ini kami menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Dr. Ir. H. Ruzardi, MS, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia
2. Bapak Ir. Faisol AM, MS, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia
3. Bapak Ir. H. A. Kadir Aboe, MS, selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir.

4. Bapak Ir. Helmy Akbar Bale, MT, selaku Dosen Tamu Tugas Akhir.
5. Bapak Ir. H. Kasam, MT, selaku Dosen Tamu Tugas Akhir.
6. Seluruh karyawan Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik , Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
7. Seluruh karyawan Bagian Pengajaran, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
8. Ayahanda Anwar Sanusi dan Ibunda Winarsih, yang telah memberikan cinta kasih, semangat, dorongan serta doa yang tiada henti.
9. Kakak Dodi (terima kasih atas doa dan suport dana yang tiada henti) dan adikku Yugo (thanks doanya Bro!!!)
10. OMERTA 99, Wahyu (item), yayat, Dimas (cakil), Burlian (BB), Yono (yontil), Aan, Dana, Riki, Taufik, teman-teman seperjuangan yang selama Kuliah selalu bersama dalam suka dan duka, Kept Da Spirit Of Brotherhood....!!!
11. Bagong (sobat yang selalu memberikan nasehat dan yang telah berbaik hati meminjamkan komputernya,hehe...), Ichi (thanks ya printernya dan ~~udah~~ mau dengerin keluh kesah aku), vivi (thanks sist!!!)
12. Bob Marley, Naif, Rastafara, Imanez, thanks udah mau nemenin ngerjain skripsi.
13. Wita Roesita Rifiani (Sept 24th 2003 - Sept 24th 2006), orang yang telah menemaniku selama 3 tahun ini, yang banyak memberikan pelajaran tentang arti dicintai dan mencintai, thanks buat doa dan dukungannya.

Dan masih banyak pihak-pihak lain yang turut membantu kami dalam menyelesaikan tugas akhir ini, baik secara moril maupun material yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu

Kami menyadari bahwa Laporan Tugas Akhir ini masih banyak kekurangannya. Oleh karena itu, kami mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun demi perbaiki Laporan Tugas Akhir ini.

Dan akhirnya kami berharap semoga Laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semuanya. *Amin*

*Wassalamu'alaikum Wr. Wb*

Jogjakarta, Januari 2007

Penyusun

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>iii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xii</b>
<b>ABSTRAKSI.....</b>	<b>xiii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Tujuan Penelitian .....	4
1.4 Manfaat Penelitian .....	5
1.5 Batasan Masalah.....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Umum.....	7
2.2 Penelitian Terdahulu .....	7
2.3 Literatur yang menunjang .....	12
<b>BAB III LANDASAN TEORI</b>	
3.1 Beton Serat.....	14
3.2 Beton Pasir (mikro beton) .....	20

3.2.1	Material Penyusun Beton Pasir .....	22
3.2.1.1	Semen Portland .....	22
3.2.1.2	Air .....	25
3.2.1.3	Agregat.....	26
3.2.1.4	Serat.....	32
3.3	Modulus Kehalusan Butir .....	32
3.4	Faktor Air Semen .....	33
3.5	Slump .....	34
3.6	Workability .....	35
3.7	Segregasi .....	37
3.8	Bleeding .....	37
3.9	Modulus Elastisitas .....	38
4.0	Kuat Tekan Beton .....	39
4.1	Kuat Tarik Beton.....	41
4.2	Kuat Lentur Beton.....	42
 <b>BAB IV METODE PENELITIAN</b>		
4.1	Umum.....	45
4.2	Bahan Penelitian.....	45
4.2.1	Semen.....	45
4.2.2	Agregat.....	46
4.2.3	Air .....	46
4.2.4	Serat.....	46
4.3	Peralatan Penelitian.....	47



4.3.1	Alat Pemotong.....	47
4.3.2	Saringan/Ayakan Agregat Halus dan Agregat Kasar.....	47
4.3.3	Timbangan dan Ember.....	47
4.3.4	Mistar dan Kaliper.....	47
4.3.5	Mesin Pengaduk.....	48
4.3.6	Cetok dan Talam Baja.....	48
4.3.7	Kerucut Abrams dan Baja penumbuk.....	48
4.3.8	Mesin Uji Tekan dan Tarik Beton.....	48
4.3.9	Mesin Uji Lentur Beton.....	49
4.4	Pelaksanaan Penelitian.....	49
4.4.1	Tahapan Persiapan Bahan.....	49
4.4.2	Pembuatan dan Perawatan Benda Uji.....	51
4.4.3	Pelaksanaan Pengujian.....	53
4.4.4	Perencanaan Campuran Beton.....	54
 <b>BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN</b>		
5.1	Umum.....	66
5.2	Nilai Slump dan Workability.....	67
5.3	Hasil Pengujian Kuat Tekan.....	70
5.3.1	Hasil Pengujian Tegangan-Regangan Tekan Beton.....	75
5.3.2	Modulus Elastisitas.....	77
5.4	Hasil Pengujian Kuat Tarik.....	79
5.5	Hasil Pengujian Kuat Lentur.....	81
5.5.1	Hasil Pengujian Beban Lendutan Kuat Lentur Beton.....	84

5.6	Pengaruh Panjang Serat Terhadap Kekuatan Beton.....	85
-----	---	----

## **BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN**

6.1	Kesimpulan .....	87
6.2	Saran.....	88

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **LAMPIRAN**

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sifat-sifat berbagai macam kawat yang digunakan sebagai bahan fiber lokal .....	9
Tabel 3.1 Batas Gradasi Pasir.....	31
Tabel 3.2 Nilai Slump .....	35
Tabel 3.3 Tingkat Workability Berdasarkan Nilai Slump.....	37
Tabel 4.1 Faktor Granular Butiran .....	55
Tabel 4.2 Koreksi Kadar Air .....	56
Tabel 4.3 Harga-harga K, Ks, Kp.....	59
Tabel 4.4 Distribusi Butiran Agregat untuk Beton Pasir.....	60
Tabel 4.5 Klasifikasi Plastisitas Beton .....	61
Tabel 4.6 Koefisien Kekompakan Beton .....	61
Tabel 4.7 Komposisi Serat dari berat beton tiap 1 m <sup>3</sup> .....	63
Tabel 5.1 Nilai Slump .....	69
Tabel 5.2 Hasil Uji Kuat Tekan Dan Persentase perubahan kuat tekan .....	73
Tabel 5.3 Modulus Elastisitas (E) Beton.....	78
Tabel 5.4 Hasil uji kuat tarik Dan Persentase perubahan kuat tarik.....	80
Tabel 5.5 Hasil pengujian kuat lentur Persentase perubahan kuat lentur .....	82
Tabel 5.6 Kuat tekan, kuat tarik dan kuat lentur beton .....	85

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Balok dengan pusat berada dalam keadaan lentur murni .....	43
Gambar 3.2 Bentuk penampang balok .....	44
Gambar 4.1 Kurva hubungan antara perbandingan jumlah semen dengan air (C/E) dan nilai Slump (A) .....	56
Gambar 4.2 Kurva Gradasi Agregat, Kurva Patokan, Kurva Riel Beton Pasir .....	62
Gambar 4.3 <i>Flow Chart</i> Metode Penelitian .....	64
Gambar 5.1 Grafik Hubungan Antara Panjang Kawat Dengan Nilai Slump .....	69
Gambar 5.2 Grafik Hubungan Kuat Tekan Beton Pasir Terhadap Panjang Kawat .....	74
Gambar 5.3 Kurva Tegangan-Regangan Beton .....	77
Gambar 5.4 Kurva Beban-lendutan Beton .....	85

## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Data pemeriksaan agregat
- Lampiran 2 Hasil analisa saringan dan kurva gradasi pasir
- Lampiran 3 Kebutuhan bahan penyusun beton
- Lampiran 4 Hasil pengujian kuat tekan beton
- Lampiran 5 Hasil pengujian tegangan-regangan
- Lampiran 6 Hasil pengujian kuat tarik beton
- Lampiran 7 Hasil pengujian kuat lentur beton
- Lampiran 8 Hasil pengujian beban-lendutan
- Lampiran 9 Dokumentasi penelitian

## ABSTRAKSI

Beton adalah suatu komposit dari beberapa bahan batuan yang diikat oleh bahan ikat. Beton dibentuk dari agregat campuran ( halus dan kasar ) ditambah dengan semen. Ada banyak macam jenis beton, salah satunya adalah *beton pasir*, beton pasir adalah beton yang terbuat dari campuran semen , air, dan agregat yang ukuran butir-butirnya  $\leq 4,8$  mm, berupa pasir, dengan proporsi agregat yaitu untuk agregat dengan ukuran butirannya  $\leq 2,4$  mm dianggap sebagai agregat halus , sedangkan untuk agregat yang ukuran butirannya  $> 2,4$  mm dan  $\leq 4,8$  mm dianggap agregat kasar. Beton memiliki kelebihan dalam mendukung kuat tekan yang cukup tinggi, namun beton juga memiliki kelemahan yaitu kuat tarik yang rendah dan bersifat getas. Hal tersebut menyebabkan kuat tarik beton sering diabaikan dalam perencanaan struktur bangunan teknik sipil. Penggunaan serat *fiber* pada beton pasir diharapkan dapat meningkatkan kekuatan beton tersebut yaitu terhadap kuat tekan, kuat tarik, dan kuat lentur yang terjadi.

Tugas akhir ini melakukan penelitian tentang pengaruh penambahan kawat bendrat, dengan menggunakan variasi panjang kawat  $\pm 3, 4, 5,$  dan  $6$  cm diameter  $\pm 1$  mm dan volume serat  $1,5\%$  dari berat beton, benda uji berupa silinder beton berukuran tinggi  $30$  cm, diameter  $15$  cm untuk uji tekan dan uji tarik, untuk uji lentur benda uji berupa balok dengan dimensi panjang  $40$  cm, lebar  $10$  cm, dan tinggi  $10$  cm. Percobaan dalam penelitian ini dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan, dengan penambahan serat kawat bendrat pada beton pasir kuat tekan, kuat tarik, dan kuat lenturnya meningkat dibandingkan beton pasir non serat, panjang serat kawat yang digunakan memberikan pengaruh yang berbeda untuk setiap pengujian, untuk pengujian kuat tekan diperoleh panjang serat optimum yaitu serat kawat dengan panjang  $4$  cm dengan peningkatan kuat tekan  $26,20\%$  , peningkatan kuat tarik terbesar diperoleh pada panjang kawat  $6$  cm sebesar  $40,14\%$ , sedangkan untuk kuat lentur peningkatan terbesar diperoleh pada panjang kawat  $5$  cm sebesar  $50,53\%$  dari kuat lentur beton pasir non serat.

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Masalah

Beton sebagai bahan bangunan teknik sipil telah lama dikenal di Indonesia, karena memiliki kelebihan dalam mendukung tegangan desak, mudah dibentuk sesuai kebutuhan, perawatan yang murah, dan dapat memanfaatkan bahan-bahan lokal, sehingga beton sangat populer dipakai untuk struktur-struktur besar maupun kecil.

Beton adalah suatu komposit dari beberapa bahan batuan yang diikat oleh bahan ikat. Beton dibentuk dari agregat campuran ( halus dan kasar ) ditambah dengan semen. Ada banyak macam jenis beton, salah satunya adalah *beton pasir*, beton pasir adalah beton yang terbuat dari campuran semen , air, dan agregat yang ukuran butir-butirnya  $\leq 4,8$  mm, berupa pasir, dengan proporsi agregat yaitu untuk agregat dengan ukuran butirannya  $\leq 2,4$  mm dianggap sebagai agregat halus , sedangkan untuk agregat yang ukuran butirannya  $> 2,4$  mm dan  $\leq 4,8$  mm dianggap agregat kasar.

Pada penelitian-penelitian terdahulu dapat disimpulkan bahwa beton memiliki kelebihan dan kelemahan. Kelebihan beton yang paling utama adalah kemampuannya mendukung tegangan tekan yang cukup tinggi. Sedangkan kelemahan beton adalah bahan yang memiliki sifat getas (*brittel*) dan praktis tidak mampu menahan tegangan tarik, menurut *Murdock dan Brook (1986)*,

kuat tarik beton berkisar  $\frac{1}{18}$  kuat desaknya pada saat umur beton masih muda, dan berkisar  $\frac{1}{20}$  sesudahnya. Kuat tarik merupakan bagian penting didalam menahan retakan akibat proses pengerasan, untuk mengatasi hal tersebut beton diperkuat dengan batang baja tulangan sebagai bahan yang dapat bekerjasama dengan beton, serta mampu memperbaiki kelemahan beton terutama dalam menahan gaya tarik, kerjasama seperti ini disebut sebagai beton bertulang baja atau lazim disebut beton bertulang.

Pada struktur yang mengalami tegangan tarik ( misal pada struktur balok ), bagian tarik beton akan segera terjadi retak apabila mendapat tegangan yang tidak begitu besar. Hal ini juga disebabkan adanya retak rambut yang merupakan sifat alami beton. Secara struktural kondisi ini tidak membahayakan karena tegangan tarik sepenuhnya telah didukung oleh tulangan. Namun demikian, akibat adanya retak akan menyebabkan korosi sehingga luas tampang baja menjadi berkurang, sebagai konsekuensi dari berkurangnya tampang tulangan baja maka kuat layan baja tersebut akan berkurang dari seharusnya.

Dinegara maju seperti Amerika dan Eropa, para peneliti telah berupaya memperbaiki sifat-sifat kurang baik beton dengan cara menambahkan serat pada adukan beton, ide dasarnya adalah dengan menulangi beton dengan *fiber* yang disebarkan secara merata ( Uniform) kedalam beton dengan orientasi yang random sehingga dapat mencegah terjadinya retakan-retakan mikro dalam beton



yang terlalu dini, baik akibat panas hidrasi maupun akibat pembebanan. Dengan tercegahnya retakan mikro beton yang terlalu dini, kemampuan bahan untuk mendukung tegangan–tegangan internal ( aksial, lentur, geser ) yang terjadi akan jauh lebih besar, jenis fiber yang dipakai diluar negeri adalah *fiber* baja (*steel fiber*), untuk jenis fiber atau serat yang dipakai untuk memperbaiki sifat kurang baik beton antara lain *stell, glass, polypropylene, carbon* dan alami sebagaimana dilaporkan oleh *ACI ( American Concrete Institute) committe 544 ( 1982 )* serta *Sorousian dan Bayashi (1987 )*. Dengan demikian pemilihan jenis bahan *fiber* tersebut perlu disesuaikan dengan sifat yang akan diperbaiki dalam aplikasinya. Salah satu yang perlu menjadi bahan pertimbangan dalam penentuan jenis *fiber* yang akan dipakai adalah kemudahan sewaktu pencampuran, tahan terhadap korosi, dan sebagainya.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Suhendro (1990) telah dibuktikan bahwa *steel fiber* yang asli dapat digantikan dengan menggunakan *fiber* lokal yang hasilnya tidak jauh berbeda. Pada penelitiannya dibuktikan bahwa penggunaan *fiber* lokal pada campuran beton akan memperbaiki sifat-sifat kurang baik dari beton, yaitu getas, praktis tidak mampu menahan tegangan tarik dan momen lentur, dan ketahanan yang rendah terhadap beban kejut dapat diperbaiki.

## 1.2 Rumusan Masalah

Dari uraian diatas terlihat bahwa serat *fiber* dapat meningkatkan kekuatan beton normal, maka dalam penelitian ini menggunakan serat berupa kawat bendrat yang ditambahkan pada beton pasir dengan menggunakan variasi panjang untuk mengetahui pengaruhnya terhadap kuat desak, kuat tarik dan kuat lentur pada beton pasir.

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan utama dari penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui pengaruh penambahan serat kawat bendrat pada beton pasir dengan menggunakan variasi panjang terhadap kuat tarik dan kuat desak serta kuat lentur beton pasir dan,
2. Untuk mendapatkan panjang serat kawat optimum.

#### 1.4 Manfaat Penelitian

1. Penambahan serat kawat bendrat diharapkan dapat memperbaiki kualitas beton sehingga menghasilkan beton yang memenuhi syarat standar dengan biaya produksi murah.
2. Menambah wawasan serta pengetahuan dalam pengembangan ilmu teknik sipil khususnya dalam teknologi bahan konstruksi.

#### 1.5 Batasan Masalah

Pada penelitian ini perlu ada batasan masalah agar penelitian tidak menyimpang dari tujuan, mengingat waktu yang tersedia sangatlah terbatas, maka ruang lingkup penelitian perlu dibatasi pada hal-hal sebagai berikut :

1. Perencanaan campuran beton pasir dalam penelitian ini menggunakan metoda Dreux, dengan rumusan dasar perhitungan campuran seperti berikut :

$$\sigma_{28} = G \cdot \sigma_c \left[ \frac{C}{E} - 0,5 \right]$$

2. Kuat tekan beton yang direncanakan setelah beton berumur 28 hari ( $\sigma_{28}$ ) = 25 MPa.
3. *Portland Cement* yang dipergunakan adalah Semen Gresik Tipe I, yang memiliki kuat tekan semen ( $\sigma_c$ ) = 500 kg/cm<sup>2</sup>.
4. Di rencanakan nilai *fas* = 0,6 atau (C/E) = 1,61.
5. Nilai Slump yang direncanakan adalah 10 cm.

6. Pengujian kuat tekan, kuat tarik, dan kuat lentur beton dilakukan setelah beton berumur 28 hari.
7. Agregat yang digunakan adalah agregat halus (pasir) yang digunakan berasal dari Kali Krasak; untuk pasir yang lolos saringan 2,40 mm sebagai agregat halus (pasir), sedangkan pasir yang tertahan saringan 2,40 mm dianggap sebagai agregat kasar (kerikil).
8. Air menggunakan air dari laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Universitas Islam Indonesia.
9. Diameter serat kawat bendrat  $\pm 1,00$  mm.
10. Panjang serat kawat bendrat  $\pm 3$  cm, 4 cm, 5 cm dan 6 cm
11. Komposisi serat kawat bendrat sebesar 0% dan 1,5 % dari berat beton
12. Komposisi campuran benda uji dibuat sebanyak 11 buah yang terdiri dari:
  1. 5 buah benda uji kuat tekan, selinder 15 cm dan tinggi 30 cm,
  2. 3 buah benda uji kuat tarik, selinder 15 cm dan tinggi 30 cm, dan
  3. 3 buah benda uji kuat lentur, balok 10 x 10 x 40 (cm).
14. Penelitian ini merupakan uji laboratorium yang diadakan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Universitas Islam Indonesia.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Umum

Menurut Kardiyono (1992), beton serat adalah bahan komposit yang terdiri dari beton normal dan bahan lain berupa serat.

ACI Committee 554, mendefinisikan beton serat (*Fiber Reinforced Concrete*) adalah beton yang terbuat dari campuran *sement portland*, agregat halus atau agregat halus dan agregat kasar, air, serta sejumlah kecil serat (*fiber*)

Menurut A.Kadir Aboe, beton pasir (mikro beton) merupakan campuran semen *portland* atau semen *hidraulik* lainnya, agregat halus (lolos saringan no.4 ukuran lubang 4,80 mm) yang dikelompokkan atas dua atau tiga fraksi, dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan, dengan perbandingan tertentu yang menyebabkan hubungan yang erat antara bahan-bahan tersebut setelah mengeras.

#### 2.2 Penelitian terdahulu tentang penggunaan serat/fiber kawat bendrat dalam adukan beton

Selama ini telah ada beberapa penelitian laboratorium yang menggunakan bahan tambah fiber baja untuk meningkatkan kualitas beton atau memperbaiki

dari sifat-sifat beton. Sifat-sifat beton yang dapat diperbaiki akibat penambahan serat adalah :

- a. Keliatan/daktilitas,
- b. Ketahanan terhadap beban kejut,
- c. Ketahanan terhadap tarik dan lentur,
- d. Ketahanan terhadap kelelahan,
- e. Ketahanan terhadap pengaruh susut, dan
- f. Ketahanan terhadap Keausan.

Sifat kurang baik dari beton, yaitu getas, praktis tidak mampu menahan tegangan tarik dan momen lentur, dan ketahanan yang rendah terhadap beban *impact* dapat secara dramatis diperbaiki dengan menambahkan *fiber*-lokal yang terbuat dari potongan-potongan kawat pada adukan beton. Selain itu dibuktikan pula bahwa tingkat perbaikan yang diperoleh dengan menggunakan *fiber*-lokal tidak banyak berbeda dengan menggunakan *steel-fiber* asli sebagaimana Penelitian yang dilakukan oleh **Suhendro** (1990), Pada penelitian lainnya juga membuktikan bahwa serat kawat bendrat menunjukkan perbaikan yang relatif lebih baik dengan harga yang termurah.

Berikut beberapa penelitian yang membahas masalah tentang penambahan serat *fiber* lokal pada adukan beton:

1) "Pengaruh *fiber* lokal pada sifat-sifat beton" (Suhendro, 1990)

Sampel yang dipilih dari penelitian terdiri dari kawat biasa, kawat bendrat, dan kawat baja. Diameter yang dipilih adalah  $\pm 0,8$  s/d 1,0 mm. Selanjutnya ketiga kawat tersebut diambil sampelnya dan dibawa ke laboratorium untuk diuji kuat tariknya. Diagram tegangan-regangan juga memberikan nilai modulus elastisitas (E) dari masing-masing kawat diuji. Selain itu dilakukan pula pengujian untuk menetapkan berat satuan ketiga jenis kawat tersebut. Hasil-hasilnya diberikan secara ringkas pada Tabel 2.1

**Tabel 2.1** Sifat-sifat berbagai macam kawat yang digunakan sebagai bahan fiber lokal

No	Jenis kawat	Kuat tarik (MPa)	Perpanjangan pada saat putus (%)	Specific gravity
1.	Kawat baja	230,0	10,5	7,77
2.	Kawat bendrat	38,5	5,5	6,68
3.	Kawat biasa	25,0	30,0	7,70

Sumber : Teori Model Struktur dan Teknik Eksperimental (Bambang Suhendro, 2000)

Selanjutnya ketiga macam kawat tersebut dipotong-potong dengan panjang  $\pm 6$  cm, sehingga secara visual telah menyerupai *fiber* baja yang dipakai diluar negeri. Dari hasil pengujiannya diperoleh data bahwa pada penambahan *fiber* lokal untuk pengujian desak selinder beton/beton fiber pada umur 28 hari, kuat desak (tegangan desak maksimum) pada beton fiber (dengan  $V_f = 0.5$  %) hanya bertambah antara 5 s/d 10 % bila dibandingkan dengan kuat desak pada

diluar negeri. Dari hasil pengujiannya diperoleh data bahwa pada penambahan *fiber* lokal untuk pengujian desak selinder beton/beton fiber pada umur 28 hari, kuat desak (tegangan desak maksimum) pada beton fiber (dengan  $V_f = 0.5 \%$ ) hanya bertambah antara 5 s/d 10 % bila dibandingkan dengan kuat desak pada beton normal. Ini menunjukkan bahwa beton *fiber* tidak banyak pengaruhnya terhadap pertambahan kuat desaknya. Tetapi bila dilihat pada perilaku setelah tercapainya tegangan yang cukup besar (sekitar 60 % tegangan maksimum). Ini menunjukkan bahwa beton fiber tersebut bersifat *ductile* (liat). Dan bila dilihat dari umur 7 hari ke umur 28 hari terjadi penambahan kuat tekan sekitar 25 % s/d 30 %. Dan juga terjadi penambahan daktilitasnya. Untuk uji kuat tarik beton/beton fiber lokal pada umur 28 hari. Nilai-nilainya adalah beton normal memiliki kuat tarik sebesar 2,8 MPa sedangkan beton fiber baja ( $V_f = 0,5$  dan 1,0), beton fiber bendrat ( $V_f = 0,5$ ) dan beton fiber kawat ( $V_f = 0,5$ ), berturut-turut mempunyai kuat tarik sebesar 37,5 MPa, 45,0 MPa, 44,25 MPa, dan 35 MPa. Disini dapat dilihat terdapat peningkatan terhadap beton normal, berturut-turut sebesar 34 %, 61 %, 58 %, dan 25 %. Dengan demikian menunjukkan bahwa beton fiber bendrat memiliki kuat tarik yang relatif lebih baik.

**2) "Pengaruh Penambahan Fiber Kawat Bendrat dan Superplasticizer pada Kuat Tekan, Kuat Tarik, dan Kuat Lentur" (Luthfi Zamroni, Yefta, 2004)**

Hasil penelitiannya dengan menggunakan serat kawat bendrat lurus sebagai serat dan volume serat 1%, 2%, dan 3% dari volume beton



dengan panjang serat 90 mm. Terjadi penambahan kuat tekan, kuat tarik, dan kuat lentur berturut-turut sebesar 36,51%, 56,93%, dan 40,09%. Sedangkan *Workability* mengalami penurunan sejalan peningkatan volume serat.

3) **"Pengaruh kawat bendrat lurus terhadap kuat tarik, kuat lentur dan kuat tekan beton serat" ( A. Kadir Aboe, 2005)**

Beton serat dengan volume serat 3 %, panjang serat 90 mm (aspek rasio 91,84) memberikan prosentase peningkatan kuat tekan, kuat tarik dan kuat lentur tertinggi, berturut-turut sebesar 36,51 %, 56,93 % dan 40,09 %. Sedang dengan volume serat yang sama tetapi panjang serat 60 mm (aspek rasio 61,22), memberikan prosentase peningkatan kuat tekan dan kuat lenturnya adalah 36,16 % dan 7,42 % dibanding beton normal. Aspek rasio serat sangat berpengaruh terhadap kekuatan beton serat dibanding beton normal, terutama kuat lentur, semakin besar aspek rasio serat semakin besar peningkatan prosentase kekuatan beton serat dibanding beton serat dengan aspek rasio serat yang lebih rendah pada volume serat yang sama. *Workability* beton serat sangat dipengaruhi oleh aspek rasio serat. Adukan beton serat dengan panjang serat 90 mm (aspek rasio 91,84) lebih sulit dikerjakan dibanding beton serat dengan panjang serat 60 mm (aspek rasio 61,22) dengan volume serat sama.

4) **"Pengaruh penggunaan serat kawat bendrat pada beton pasir terhadap kuat tarik, kuat lentur dan kuat tekan beton serat" (Ary Novrizaldi, 2006)**

Kuat tekan maksimal tercapai pada beton pasir dengan penambahan *fiber* kawat bendrat dengan volume fraksi *fiber* 1,5% ( $V_f=1,5\%$ ), yaitu sebesar 22,0082 MPa dan prosentase peningkatan kuat tekannya adalah 22,69% terhadap beton pasir.

### 2.3 Literatur yang menunjang

Murdock dan Brook (1986), mengemukakan bahwa kualitas dari beton dapat dipengaruhi dari bahan-bahan seperti semen (kualitas dan kecepatan pengerasan), agregat halus (gradasi mempengaruhi kemudahan pengerjaannya, kadar air mempengaruhi perbandingan air-semen, kebersihannya mempengaruhi kekuatan dan sifat awet beton), air (kualitas mempengaruhi pengerasan), bahan campuran (modifikasi dari sifat-sifat beton).

Kardiono Tjokrodimuljo (1992), mengemukakan bahwa agregat adalah butiran mineral alami sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar/beton. Agregat ini kira-kira menempati sebanyak 70 % volume mortar atau beton. Agregat yang butir-butirnya lebih besar dari 4,80 mm disebut krikil, sedangkan agregat yang butir-butirnya lebih kecil dari 4,80 mm disebut pasir.

Tri Mulyono (2004), mengemukakan bentuk agregat halus akan mempengaruhi kualitas mutu beton yang dibuat. Agregat berbentuk bulat mempunyai rongga udara minimum 33% lebih kecil dari rongga udara yang dipunyai oleh agregat lainnya. Gradasi yang baik dan teratur (*contunius*) dari agregat halus besar kemungkinan akan menghasilkan beton yang mempunyai kekuatan tinggi. Gradasi yang baik adalah gradasi yang memenuhi syarat zona tertentu dan agregat halus tidak boleh mengandung bagian yang lolos pada satu set ayakan lebih besar dari 45% dan tertahan pada ayakan berikutnya.

Kole dan Kusuma ( 1993 ), menyatakan air dibutuhkan dalam campuran beton untuk bereaksi dengan semen dan juga sebagai pelumas antara butir – butir agregat agar mudah dikerjakan dan dipadatkan.

Popovics (1998), mengemukakan bahwa kuat desak beton dipengaruhi porositas yang terdiri dari pori gel, pori kapiler, dan pori udara. Porositas ini terjadi pada saat hidrasi semen berlangsung. Semakin besar porositas, semakin kecil daya desak yang bisa ditahan. Untuk memperoleh kualitas beton yang baik, maka porositas ini harus dikurangi. Salah satu caranya adalah dengan menggunakan bahan tambah.

## BAB III

### LANDASAN TEORI

#### 3.1 Beton Serat

Menurut *ACI Committee 544*, beton serat (*Fiber Reinforced Concrete*) adalah beton yang terbuat dari campuran semen, agregat halus dan agregat kasar, air, serta sejumlah kecil serat (*fiber*).

Menurut Kardiyono (1992), beton serat (*Fiber Concrete*) adalah bahan komposit yang terdiri dari beton biasa dan bahan lain yang berupa serat.

Penambahan serat pada adukan beton akan mengakibatkan berkurangnya sifat mudah dikerjakan dan mempersulit terjadinya segregasi. Serat dalam beton itu berguna untuk mencegah terjadinya retak-retak pada beton, sehingga menjadikan beton serat lebih *ductile* (liat) bila dibandingkan dengan beton normal. Jika serat yang dipakai mempunyai modulus elastisitas lebih tinggi dari beton, misalnya serat baja (*steel fiber*), maka beton serat akan bersifat lebih tahan benturan dan lenturan, sedangkan jika modulus elastisitasnya lebih rendah, misalnya serat *polypropylene* berupa plastik, hanya membuat beton akan lebih tahan benturan saja. Karena sifatnya yang lebih tahan benturan, maka beton serat sering dipakai pada bangunan hidrolis, landasan pesawat udara, jalan raya, lantai jembatan, dan lain-lain (Kardiono Tjokrodinuljo, 1992).

Penambahan serat pada beton diharapkan dapat mencegah terjadinya retak-retak rambut yang terlalu dini, baik akibat panas hidrasi ataupun akibat beban. Tertundanya retak-retak yang terlalu dini, mengakibatkan kemampuan beton untuk mendukung tegangan-tegangan (aksial, lentur dan geser) yang terjadi menjadi semakin meningkat (Bambang Suhendro, 2000).

Hai-hal yang yang perlu mendapat perhatian khusus pada beton *fiber* (baja) adalah (Bambang Suhendro, 2000):

1. Masalah *fiber dispersion*, yang menyangkut teknik pencampuran fiber ke dalam adukan agar dapat tersebar merata dengan orientasi yang random,
2. Masalah *Workability* (kelecekan adukan), yang menyangkut kemudahan dalam proses pengerjaan/pemadatan, termasuk indikatornya, dan
3. Masalah *mix design/proportion* untuk memperoleh mutu tertentu dengan kelecekan yang memadai.

Pendekatan yang dapat digunakan untuk menjelaskan mekanisme serat dalam memperbaiki sifat dan perilaku beton (Soroushian dkk, 1987):

#### 1. *Spacing Concept*

Menurut konsep ini, dengan mendekatkan jarak antar serat dan semakin teraturnya serat dalam beton, dapat mengatasi ukuran retak menjadi lebih besar. Serat akan efektif bila serat berjajar secara urut dan seragam tanpa adanya overlapping. Dalam keadaan sebenarnya, serat dalam beton tidak teratur serta terjadi overlapping.

## 2. Composite Material Concept.

Konsep material komposit adalah suatu teori yang banyak digunakan untuk memperkirakan kuat tarik dan lentur beton serat terjadi retak pertama (*first crack strength*). Menurut konsep ini bahan penyusun beton serat (beton dan serat) diasumsikan saling melekat sempurna dan bentuk serat menerus.

Berdasarkan pendekatan tersebut, kekuatan komposit pada saat retak pertama dinyatakan dengan persamaan (Balaguru, Perumalsamy, dan Surendra P. Shah, 1992):

$$\sigma_c = \sigma_f \cdot V_f + \sigma_m \cdot V_m \dots\dots\dots(3.1)$$

atau 
$$\sigma_c = \sigma_f \cdot V_f + \sigma_m (1 - V_f) \dots\dots\dots(3.2)$$

karena 
$$V_f + V_m = 1 \dots\dots\dots(3.3)$$

dimana:

$\sigma_c$  : kekuatan komposit saat retak pertama

$\sigma_f$  : tegangan tarik serat saat beton hancur

$\sigma_m$  : kuat tarik beton

$V_f$  : prosentase volume serat

$V_m$  : prosentase volume beton

Persamaan (3.1 dan 3.2) perlu dikoreksi karena beberapa hal, yaitu serat yang digunakan adalah serat dengan ukuran pendek (*short fiber*) dan bukan *contunius fiber*, orientasi penyebaran serat yang random, tidak sempurnanya lekatan antara serat dan beton, panjang lekat serat pada bidang retak yang tidak sama, dan kurang efektif beton dalam menahan tarik.

Karena arah dan penyebaran serat dalam beton tidak teratur, maka kekuatan beton harus dikalikan dengan faktor efisiensi penyebaran serat ( $\eta_e$ ). Nilai lekatan serat dengan beton akibat lekatan yang tidak sempurna dan panjang lekat yang tidak sama, kemungkinan nilainya lebih kecil dari kuat tarik serat, maka kekuatan serat ditentukan berdasarkan kuat lekat serat (*bond stress*):

$$\sigma_f = 2 \cdot \tau \cdot (l_f / d_f) \dots\dots\dots(3.4)$$

dimana:

$\tau$  : tegangan lekat (bound stress) pada panjang lekat yang  
diperhitungkan ( $l_f / 2$ )

$l_f$  : panjang serat

$d_f$  : diameter serat

Selain itu kuat tekan beton serat juga harus dikoreksi dengan faktor efisiensi panjang serat ( $\eta_l$ ) sebagai koreksi karena panjang serat yang tercabut dari

beton tidak seragam panjangnya sebagai akibat penyebaran yang acak (random). Dengan demikian persamaan (3.1 dan 3.2) menjadi:

$$\sigma_c = 2 \cdot \eta_1 \cdot \eta_e \cdot \tau \cdot V_f \cdot (l_f / d_f) + \lambda \cdot \sigma_m \cdot (1 - V_f) \dots \dots \dots (3.5)$$

dimana:

$\eta_1$  : faktor efisiensi orientasi penyebaran serat

$$= 0,5, \text{ jika } l_f \leq l_e \text{ atau } = 1 - \frac{l_e}{2 \cdot l_f}, \text{ jika } l_f > l_e$$

$\eta_e$  : faktor efisiensi panjang serat tertanam

$$= 0,41$$

$\lambda$  : koefisien tarik beton ( $0 \leq \lambda \leq 1$ )

$l_e$  : panjang efektif serat

Bila dilihat pada persamaan (3.5), maka terdapat 2 faktor yang mempengaruhi kekuatan beton serat, yaitu :

#### 1. *Fiber Aspect Ratio* ( $l_f/d_f$ )

Rasio panjang ( $l_f$ ) terhadap diameter ( $d_f$ ) serat berpengaruh terhadap penggumpalan (*balling effect*). Brigg, dkk (1974) meneliti bahwa serat yang mempunyai rasio tinggi ( $l_f/d_f > 100$ ) akan menyebabkan serat



menggumpal sehingga sangat sulit disebar merata pada adukan beton, sedang untuk serat beraspek rasio rendah ( $l_f/d_f < 50$ ) tidak akan terjadi ikatan yang baik dengan beton. Untuk memperbaiki lekatan dapat digunakan serat dengan berbagai bentuk, seperti kedua ujungnya berkait), spiral, dll.

## 2. Volume Fraksi Serat ( $V_f$ )

Volume Fraksi Serat adalah prosentase volume serat yang ditambahkan pada setiap satuan volume beton. Penelitian yang dilakukan Edgington, dkk (1974) menunjukkan bahwa kelecakan adukan akan menurun sejalan dengan peningkatan konsentrasi dan aspek rasio serat. Dengan menggunakan *fiber* beraspek rasio 100, didapatkan hasil kelecakan adukan *fiber* yang cukup meningkat akibat penurunan diameter dari 20 mm ke 10 mm. Penurunan diameter agregat dari 10 mm ke 5 mm juga menghasilkan peningkatan kelecakan adukan. Adukan beton serat dengan diameter agregat maksimum 5 mm dan pasta semen serat menghasilkan nilai kelecakan yang tidak jauh berbeda. Perkiraan konsentrasi serat yang mengakibatkan adukan beton serat menjadi sulit diaduk :

$$PW_{\text{crit}} = 75 \frac{\pi \cdot \gamma_f \cdot d}{\gamma_c \cdot l} K \dots\dots\dots(3.6)$$

dengan,  $PW_{\text{crit}}$  : konsentrasi kritis serat (persen berat adukan)

$\gamma_c$  : berat jenis adukan

$\gamma_f$  : berat jenis serat

$\frac{d}{l}$  : nilai banding diameter dan panjang serat

dimana,

$$K = \frac{W_m}{W_m + W_a} \dots\dots\dots(3.7)$$

dengan,  $W_m$  : berat fraksi mortar, yaitu bagian adukan dengan ukuran partikel kurang dari 5 mm

$W_a$  : berat fraksi agregat, yaitu bagian adukan dengan ukuran partikel lebih dari 5 mm

### 3.2 Beton Pasir (mikro beton)

Beton pasir (mikro beton) merupakan campuran semen *portland* atau semen *hidraulik* lainnya, agregat halus (lolos saringan no.4 ukuran lubang 4,80 mm) yang dikelompokkan atas dua atau tiga fraksi, dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan, dengan perbandingan tertentu yang menyebabkan hubungan yang erat antara bahan-bahan tersebut setelah mengeras. Pengerasann terjadi

karena proses kimia antara semen dan air, proses pengerasannya bertambah sejalan dengan umur campuran (Tesis, A. Kadir Aboe, 1993).

Karena beton pasir merupakan beton dengan ukuran agregat maksimum 4,80 mm, maka beton pasir harus memenuhi spesifikasi yang berlaku pada beton umumnya. Dengan maksud, agar beton pasir tersebut dapat dipergunakan sebagai bahan konstruksi.

Mutu dan kualitas dari beton dapat dilihat /didasarkan pada (Murdock L.J, Brook K.M, 1986):

1. Kekuatan tekannya.
2. Workabilitas (sifat mudah dikerjakan, yang berkaitan dengan plastitas, mobilitas dan monolitis campuran).
3. Durabilitas (keawetan/ketahanan).
4. Permeabilitas (kerapatan terhadap air).
5. Penyelesaian akhir.

Mutu dan kualitas beton diatas , secara umum dipengaruhi oleh sifat-sifat bahan campuran, cara pelaksanaan dan perawatannya. Secara lebih rinci, mutu dan kualitas beton dipengaruhi oleh (Tesis, A. Kadir Aboe, 1993):

1. Tipe dan mutu semen.
2. Sifat, bentuk dan kualitas agregat.

3. Ukuran dan gradasi agregat.
4. Rasio perbandingan antara air dan semen.
5. Kandungan bahan organis dan kotoran dalam agregat dan air.
6. Cara pelaksanaan (pencampuran, pengangkutan, penuangan dan pemadatan) dan perawatannya.

Faktor-faktor yang mempengaruhi mutu dari kekuatan beton (Tri Mulyono, 2004):

1. Proporsi bahan-bahan penyusun,
2. Metode perancangan,
3. Perawatan, dan
4. Keadaan pada saat pengecoran dilaksanakan.

Dalam pengerjaan beton segar, tiga sifat yang penting yang harus selalu diperhatikan adalah kemudahan pengerjaan (*workability*), segregasi, dan *bleeding* (Tri Mulyono, 2004).

### **3.2.1 Material Penyusun Beton Pasir**

#### **3.2.1.1 Semen *Portland***

Semen *Portland* adalah bahan berupa bubuk halus yang mengandung Kapur (CaO), Silika ( SiO<sub>2</sub>), Alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) dan oksida besi (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Komponen terbesar penyusun semen adalah kapur ( 60%-65%). Semen *Portland*

dibuat dengan cara membakar bahan dasar semen menjadi klinker yang kemudian digiling halus menjadi semen dan ditambahkan gypsum.

Semen merupakan unsur terpenting dalam pembuatan beton, karena semen berfungsi sebagai bahan pengikat untuk mempersatukan bahan agregat kasar dan agregat halus menjadi satu massa yang kompak dan padat. Semen akan berfungsi sebagai pengikat apabila diberi air, sehingga semen tergolong bahan pengikat hidrolis.

Reaksi kimia antara semen *Portland* dengan air menghasilkan senyawa yang disertai dengan pelepasan panas. Kondisi ini mengandung resiko besar terhadap penyusutan beton yang berakibat pada keretakan beton. Reaksi semen dengan air dibedakan menjadi dua, yaitu periode pengikatan dan periode pengerasan. Pengikatan merupakan peralihan dari keadaan plastis menuju keadaan keras. Sedangkan pengerasan adalah penambahan kekuatan setelah pengikatan selesai.

Ketika semen dicampur dengan air, akan timbul reaksi kimia antara unsur-unsur penyusun semen dengan air. Reaksi ini menghasilkan senyawa – senyawa kimia yang menyebabkan ikatan dan pengerasan. Menurut Murdock dan Brook (1986), ada empat oksida utama pada semen yang membentuk senyawa -senyawa kimia, yaitu:

1. *trikalsium silikat* ( $C_3S$ )                       $3CaO.SiO_2$ ,
2. *dikalsium silikat* ( $C_2S$ )                       $2CaO.SiO_2$ ,

3. *trikalsium aluminat* ( $C_3A$ )  $3CaO \cdot Al_2O_3$ , dan
4. *tetrakalsium aluminat* ( $C_4A$ )  $4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3$ .

Menurut tipenya, semen *Portland* dapat dibedakan menjadi lima macam, yang akan dijelaskan sebagai berikut:

1. Tipe I : Semen *Portland* untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus.
2. Tipe II : Semen *Portland* yang penggunaannya memerlukan ketahanan sulfat dan panas hidrasi sedang.
3. Tipe III : Semen *Portland* yang penggunaannya menuntut persyaratan kekuatan awal yang tinggi.
4. Tipe IV : Semen *Portland* dengan panas hidrasi rendah
5. Tipe V : Semen *Portland* dengan ketahanan sulfat tinggi.

Jika semen *Portland* dicampur dengan air, maka komponen kapur dilepaskan dari senyawa, yang banyaknya mencapai sekitar 20% dari berat semen. Kondisi tersebut yang bisa terjadi adalah lepasnya kapur dari semen yang dapat menyebabkan terjadinya pemisahan struktur. Situasi ini harus dicegah dengan menambahkan pada semen suatu mineral silika. Mineral yang ditambahkan ini akan bereaksi dengan kapur bila ada uap air membentuk bahan yang kuat yaitu kalsium silikat.

### 3.2.1.2 Air

Air merupakan bahan yang penting dalam pembuatan beton, karena air diperlukan untuk bereaksi dengan semen. Air juga diperlukan untuk menjadi pelumas antara butir-butir agregat agar mudah dikerjakan. Menurut Kole dan Kusuma (1993), semen dapat mengikat air sekitar 40% dari beratnya. Dengan kata lain, air sebanyak 0,4 dari berat semen sudah cukup untuk membuat seluruh semen berhidrasi. Campuran air yang berlebihan dapat menurunkan kualitas beton. Pada beton, semen dan air yang berupa pasta akan mengikat agregat. Ruang yang tidak ditempati butiran semen maupun agregat akan berupa rongga yang berisi air dan udara. Rongga – rongga yang terbentuk akan tetap tinggal ketika beton telah mengeras, yang berakibat pada penurunan kualitas beton.

Air diperlukan pada pembuatan beton agar terjadi reaksi kimia dengan semen untuk membasahi agregat dan untuk melumas campuran agar mudah pengerjaannya, umumnya air minum dapat dipakai untuk campuran beton (Nawy, 1998).

Selain air dibutuhkan untuk reaksi pengikat, dipakai pula sebagai perawatan-sesudah beton dituang, dan keasaman tidak boleh pHnya  $> 6$ , juga tidak boleh terlalu sedikit mengandung kapur (Gideon, Kole dan Sagel, 1993).

Air yang digunakan harus memenuhi persyaratan kualitas air sebagai berikut (Kardiyono, 1992):

1. Tidak mengandung Lumpur (benda melayang lainnya) lebih dari 2 gram/liter
2. Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik, dan sebagainya) lebih dari 15 gram/liter.

3. Tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 0,5 gram/liter.
4. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter.

### 3.2.1.3 Agregat

Agregat ialah butiran mineral alami yang merupakan bahan pengisi dalam campuran beton. Untuk mendapatkan beton yang mempunyai mutu tinggi, maka sifat-sifat agregat tidak dapat diabaikan, karena agregat menempati proporsi 70-75% pada beton (Nilson dan Winter,1991). Agregat ini harus bergradasi sedemikian rupa sehingga seluruh massa beton dapat berfungsi sebagai benda yang utuh, homogen, dan rapat. Agregat yang berukuran kecil berfungsi sebagai pengisi celah yang ada diantara agregat berukuran besar.

Agregat dapat dibedakan berdasarkan berat jenisnya, seperti dijelaskan sebagai berikut:

1. Agregat normal.

Agregat yang berat jenisnya antara 2,5 sampai 2,7

2. Agregat berat.

Agregat yang berat jenisnya lebih dari 2,8.

3. Agregat ringan.

Agregat yang berat jenisnya kurang dari 2.

Agregat juga dibedakan menurut ukuran butirnya, sebagai berikut ini:



1. Agregat halus.

Agregat yang berukuran lebih kecil dari 4,8 mm, yang sering juga disebut sebagai pasir.

2. Agregat kasar.

Agregat yang berukuran lebih dari 4,8 mm atau sering juga disebut kerikil, batu pecah atau *split*.

Menurut sumbernya, agregat juga dapat dibedakan menjadi dua, yaitu agregat alami dan agregat buatan.

Pemilihan dan penentuan agregat yang akan digunakan (komposisi, spesifikasi, dan gradasi) merupakan hal terpenting dalam pembuatan beton. Dalam pembuatan beton normal berkualitas baik agregat yang digunakan sedikitnya memiliki dua kelompok ukuran, yaitu agregat halus (pasir) dan agregat kasar (kerikil). Begitu juga halnya dalam pembuatan beton pasir, agregatnya dikelompokkan paling sedikit dalam dua fraksi.

Bila dalam pembuatan beton pasir digunakan agregat yang dikelompokkan dalam dua fraksi, maka fraksi tersebut adalah:

1. Agregat ukuran 0 – 2,40 mm sebagai agregat halus
2. Agregat ukuran 2,40 – 4,80 mm sebagai agregat kasar

Faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan beton terhadap agregat (Tri Mulyono, 2004):

1. Perbandingan agregat dan semen campuran
2. Kekuatan agregat
3. Bentuk dan ukuran
4. Tekstur permukaan
5. Gradasi
6. Reaksi kimia, dan
7. Ketahanan terhadap panas.

Karakteristik penting dari agregat adalah bentuk dan tekstur permukaan. Klasifikasi agregat berdasarkan bentuk partikel diantaranya adalah bulat contohnya kerikil sungai, kerikil pantai, pasir pantai, pasir padang pasir dan tak beraturan contohnya kerikil-kerikil lain, batu tanah atau batu galian. Klasifikasi tekstur permukaan didasarkan pada derajat kekasaran permukaan partikel dan macam kekasarannya. Tekstur permukaan tergantung pada kekerasan, ukuran butir, dan karakteristik pori bahan asal. Klasifikasi tekstur permukaan menurut B.S 612 : 1967 yaitu: sangat halus, halus/licin, agak kasar/berbutir, kasar, berkilat, berpori, dan berlubang-lubang (Tesis, A. Kadir Aboe, 1993). Bentuk dan tekstur permukaan agregat sangat mempengaruhi kekuatan beton, kekuatan lenturnya lebih terpengaruh dari pada kekuatan tekannya. Ikatan antara agregat dan pasta semen adalah faktor yang menentukan terhadap kekuatan beton, terutama kekuatan lentur. Ikatan ini disebabkan antara lain oleh interlocking

agregat dengan pasta semen akibat kekasaran permukaan agregat. Permukaan yang lebih kasar menghasilkan gaya adhesif yang lebih besar antara partikel dengan semen. Ikatan yang lebih baik juga diperoleh bila digunakan partikel yang lebih lembut, porous dan yang mineralnya heterogen (Tesis, A. Kadir Aboe, 1993).

Agregat yang baik adalah harus bebas bahan organik, lempung, partikel yang lebih kecil dari saringan no. 100, atau bahan-bahan lain yang dapat merusak campuran beton (Nawy, 1985).

Pada agregat mungkin terdapat bahan-bahan yang merugikan yang dapat dikelompokkan dalam tiga kategori, yaitu: ketidak murnian organik yang dapat mempengaruhi proses hidrasi semen; lapisan permukaan yang mengganggu pembentukan ikatan yang baik antara agregat dengan pasta semen; dan beberapa partikel agregat sendiri yang lemah.

Agregat yang cukup kuat dan tahan aus dapat saja mengalami ketidak murnian organik, yang berakibat tidak memuaskan sebagai bahan pembentuk beton, karena bahan organik dapat mengganggu reaksi kimia hidrasi. Bahan organik yang terdapat pada agregat biasanya berupa humus, bahan ini lebih sering terdapat pada pasir dibanding pada agregat kasar.

Dalam PBI 1971 Pasal 3.3 ayat 3 disebutkan bahwa: "Agregat halus (pasir) tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% (ditentukan terhadap berat kering) yang dapat diartikan bahwa lumpur adalah bagian-bagian yang dapat melalui

ayakan 0,063 mm. Apabila kadar lumpur melampaui 5%, maka agregat harus diurai/dicuci”.

Gradasi agregat adalah distribusi dari ukuran agregat. Sebagai pernyataan gradasi dipakai nilai persentase berat butir yang tertahan atau lolos saringan standar. Gradasi agregat untuk campuran beton akan mempengaruhi (Tesis, A.Kadir aboe,1993):

1. Jumlah semen yang dibutuhkan
2. Jumlah air yang diperlukan
3. Pengecoran, pemadatan beton (workabilitas dan segregasi)
4. Penyelesaian akhir beton.
5. Sifat-sifat beton setelah mengeras

Batas-batas gradasi agregat halus (pasir) untuk campuran beton telah ditetapkan oleh *British Standard* untuk agregat dengan ukuran diameter maksimum 40 mm, 30 mm, 20 mm, dan 10 mm. Karena agregat maksimum yang digunakan untuk campuran beton pasir adalah 4,80 mm, maka digunakan batasan gradasi agregat halus. Batasan gradasi agregat halus (pasir) dikelompokkan dalam empat zone (daerah) seperti pada Tabel 3.1

**Tabel 3.1** Batas Gradasi Pasir

Lubang ayakan (mm)	Persen berat butir yang lewat ayakan			
	1	2	3	4
10	100	100	100	100
4,8	90-100	90-100	90-100	95-100
2,4	60-95	75-100	85-100	95-100
1,2	30-70	55-90	75-100	90-100
0,6	15-34	35-59	60-79	80-100
0,3	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15	0-10	0-10	0-10	0-15

(Sumber : Buku Teknologi Beton, Kardiyono, 1996)

Keterangan : Daerah I = pasir kasar

Daerah II = pasir agak kasar

Daerah III = pasir agak halus

Daerah IV = pasir halus

Kekuatan beton yang telah dipadatkan dengan perbandingan air semen tertentu tidak tergantung dari gradasi agregat, tetapi penting pengaruhnya terhadap *workability*. Namun demikian, karena pertumbuhan kekuatan beton dengan perbandingan air semen tertentu dipengaruhi oleh kepadatannya, kepadatan yang baik hanya dapat dicapai dengan campuran yang *workable*. Salah satu faktor utama yang menentukan pada gradasi agregat yang diinginkan adalah luas permukaan agregat, yang menentukan jumlah air yang dibutuhkan untuk membasahi keseluruhan luas permukaan agregat. Jadi dapat disimpulkan bahwa dengan memperluas gradasi agregat ke arah ukuran maksimum yang lebih besar akan menurunkan kebutuhan air. Sehingga untuk *workability* yang ditentukan,

perbandingan air semen dapat di turunkan, dengan demikian kekuatan beton akan naik.

#### **3.2.1.4 Serat**

Pada penelitian ini, penambahan bahan yang diberikan atau ditambahkan pada campuran adukan beton pasir yaitu berupa serat kawat bendrat. Serat kawat bendrat yang diberikan atau ditambahkan pada campuran adukan beton pasir tersebut disebarkan secara merata dengan perbandingan tertentu. Maksud dari penggunaan serat adalah untuk meningkatkan kualitas beton akibat sifat-sifat kurang baik dari beton. Tujuan dasarnya adalah untuk menulangi beton, agar dapat mencegah terjadinya retakan-retakan mikro dalam beton. Jenis serat yang dipakai adalah serat kawat bendrat. Kawat bendrat termasuk kelompok *steel fiber* yang biasa digunakan sebagai pengikat rangkaian baja tulangan, mempunyai diameter  $\pm 1$  mm dan terbuat dari campuran besi baja tanpa pelapis alumunium atau seng.

### **3.3 Modulus Kehalusan Butir**

Modulus kehalusan butir adalah jumlah persentase komulatif dari butir-butir agregat yang tertahan pada saringan 0,15 – 4,80 mm, hingga ukuran saringan terbesar yang ada, dibagi seratus. Makin tinggi nilai modulus kehalusan butir, menunjukkan makin kasar /makin besar butir-butir agregatnya. Nilai modulus kehalusan butir pasir sekitar 1,5 – 3,8 sedangkan kerikil /batu pecah sekitar 5-8

### 3.4 Faktor Air Semen

Faktor air semen (*fas*) merupakan perbandingan antara berat air dengan berat semen. Abrams telah menyimpulkan bahwa pada bahan-bahan beton dan keadaan pengujian tertentu, jumlah air campuran gradasi dari agregat yang dipakai menentukan kekuatan beton, selama campuran cukup plastis dan dapat dikerjakan

Dapat disimpulkan bahwa hampir untuk semua tujuan, beton yang mempunyai faktor air-semen minimal dan cukup untuk memberikan workabilitas tertentu yang dibutuhkan untuk pemadatan yang sempurna tanpa pekerjaan pemadatan yang berlebihan, merupakan beton yang terbaik (Murdock dan Brook, 1986).

Semakin tinggi nilai *fas*, maka semakin rendah mutu kekuatan beton. Namun demikian, nilai *fas* yang semakin rendah tidak selalu berarti bahwa kekuatan beton semakin tinggi, dalam hal ini ada batas-batas tertentu. Nilai *fas* yang rendah akan menyebabkan kesulitan dalam pengerjaan, yaitu kesulitan dalam pelaksanaan pemadatan yang pada akhirnya akan menyebabkan mutu beton menurun (Tri Mulyono, 2004).

Menurut metoda *Dreux*, dalam perencanaan adukan beton untuk memberikan tingkat workabilitas beton didasarkan pada perbandingan antara berat semen dengan berat air. Setelah didapat jumlah semen dan jumlah air yang dibutuhkan, maka dapat ditentukan nilai faktor air semen yang dipakai dalam perencanaan campuran beton.

### 3.5 Slump

*Slump* merupakan parameter yang digunakan untuk mengetahui tingkat kelecekan suatu adukan beton., yaitu kecairan/kepadatan adukan yang berguna dalam pengerjaan beton, hal ini berkaitan dengan tingkat kemudahan pengerjaan (*workability*). Makin tinggi nilai slump berarti semakin cair adukan beton tersebut, sehingga adukan beton semakin mudah dikerjakan.

Nilai *slump* lebih ditentukan oleh jumlah air dalam adukan, sehingga variasi hanya terjadi pada jumlah semen dan agregat saja, bila nilai slump sama akan tetapi nilai fasnya berubah maka beton akan mempunyai kekuatan lebih tinggi (Kardiono Tjokrodimulyo, 1992).

**Tabel 3.4** Nilai *Slump* (cm)

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

Sumber : Buku Teknologi Beton, Kardiyono, 1996



### 3.6 *Workability*

Newman (1964) dalam Susetiarto dan Priyatna (2003) mendefinisikan *workability* sekurang-kurangnya menjadi 3 sifat yang terpisah, yaitu:

1. Kompaktibilitas, atau kemudahan dimana beton dapat dipadatkan dan rongga udara diambil.
2. Mobilitas, atau kemudahan dimana beton dapat mengalir ke dalam cetakan di sekitar baja dan dituang kembali.
3. Stabilitas, atau kemampuan beton untuk tetap sebagai massa yang homogen dan stabil selama dikerjakan tanpa terjadi pemisahan butiran atau bahan-bahan utamanya.

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa penambahan serat pada adukan beton akan menurunkan kelecakan (*workability*) adukan secara cepat sejalan dengan pertambahan konsentrasi dan aspek rasio serat.

Kemudahan pengerjaan (*workability*) dapat dilihat dari nilai slump yang identik dengan tingkat keplastisan beton. Semakin plastis beton, semakin mudah pengerjaannya. Unsur-unsur yang mempengaruhinya antara lain (Tri Mulyono, 2004):

1. Jumlah air pencampur

Semakin banyak air semakin mudah untuk dikerjakan.

2. Kandungan semen,

Jika FAS tetap, semakin banyak semen berarti semakin banyak kebutuhan air sehingga keplastisannyapun akan lebih tinggi,

3. Gradasi campuran pasir-kerikil

Jika memenuhi syarat dan sesuai dengan standar, akan lebih mudah dikerjakan.

4. Bentuk butiran agregat kasar

Agregat berbentuk bulat-bulat lebih mudah untuk dikerjakan,

5. Butir maksimum

6. Cara pemadatan dan alat pemadat.

Untuk mengetahui tingkat *workability* suatu adukan dapat diperiksa dengan pengujian *slump*. Pengujian *slump* dilaksanakan dengan menggunakan kerucut Abrams, berupa kerucut terpancung dengan diameter atas 10 cm, diameter bawah 20 cm dan tinggi 30 cm. Cara kerjanya adalah adukan beton dimasukkan kedalam kerucut sebanyak tiga lapis dengan perbandingan setiap sepertiga dari tinggi kerucut. Setiap lapis dilakukan pemadatan dengan cara ditusuk sebanyak 25 kali dengan tongkat baja diameter 16 mm dan panjang 60 cm. nilai *slump* diperoleh dari mengukur tinggi penurunan puncak kerucut dari tinggi semula kerucut tersebut, setelah cetakan kerucut ditarik keatas.

Jackson dan Dhir (1983) dalam Lutfhi Zamroni dan Yefta (2004) mengemukakan bahwa tingkat *Workability* berdasarkan nilai *slump* terdiri atas *Medium Workability*, *Low Workability*, dan *Very Low Workability*. Tingkat *Workability* dapat dilihat pada Tabel 3.5

**Tabel 3.5** Tingkat *Workability* Berdasarkan Nilai *Slump*

<i>Slump</i> (mm)	<i>Workability</i>
25-100	<i>Medium</i>
10-50	<i>Low</i>
-	<i>Very Low</i>

Sumber : Jackson dan Dhir (1983)

### 3.7 Segregasi

Segregasi adalah kecenderungan butir-butir kasar untuk lepas dari campuran beton. Hal ini akan mengakibatkan terjadinya sarang kerikil yang pada akhirnya akan menyebabkan beton tersebut keropos. Segregasi disebabkan oleh beberapa hal (Tri Mulyono, 2004):

1. Campuran kurus atau kurang semen
2. Terlalu banyak air
3. Besar ukuran agregat maksimum lebih dari 40 mm
4. Permukaan butir agregat kasar, semakin kasar permukaan butir agregat, maka semakin mudah terjadi segregasi.

### 3.8 *Bleeding*

*Bleeding* adalah kecenderungan air untuk naik kepermukaan pada beton yang baru dipadatkan. Air yang naik pada permukaan akan membawa semen dan butir-butir halus, yang pada saat beton mengeras nantinya akan membentuk selaput (*laitance*). *Bleeding* dipengaruhi oleh (Tri Mulyono, 2004):

1. Susunan butir agregat

Jika komposisinya sesuai, kemungkinan untuk terjadinya *bleeding* kecil.

## 2. Banyaknya air

Semakin banyaknya air berarti semakin besar pula kemungkinan terjadinya *bleeding*.

## 3. Kecepatan hidrasi

Semakin cepat beton mengeras, semakin kecil kemungkinan terjadinya *bleeding*.

## 4. Proses pemadatan

Pemadatan yang berlebihan akan menyebabkan terjadinya *bleeding*

### 3.9 Modulus Elastisitas

Menurut Murdock dan Brook (1991), tolok ukur yang umum dari sifat suatu bahan adalah modulus elastis, yang merupakan perbandingan dari tekanan yang diberikan dengan perubahan bentuk per satuan panjang, sebagai akibat dari tekanan yang diberikan tersebut. Beton merupakan bahan yang bukan benar-benar elastis. Kekuatan yang lebih tinggi biasanya mempunyai harga modulus elastis yang lebih tinggi pula. Modulus elastisitas dapat dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut :

$$E = \frac{f}{\epsilon} \dots\dots\dots(3.8)$$

dimana :  $E$  : modulus elastisitas

$f$  : tegangan

$\varepsilon$  : regangan atau perubahan bentuk per satuan panjang

SK SNI 03-2847-2002 menetapkan untuk nilai berat satuan beton ( $w_c$ ) diantara  $1500 \text{ kg/m}^3$  dan  $2500 \text{ kg/m}^3$ , nilai modulus elastisitas beton ( $E_c$ ) dapat diambil sebesar:

$$E_c = (w_c)^{1,5} 0,043 \sqrt{f'_c} \quad (\text{dalam MPa}) \dots \dots \dots (3.9)$$

Untuk beton normal ( $w_c \pm 23 \text{ kN/m}^3$ ), dapat digunakan nilai  $E_c = 4700 \sqrt{f'_c}$

#### 4.0 Kuat Tekan Beton

Menurut SNI 03-1974-1990 kuat tekan beton adalah besarnya beban per-satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton umur 28 hari hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan.

Kuat tekan beton dipengaruhi oleh sejumlah faktor, selain dari perbandingan air-semen dan tingkat pematatannya (Murdock dan Brook, 1986), diantara faktor penting lainnya sebagai berikut :

1. *Jenis semen dan kualitasnya*, mempengaruhi kekuatan rata-rata dan kuat batas beton.
2. *Jenis dan lekuk-lekuk bidang permukaan agregat*. bahwa agregat akan menghasilkan beton, dengan kuat desak maupun kuat tarik yang lebih besar daripada penggunaan krikil halus dari sungai.

3. *Efisiensi dari perawatan (curing)*. kehilangan kekuatan sampai 40% dapat terjadi bila pengeringan diadakan sebelum waktunya. Perawatan adalah hal yang sangat penting pada pekerjaan lapangan dan pada pembuatan benda uji.
4. *Suhu*, pada umumnya kecepatan pengerasan beton bertambah dengan bertambahnya suhu. Pada titik beku kuat hancur akan tetap rendah untuk waktu yang lama.
5. *Umur*, pada keadaan normal kekuatan beton bertambah dengan umurnya, selain itu kecepatan bertambahnya kekuatan tergantung pada jenis semen.

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

$$\text{Kuat desak beton} \quad f_c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(3.10)$$

dengan :  $f_c$  = kuat tekan benda uji (MPa)

$P$  = beban maksimum (N)

$A$  = Luas penampang benda uji ( $\text{mm}^2$ )

Nilai uji yang diperoleh dari setiap benda uji akan berbeda, karena beton merupakan material yang heterogen, yang kekuatannya dipengaruhi oleh proporsi campuran, bentuk dan ukuran, kecepatan pembebanan, dan oleh kondisi lingkungan pada saat pengujian. Dari kuat tekan masing-masing benda uji

kemudian dihitung kuat tekan beton rata-rata ( $f_{cr}$ ) pada umur 28 hari, dengan kuat desak yang disyaratkan ( $f_c$ ) adalah 25 MPa

$$f_{cr} = \frac{\sum_{i=1}^{N=1} fc(i)}{N} \dots\dots\dots(3.11)$$

dengan :  $f_{cr}$  = kuat tekan beton rata-rata

$fc$  = kuat tekan masing-masing benda uji (MPa)

N = jumlah semua benda uji yang diperiksa

#### 4.1 Kuat Tarik Beton

Kuat tarik beton berkisar seperdelapan belas kuat tekan pada waktu umurnya masih muda, dan berkisar seper dua puluh sesudahnya (Murdock dan Brook, 1986)

Kelebihan beton yang paling utama adalah kemampuannya mendukung tegangan tekan yang cukup tinggi. Meskipun demikian, beton merupakan bahan yang memiliki sifat getas (*brittle*) dan praktis tidak mampu menahan tegangan tarik. Kuat tarik beton hanya berkisar 9%-15% dari kuat tekannya (Dipohusodo,1994).

Menurut SNI 03-2491-2002, nilai kuat tarik tidak langsung dari benda uji beton berbentuk silinder diperoleh dari hasil pembebanan benda uji tersebut yang diletakan mendatar sejajar dengan permukaan meja penekan mesin uji tekan, yang dikenal sebagai uji belah silinder.

Kuat tarik didapatkan dari hasil pengujian pembelahan silinder oleh suatu desakan kearah diameternya sesuai SNI 03-2491-2002. Secara terperinci cara ini diuraikan pada SNI 03-2491-2002 kekuatan tarik dapat dihitung sebagai berikut :

$$f_1 = \frac{2P}{\pi d} \dots\dots\dots(3.12)$$

dimana,  $f_1$  = Kuat tarik (MPa)

$P$  = beban maksimal yang diberikan dalam (N)

$l$  = panjang dari silinder dalam (mm)

$d$  = diameter dalam (mm).

#### 4.2 Kuat Lentur Beton

Menurut SNI 03-4431-1997, kuat lentur beton adalah kemampuan balok beton yang diletakkan pada dua perletakan untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu benda uji, yang diberikan padanya, sampai benda patah dan dinyatakan dalam Mega Pascal (MPa) gaya tiap satuan

Lentur murni adalah suatu lenturan yang berhubungan dengan sebuah balok dibawah suatu momen lentur ("*bending moment*") konstan, yang berarti bahwa suatu momen dimana gaya lintang pada titik tersebut sama dengan nol. Definisi dari lentur dapat di ilustrasikan sebagai berikut :

1. Sebuah balok sederhana yang dibebani secara sistematis oleh dua buah gaya

$$\frac{F}{2} \text{ (Gambar 3.1 a)}$$

2. Gaya lintang ( $V$ ) yang bersangkutan (Gambar 3.1 b)
3. Diagram momen lentur (Gambar 3.1 c)



Kuat tarik didapatkan dari hasil pengujian pembelahan silinder oleh suatu desakan kearah diameternya sesuai SNI 03-2491-2002. Secara terperinci cara ini diuraikan pada SNI 03-2491-2002 kekuatan tarik dapat dihitung sebagai berikut :

$$f_1 = \frac{2P}{\pi d l} \dots\dots\dots(3.12)$$

dimana,  $f_1$  = Kuat tarik (MPa)

$P$  = beban maksimal yang diberikan dalam (N)

$l$  = panjang dari silinder dalam (mm)

$d$  = diameter dalam (mm).

#### 4.2 Kuat Lentur Beton

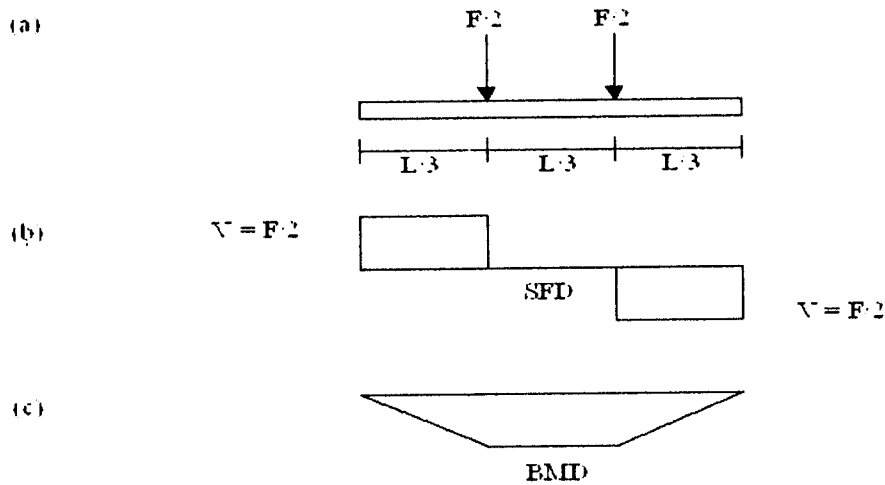
Menurut SNI 03-4431-1997, kuat lentur beton adalah kemampuan balok beton yang diletakkan pada dua perletakan untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu benda uji, yang diberikan padanya, sampai benda patah dan dinyatakan dalam Mega Pascal (MPa) gaya tiap satuan

Lentur murni adalah suatu lenturan yang berhubungan dengan sebuah balok dibawah suatu momen lentur ("*bending moment*") konstan, yang berarti bahwa suatu momen dimana gaya lintang pada titik tersebut sama dengan nol. Definisi dari lentur dapat di ilustrasikan sebagai berikut :

1. Sebuah balok sederhana yang dibebani secara sistematis oleh dua buah gaya

$$\frac{F}{2} \text{ (Gambar 3.1 a)}$$

2. Gaya lintang ( $V$ ) yang bersangkutan (Gambar 3.1 b)
3. Diagram momen lentur (Gambar 3.1 c)



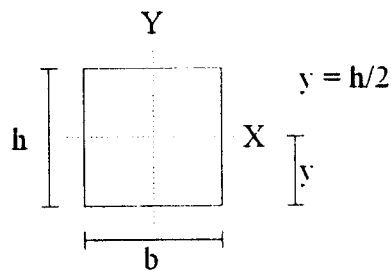
**Gambar 3.1** Balok dengan pusat berada dalam keadaan lentur murni  
 a. balok dengan dua buah gaya simetris , b. diagram gaya lintang,  
 c. diagram momen

Daerah diantara beban tidak memiliki gaya lintang dan hanya dikenakan suatu momen lentur konstan yang besarnya :

$$M = \frac{F L}{2 \cdot 3} \dots\dots\dots (3.13)$$

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 3.2** Bentuk penampang balok

Dan nilai tegangan lentur dapat dinyatakan dalam rumus :

$$\sigma_{lt} = M \cdot y / I \dots\dots\dots (3.14)$$

dimana :  $I = (1/12) b \cdot h^3 \dots\dots\dots (3.15)$

dengan substitusi persamaan dan kedalam persamaan didapat :

$$\sigma_{lt} = \frac{M \cdot (h/2)}{(1/12) \cdot b \cdot h^3} \dots\dots\dots (3.16)$$

$$\sigma_{lt} = \frac{M}{1/6 \cdot b \cdot h^2} \dots\dots\dots (3.17)$$

dengan :  $\sigma_{lt}$  = Kuat lentur (Kg/cm<sup>2</sup>)

F = beban (gaya) (Kg)

L = jarak antara tumpuan (Cm)

b = lebar tampang balok (Cm)

h = tinggi tampang balok (Cm)

## BAB IV

### METODE PENELITIAN

#### 4.1 Umum

Metode penelitian pada dasarnya mengikuti langkah-langkah yaitu: identifikasi, penyeleksian, pendefinisian masalah, penyusunan hipotesis, penyeleksian subyek-subyek dan alat ukur, pemilihan rancangan yang akan digunakan, pelaksanaan prosedur, penganalisaan data, dan penyusunan kesimpulan. Suatu eksperimen disebut valid bila hasil yang diperoleh semata-mata disebabkan oleh pemanipulasian variabel bebas, dan memperoleh hasil yang sama bila dilakukan di luar situasi eksperimen. (Sevilla,dkk,1993)

#### 4.2 Bahan Penelitian

##### 4.2.1 Semen

Dalam penelitian ini semen yang digunakan adalah *portland cement* tipe I dengan merk Semen Gresik kemasan 50 Kg. Pengamatan dilakukan secara visual terhadap kemasan kantong tertutup rapat, bahan butirannya halus serta tidak terjadi penggumpalan.



#### 4.2.2 Agregat

Pada penelitian ini agregat yang digunakan adalah agregat halus (pasir) yang berasal dari Kali Krasak, Tempel, Sleman, Yogyakarta.

Adapun proporsi agregat terdiri atas :

1. Agregat Halus adalah pasir dengan ukuran butir  $\leq 2,40$  mm, dan
2. Agregat Kasar adalah pasir dengan ukuran butir  $> 2,40$  dan  $\leq 4,80$  mm.

#### 4.2.3 Air

Air yang digunakan diambil dari laboratorium bahan konstruksi Teknik Jurusan Teknik sipil, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta. Pemeriksaan hanya dilakukan secara visual dari penampakannya yaitu jernih, tidak berbau, serta dapat digunakan sebagai air minum.

#### 4.2.4 Serat

Serat yang digunakan adalah serat kawat bendrat dengan diameter  $\pm 1,00$  mm dan panjang  $\pm 3, 4, 5, 6$  cm diupayakan berbentuk lurus.

### **4.3 Peralatan penelitian**

#### **4.3.1 Alat pemotong**

Alat pemotong digunakan untuk membuat batangan kawat bendrat menjadi potongan-potongan sesuai dengan ukuran yang kita kehendaki.

#### **4.3.2 Saringan/Ayakan Agregat Halus dan Agregat Kasar**

Saringan ini dipakai untuk memperoleh diameter agregat yang diinginkan. Saringan/ayakan yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari :

1. Saringan/ayakan diameter 4,80 mm, dan
2. Saringan/ayakan diameter 2,40 m.

#### **4.3.3 Timbangan dan Ember**

Timbangan digunakan untuk menimbang bahan-bahan yang akan digunakan, sedangkan ember digunakan sebagai tempat bahan-bahan yang akan ditimbang.

#### **4.3.4 Mistar dan Kaliper**

Mistar dan kaliper digunakan untuk mengukur dimensi benda uji yang akan diteliti dan untuk mengukur pada pengujian nilai *slump*.

#### **4.3.5 Mesin Pengaduk**

Mesin pengaduk (mixer) digunakan untuk mengaduk bahan campuran beton, sehingga dapat diperoleh campuran beton yang homogen.

#### **4.3.6 Cetok dan Talam baja**

Cetok digunakan untuk memasukkan adukan beton ke dalam cetakan, sedangkan talam baja digunakan untuk menampung sementara adukan beton yang dikeluarkan dari mesin pengaduk.

#### **4.3.7 Kerucut Abrams dan Baja Penumbuk**

Kerucut Abrams digunakan untuk mengukur tingkat kelecakan atau *slump* dari adukan beton. Kerucut abrams mempunyai dimensi bagian atas diameter 10 cm, diameter bawah 20 cm, dan tinggi 30 cm. Sedangkan baja Penumbuk digunakan untuk menumbuk adukan yang telah dimasukkan ke dalam cetakan.

#### **4.3.8 Mesin Uji Tekan dan Tarik Beton**

Mesin dengan merek *Control* ini digunakan untuk menguji kuat tekan yang berupa benda uji selinder. Cara pengujian kuat tekan dilakukan dengan meletakkan selinder secara vertikal dan kemudian ditekan dari atas, luas bidang tekan adalah luas alas selinder tersebut. Adapun cara pengujian untuk kuat tarik adalah dengan merebahkan benda uji selinder sehingga bidang kontak ada pada sisi-sisi selimut selinder tersebut. Kapasitas maksimum mesin uji adalah sebesar 2000 kN.

#### **4.3.9 Mesin Uji Lentur Beton**

Mesin dengan merek *Shimidzu* ini merupakan rangkaian dari mesin uji tekan beton, namun alat ini secara khusus telah dilengkapi dengan beban titik (dalam penelitian ini digunakan dua buah beban titik) dan dua tumpuan. Benda uji balok beton diletakkan pada titik tumpu dengan jarak 30 cm kemudian dikenakan beban dari atas membagi tepat menjadi 3 bagian sepanjang bidang tumpu sehingga pada bidang antara dua titik beban merupakan daerah momen maksimum.

#### **4.4 Pelaksanaan Penelitian**

Secara garis besar pelaksanaan penelitian ini terdiri atas tahapan sebagai berikut :

##### **4.4.1 Tahapan Persiapan bahan**

Pada penelitian ini persiapan bahan dimulai dengan pemilihan agregat yang akan dipakai. Agregat yang dipakai adalah yang lolos saringan 4,80 mm. Pemilihan agregat dilakukan dengan cara memisahkan pasir yang lolos saringan 2,40 mm dan tertahan saringan 2,40 mm. Kemudian dilanjutkan pemeriksaan terhadap agregat yang meliputi:

- 1. Pemeriksaan Kadar Lumpur.**

Sampel agregat yang akan di uji diambil seberat 500 gr, lalu dibersihkan dengan air, dengan menggunakan



saringan no.200 sampai air di wadah kelihatan bening. Kemudian sampel agregat dimasukkan ke dalam oven dan didiamkan selama 24 jam. Setelah itu ditimbang berat agregat yang telah dioven.

Dari hasil pemeriksaan diperoleh kandungan lumpur :

- untuk pasir halus (pasir) = 4,8 %
- untuk pasir kasar (kerikil) = 0,84 %

Berarti agregat yang akan digunakan sudah memenuhi syarat agregat untuk pekerjaan beton baik menurut PBI-1971. Untuk itu agregat yang dipakai dalam penelitian ini tidak perlu dicuci terlebih dahulu sebelum digunakan.

## 2. Analisa Saringan dan Modulus Kehalusan.

Analisa saringan bertujuan untuk mengetahui distribusi butir (gradasi) halus dengan menggunakan saringan yang tersedia. Gradasi dan Modulus Kehalusan dipergunakan untuk menentukan komposisi material pembentuk beton.

Dari hasil analisa saringan diperoleh Modulus Kehalusan Butir  $M_f = 2,31$

## 3. Penentuan *Spesific Gravity* (berat jenis)

Berat jenis digunakan untuk menentukan volume yang diisi oleh agregat. Berat jenis dari agregat pada akhirnya akan menentukan berat jenis dari beton sehingga secara langsung menentukan banyaknya campuran agregat dalam

campuran beton. Berat jenis agregat mempunyai hubungan dengan daya serap air dalam agregat, bila semakin tinggi nilai berat jenis agregat maka semakin kecil daya serap air dalam agregat tersebut.

Dari hasil pemeriksaan diperoleh berat jenis jenuh kering muka pasir atau SSD untuk pasir halus adalah  $2,35 \text{ gr/cm}^3$  dan  $2,4 \text{ gr/cm}^3$  untuk pasir kasar.

Tahapan selanjutnya dalam penelitian ini adalah pemotongan kawat bendrat dengan ukuran diameter  $\pm 1,0 \text{ mm}$  sepanjang  $\pm 3, 4, 5, 6 \text{ cm}$  berbentuk lurus, sebanyak 1,5% dari berat beton.

#### 4.4.2 Pembuatan dan Perawatan Benda Uji

Adapun langkah-langkah pembuatan beton atau proses pengadukan beton (*mix design*) dan perawatan beton dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Masukkan agregat kasar dan agregat halus, dalam penelitian ini agregat kasar adalah pasir kasar dengan ukuran agregat  $> 2,40 \text{ mm}$  dan  $< 4,80 \text{ mm}$ , Sedangkan agregat halus yang digunakan adalah pasir halus dengan ukuran agregat  $\leq 2,40 \text{ mm}$ , kemudian molen di jalankan,
2. Masukkan semen, kemudian molen di jalankan

3. Setelah agregat dan semen telah terlihat bercampur (*homogen*), Setelah semen, agregat, dan serat benar-benar bercampur (*homogen*), masukan air dan molen di jalankan, kemudian masukkan serat kawat bndrat dengan tangan secara perlahan-lahan dan hati-hati agar tidak terjadi penggumpalan atau (*balling effect*), kemudian molen di jalankan,
4. Setelah semua bahan penyusun beton telah terlihat bercampur (*homogen*), adukan di uji nilai *slump*. Dalam penelitian ini nilai slump yang di ambil sebesar 10 cm, namun pada hasil pengujian nilai *slump* yang di peroleh sebesar 4 cm.  
Jadi pada penelitian ini, berat air yang dibutuhkan dalam  $1\text{m}^3$  yang semula seberat 250 kg.
5. Kemudian adukan beton siap dimasukan ke dalam cetakan silinder dan balok dengan cara di tusuk-tusuk dan silinder/balok dipukul dengan palu karet, agar beton benar-benar padat dan tidak terjadi keropos pada beton,
6. Setelah 24 jam dalam cetakan, silinder dan balok beton dikeluarkan dari dalam cetakan untuk kemudian direndam selama 28 hari. Setelah direndam selama 28 hari, beton dikeluarkan dari tempat perendaman dan dibiarkan di tempat terbuka selama 24 jam sebelum diuji.

Pembuatan benda uji terdiri atas 5 variasi, dengan menggunakan panjang serat kawat bendrat yaitu 3; 4; 5; dan 6 cm dan tanpa menambahkan serat kawat bendrat, dengan komposisi penambahan serat kawat bendrat sebesar 1,5 % dari berat beton. Tiap variasi digunakan 11 buah benda uji yang terdiri atas:

1. 5 buah benda uji tekan dengan selinder diameter 15 cm dan tinggi 30 cm,
2. 3 buah benda uji tarik dengan selinder diameter 15 cm dan tinggi 30 cm, dan
3. 3 buah benda uji lentur dengan balok 10 x 10 x 40 (cm)

#### **4.4.3 Pelaksanaan Pengujian**

Pada tahap pengujian ini benda uji sebelum dilakukan pengujian ditimbang dan diukur dimensinya, kemudian semua data yang menyangkut benda uji dicatat dalam formulir yang telah disediakan. Pengujian dilakukan dalam tiga tahapan yaitu:

##### **1. Pengujian Kuat Tekan**

Pengujian dilakukan dengan menggunakan benda uji selinder beton. Benda uji ditekan dengan menggunakan mesin uji tekan (*compressed testing machine*) dengan kecepatan 265 kN/menit untuk benda uji selinder.

## 2. Pengujian Kuat Tarik

Untuk pengujian kuat tarik dilakukan dengan menggunakan uji belah selinder (*tensile splitting cylinder test*). Benda uji selinder diletakkan pada alat uji dalam posisi rebah. Beban vertikal diberikan sepanjang selimut selinder berangsur-angsur dinaikkan pembebanannya dengan kecepatan 265 kN/menit hingga dicapai nilai maksimum dan selinder terbelah oleh karena beban tarik horizontal.

## 3. Pengujian Kuat Lentur

Benda uji yang dipakai adalah sebuah balok yang memiliki dimensi 10x10x40 (cm). Balok diletakkan diatas dua tumpuan dimana jarak antar tumpuan sepanjang 30 cm. Diantara dua tumpuan tersebut dikenakan dua beban setempat sehingga seolah-olah balok terbagi menjadi 3 bagian yang sama panjang. Beban dinaikkan dengan kecepatan 2000 N/menit. Beban maksimum yang terjadi digunakan sebagai dasar perhitungan kuat lenturnya.

### 4.4.4 Perencanaan Campuran Beton

Perencanaan campuran adukan beton dalam penelitian ini menggunakan metoda *Dreux*.

Urutan perhitungan campuran beton adalah sebagai berikut :

1. Menghitung perbandingan berat semen dengan air.

## 2. Pengujian Kuat Tarik

Untuk pengujian kuat tarik dilakukan dengan menggunakan uji belah selinder (*tensile splitting cylinder test*). Benda uji selinder diletakkan pada alat uji dalam posisi rebah. Beban vertikal diberikan sepanjang selimut selinder berangsur-angsur dinaikkan pembebanannya dengan kecepatan 265 kN/menit hingga dicapai nilai maksimum dan selinder terbelah oleh karena beban tarik horizontal.

## 3. Pengujian Kuat Lentur

Benda uji yang dipakai adalah sebuah balok yang memiliki dimensi 10x10x40 (cm). Balok diletakkan diatas dua tumpuan dimana jarak antar tumpuan sepanjang 30 cm. Diantara dua tumpuan tersebut dikenakan dua beban setempat sehingga seolah-olah balok terbagi menjadi 3 bagian yang sama panjang. Beban dinaikkan dengan kecepatan 2000 N/menit. Beban maksimum yang terjadi digunakan sebagai dasar perhitungan kuat lenturnya.

### 4.4.4 Perencanaan Campuran Beton

Perencanaan campuran adukan beton dalam penelitian ini menggunakan metoda *Dreux*.

Urutan perhitungan campuran beton adalah sebagai berikut :

1. Menghitung perbandingan berat semen dengan air.

Berdasarkan kuat tekan rata-rata pada umur 28 hari .

$$\sigma_{28} = G \cdot \sigma_c [ C/E - 0,5 ]$$

dimana :

$\sigma_{28}$  = kuat tekan rata-rata pada umur 28 hari, didasarkan  
benda uji silinder 15 cm x 30 cm

$\sigma_c$  = kekuatan tekan semen

G = faktor granular

C = berat semen per- $m^3$

E = berat air per- $m^3$

Dalam penelitian ini, perencanaan campuran mikro beton  
didasarkan pada :

-  $\sigma_{28} = 250 \text{ kg/cm}^2$  (silinder)

-  $\sigma_c = 500 \text{ kg/cm}^2$

Faktor granular diklasifikasikan menurut kualitas butiran dan  
diameter maksimum butiran, seperti ditunjukkan pada Tabel 4.1.

Pada penelitian ini diambil nilai faktor granular (G) = 0,45 yaitu  
dengan memperhatikan kualitas butiran normal dan ukuran  
agregat maksimum ( $D < 16 \text{ mm}$ ).

Tabel 4.1 Faktor Granular Butiran

Kualitas butiran	Ukuran Agregat D (mm)		
	Halus	Sedang	Kasar
	D < 16	25 < D < 40	D > 63
Baik sekali	0,55	0,60	0,65
Normal	0,45	0,50	0,55
Dapat dipakai	0,35	0,40	0,45

Sehingga diperoleh hubungan antara semen dan air dengan

menggunakan rumus :

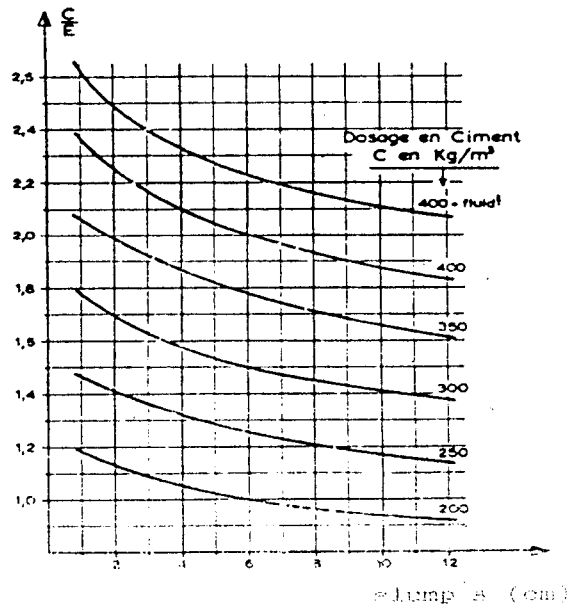
$$\sigma_{28} = G \cdot \sigma_c [ C/E - 0,5 ]$$

$$250 = 0,45 \cdot 500 [ C/E - 0,5 ]$$

$$C/E = 1,61$$

Menentukan berat semen dari grafik Nilai *Slump* dan C/E. Pada penelitian ini dipakai nilai slump = 10 cm





**Gambar 4.1 :** Kurva hubungan antara perbandingan jumlah semen dengan air (C/E) dan nilai Slump (A)

Dari gambar 1, didapat jumlah semen per- $m^3$  beton pasir :

$$C = 350 \text{ kg}$$

Menghitung berat air

$$\text{Berat air ( E )} = \text{Berat semen} / ( C/E )$$

Sehingga kebutuhan air per- $m^3$  beton pasir :

$$E = 350/1,61 = 217,39 \text{ liter}$$

Berat air tersebut harus dikoreksi, besar koreksi harus disesuaikan dengan diameter maksimum agregat yang digunakan. Hubungan koreksi air dan diameter yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 4.2.

**Tabel 4.2** Koreksi Kadar Air

D (mm)	5	10	16	25	40	63	100
Koreksi (%)	+15	+9	+4	0	-4	-8	-12

karena ukuran maksimum agregat yang digunakan  $4,80 \text{ mm} \approx 5 \text{ mm}$ ,  
maka jumlah air dikoreksi dengan ditambah 15%, sehingga menjadi :

$$\begin{aligned} E \text{ (terkoreksi)} &= 217,39 + (15\% \cdot 211,18) \\ &= 249,99 \text{ liter} \approx 250 \text{ liter} \end{aligned}$$

Setelah jumlah air dikoreksi sesuai dengan maksimum agregat yang  
dipakai, secara otomatis jumlah semen yang dibutuhkan dalam  
campuran beton berubah menjadi :

$$\begin{aligned} C \text{ (terkoreksi)} &= E \text{ (terkoreksi)} \cdot 1,61 \\ &= 250 \cdot 1,61 \\ &= 402,5 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\text{atau, } C \text{ (terkoreksi)} = 350 + (15\% \cdot 340)$$

$$C \text{ (terkoreksi)} = 402,5 \text{ kg}$$

2. Menentukan perbandingan antara butiran halus ( pasir ) dan butiran kasar (kerikil atau batu pecah).

Secara umum bentuk kurva distribusi butiran agregat (kurva gradasi) berupa garis cembung, sedang campuran agregat untuk beton, yang merupakan gabungan antara agregat kasar dan agregat halus haruslah berupa garis cekung. Karena itu terlebih dahulu harus dicari kurva patokan ( " reference curve"), yang sedapat mungkin harus didekati oleh granulometri gabungan antara kedua agregat. Kurva patokan berupa kurva bilinear dengan titik patah A ( x , y )

Agregat halus (pasir) yang digunakan untuk campuran beton pasir dalam penelitian ini, dikelompokkan dua fraksi, yaitu :

- pasir halus : ukuran butir 0 – 2,40 mm
- pasir kasar : ukuran butir 2,40 – 4,80 mm

Sedang komposisi pasir halus dan pasir kasar ditentukan berdasarkan koordinat titik patah A ( x ; y ) dari kurva patokan.

Absis dan koordinat titik patah menurut Dreux ditentukan seperti berikut.

- Absis x berdasarkan ukuran maksimum butiran ( D mm)
  - jika  $D \leq 25$  mm, maka  $x = D / 2$  .....(4.2)
  - jika  $D > 25$  mm, maka  $x = ( D - 5 ) / 2$  .....(4.3)
- Ordinat y dipengaruhi oleh ukuran maksimum agregat ( D ), jumlah semen per- $m^3$  beton, jenis agregat dan cara pemadatannya ( K ), dan Modulus kehalusan butir agregat halus ( Ks ), seperti ketentuan dibawah ini :

$$y = 50 - \sqrt{D + K + Ks}$$

Harga-harga K, Ks, Kp dapat dilihat pada Tabel 4.3

Tabel 4.3 Harga-harga K, Ks, Kp

Pemadatan		Lemah		Normal		Kuat	
Jenis agregat		alam	Pecah	alam	pecah	alam	pecah
Dosis Semen kg/m <sup>3</sup> beton	400+fluid	-2	0	-4	-2	-6	-4
	400	0	+2	-2	0	-4	-2
	350	+2	+4	0	+2	-2	0
	300	+4	+6	+2	+4	0	+2
	250	+6	+8	+4	+6	+2	+4
	200	+8	+10	+6	+8	+4	+6
Koreksi Ks : jika $M_f \neq 2,50$		$\rightarrow K_s = 6 M_f - 15$					
Koreksi Kp : untuk beton yang dipompa		$\rightarrow K_p = +5 @ +10$					

$$y = 50 - \sqrt{D} + K + K_s$$

Maka : - Absis :  $x = 4,80 / 2 = 2,4$

- ordinat :  $y = 50 - \sqrt{D} + K + K_s ; K = 0$

$$M_f = 2,31$$

$$K_s = 6 \cdot (2,31) - 15 = -1,14$$

$$y = 50 - \sqrt{4,80} - 2 - 1,14$$

$$= 44,66 \approx 45$$

- koordinat titik patah : A (2,4 ; 45)

diperoleh komposisi :

- pasir halus ( 0 – 2,4 mm) : 45%

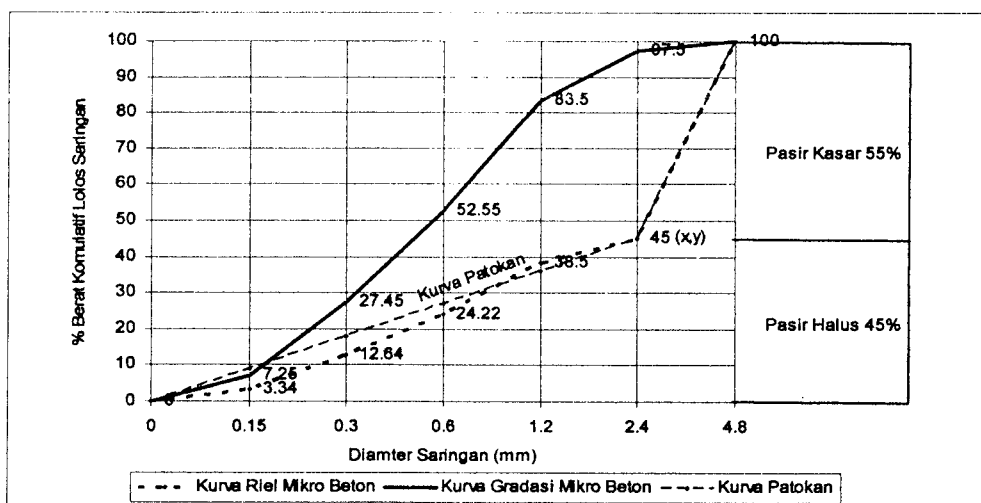
- pasir kasar ( 2,4 – 4,80 mm) : 55%

Dengan menggunakan hasil analisa saringan (kurva gradasi) seperti pada

Tabel 4.4, dapat digambarkan kurva riel

**Tabel 4.4** Distribusi Butiran Agregat untuk Beton Pasir

Pasir	Lubang Saringan (mm)	Tertahan			% Lolos Pasir halus	% Lolos Pasir Gab.	% Kumulatif Lolos Pasir Gab
		Berat (gram)	% pasir	%pasir halus			
Halus 45%	Wadah	145	7,43	7,43			
	0,15	404	20,71	20,71	7,43	3,34	3,34
	0,30	502	25,74	25,74	20,71	9,3	12,64
	0,60	619	31,74	31,74	25,74	11,58	24,22
	1,20	280	14,35	14,35	31,74	14,28	38,5
	2,40				14,35	6,5	45
	Jumlah Pasir halus	1950		100,00			
Kasar 55%	2,4	50	2,5	2,5			
	4,80					55,00	100,00
Jumlah		2000	100,00			100,00	

**Gambar 4.2** Kurva Riel, Kurva Gradasi, Kurva Patokan Beton Pasir

**Tabel 4.5** Klasifikasi Plastisitas Beton

Plastisitas Beton	Slump	Pemadatan
Sangat Kental	0 – 20	Penggetaran sangat kuat
Kental	30 – 50	Penggetaran yang baik
Plastis	60 – 90	Penggetaran normal
Lembek	100 – 120	Tusukan
Encer	≥ 140	Tusukan lemah

**Tabel 4.6** Koefisien Kekompakan Beton ( $\gamma$ )

Kekentalan beton	Cara pemadatan	Koefisien Kekompakan ( $\gamma$ )						
		D=5	D=10	D=16	D=25	D=40	D=63	D=100
Lembek	Tusukan	0,750	0,780	0,795	0,805	0,810	0,815	0,820
	P. lemah	0,755	0,785	0,800	0,810	0,815	0,820	0,825
	P. normal	0,760	0,790	0,805	0,815	0,820	0,825	0,830
Plastis	Tusukan	0,760	0,790	0,805	0,815	0,820	0,825	0,830
	P. lemah	0,765	0,795	0,810	0,820	0,825	0,830	0,835
	P. normal	0,770	0,800	0,815	0,825	0,830	0,835	0,840
	P. kuat	0,775	0,805	0,820	0,830	0,835	0,840	0,845
Kental	P. lemah	0,775	0,805	0,820	0,830	0,835	0,840	0,845
	P. normal	0,780	0,810	0,825	0,835	0,840	0,845	0,850
	P. kuat	0,785	0,815	0,830	0,840	0,845	0,850	0,855

- Harga-harga  $\gamma$  diatas berlaku untuk butiran alam, jika tidak harga  $\gamma$  dikoreksi:
  - 0,01 untuk pasir alam + batu pecah
  - 0,03 untuk butiran dari batu pecah
- Untuk butiran ringan, harga  $\gamma$  dikurangi dengan 0,03
- Untuk  $C \neq 350 \text{ kg/m}^3$ , harga  $\gamma$  dikoreksi dengan :  
 $(C - 350) / 5000$

Dari uraian diatas, telah diketahui jumlah semen dan air untuk setiap  $\text{m}^3$  beton pasir, sedang untuk agregat baru diperoleh persentase untuk setiap fraksi. Jumlah agregat ditentukan berdasarkan koefisien kekompakan ( $\gamma$ ), yaitu

Jumlah agregat ditentukan berdasarkan koefisien kekompakan ( $\gamma$ ), yaitu koefisien yang menyatakan volume absolut beton yang terisi material padat (semen dan agregat), pada Tabel 4.5

Koefisien kekompakan tergantung plastisitas beton, pada Tabel 4.6, cara pemadatan dan ukuran maksimum agregat,

Pada penelitian ini dipilih:

Beton Plastis	}	Koefisien kekompakan $\gamma = 0,770$
Pemadatan normal		
D = 4,80 mm $\approx$ 5 mm		

$$\begin{aligned} \text{Volume Absolut} &= 1000 \cdot \gamma \\ &= 1000 \cdot 0,770 \\ &= 770 \text{ liter/m}^3 \text{ beton} \end{aligned}$$

$$\text{Volume Absolut Semen} = \frac{402,5}{3,1} = 129,83 \text{ liter}$$

$$\text{Volume Absolut Pasir} = 770 - 129,83 = 640,17 = 650,17 \text{ liter}$$

$$\text{Volume Absolut Pasir Halus} = 45\% \cdot 640,17 = 288,07 \approx 288 \text{ liter}$$

$$\text{Volume Absolut Pasir Kasar} = 55\% \cdot 640,17 = 352,09 \approx 352 \text{ liter}$$

Sehingga diperoleh komposisi campuran untuk 1 m<sup>3</sup> beton pasir :

$$\text{Berat Semen} = 402,5 \text{ kg}$$

$$\text{Berat Air} = 250 \text{ kg}$$

$$\text{Berat Pasir Halus} = 288 \cdot 2,4 = 691,2 \text{ kg}$$

$$\text{Berat Pasir Kasar} = 352 \cdot 2,4 = \underline{844,8} \text{ kg}$$

$$\text{Berat beton} = 2188,5 = 2189 \text{ kg}$$

### **Kebutuhan Serat**

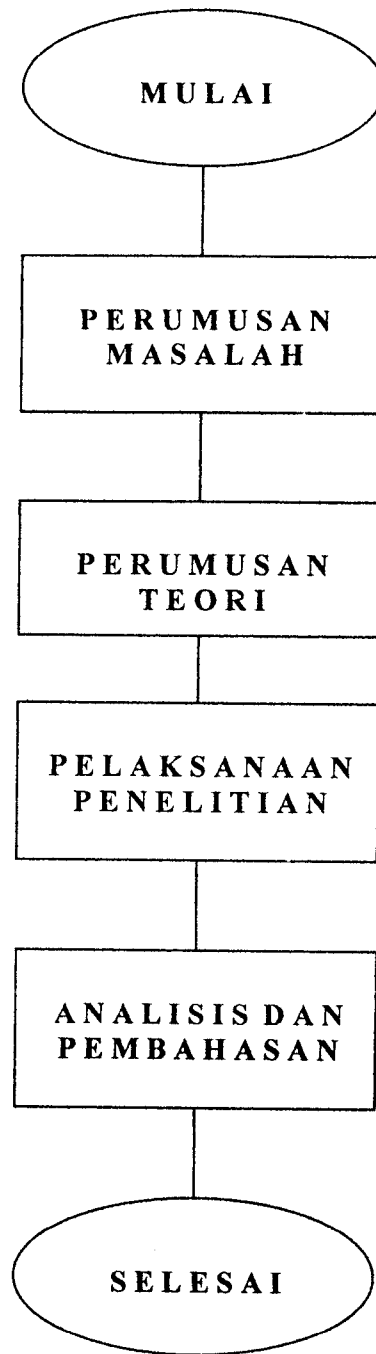
Kebutuhan komposisi serat dari berat beton tiap 1 m<sup>3</sup> dapat dilihat pada

Tabel 4.7,

**Tabel 4.7** Komposisi serat dari berat beton tiap 1 m<sup>3</sup>

NO	Persentase serat (%)	Berat serat (kg)
1	1,5	32,83





**Gambar 4.3** FLOW CHART PENELITIAN

## BAB V

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 5.1 Umum

Penelitian ini merupakan studi eksperimen yang dilaksanakan di Laboratorium, dalam pelaksanaan penelitian ini kami menggunakan Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik FTSP Universitas Islam Indonesia.

Dalam pengerjaan beton dengan penambahan fiber juga perlu mendapat perhatian khusus adalah masalah *fiber dispersion*, yang menyangkut teknik pencampuran fiber ke dalam adukan agar dapat tersebar merata dengan orientasi yang random, masalah *workability* (kelecekan adukan), yang menyangkut kemudahan dalam proses pengerjaan/pemadatan, dan masalah *mix design/proportion* untuk memperoleh mutu tertentu dengan kelecekan yang memadai.

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

Dalam bab ini akan diuraikan tentang proses pembuatan benda uji yang meliputi nilai *slump* dan tingkat *workability* serta akan disajikan pula hasil pengamatan dan hasil akhir dari pengujian yang meliputi uji tekan, uji tarik, dan uji lentur.

## 5.2 Nilai *Slump* dan *Workability*

Nilai slump mempengaruhi workability, semakin tinggi nilai slump maka semakin mudah proses pengerjaan beton (workability), dalam penelitian ini nilai slump sebelum dan sesudah penambahan serat kawat bendrat sama-sama terjadi penurunan yang diakibatkan banyak faktor, diantaranya adalah dalam proses pembuatan/pengerjaan beton segar dilakukan pada saat cuaca panas, selain itu juga akibat lamanya adukan dalam molen dan lain sebagainya.

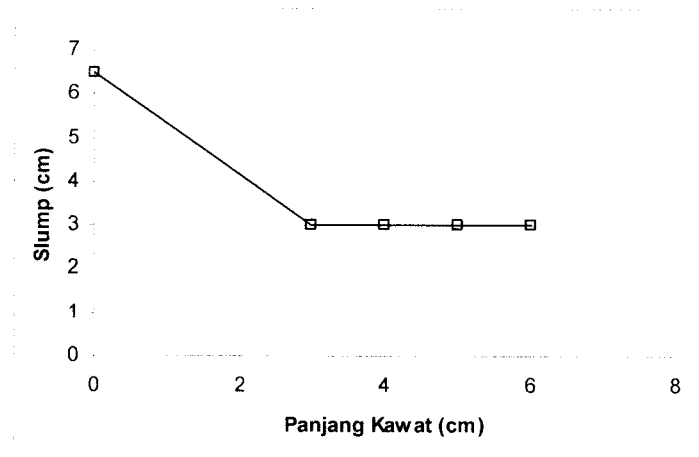
Pada penelitian-penelitian terdahulu juga telah membuktikan bahwa penambahan *fiber* pada adukan beton akan menurunkan nilai *slump*. Seiring dengan menurunnya nilai *slump* pada adukan, maka tingkat *workability* juga akan menjadi menurun, Dengan kata lain, semakin banyak penambahan *fiber* dalam adukan beton, maka semakin menurun tingkat *workability*-nya. Jhon dan Dhir (1983) juga mengemukakan bahwa nilai *slump* di bawah 10 mm memiliki tingkat *workability* yang sangat rendah atau dengan kata lain boleh dikatakan tidak memiliki nilai *slump* (nilai *slump* nol). Bambang Suhendro (2000) juga mengemukakan bahwa beton dengan penambahan *fiber* (baja) perlu mendapat perhatian khusus diantaranya adalah masalah *workability*, yang menyangkut kemudahan dalam proses pengerjaan/pemadatan. Semakin banyak volume fraksi *fiber* dalam adukan, maka akan menjadikan beton *fiber* menjadi sulit untuk dikerjakan. Penurunan nilai slump dapat dilihat pada grafik hubungan nilai slump dengan panjang kawat dapat dilihat pada Tabel 5.1 dan gambar 5.1

Tabel 5.1 Nilai Slump

Kode Benda Uji	Panjang Kawat (cm)	Slump (cm)
BP-0%	0	6,5
BPKB-1,5%-3	3	3,1
BPKB-1,5%-4	4	3,
BPKB-1,5%-5	5	3,2
BPKB-1,5%-6	6	3,15

Keterangan:

BP : Beton Pasir, BPKB : Beton Pasir Kawat Bendrat



Gambar 5.1 Grafik Hubungan Antara Slump Dan Panjang Kawat

Dari tabel dan grafik diatas dapat dilihat bahwa, masing-masing panjang *fiber* memiliki nilai slump yang hampir sama dikarenakan volume fraksi *fiber* yang sama, ini berarti panjang serat pengaruhnya sangat kecil terhadap nilai slump, volume fraksi *fiber* yang berpengaruh terhadap penurunan nilai slump.

Ary Novrizaldy (2005) juga meneliti bahwa penambahan *fiber* kawat bendrat dalam adukan beton pasir akan menurunkan nilai *slump*, yang mengakibatkan menurunnya tingkat *workability* dari beton. Aspek rasio *fiber*

dan peningkatan volume fraksi *fiber* memberi pengaruh terhadap tingkat *workability* dari beton pasir

Brigg, dkk juga meneliti bahwa *fiber* berasio rasio ( $l/d > 100$ ) akan menyebabkan *fiber* menggumpal bersama-sama sehingga sangat sulit untuk disebarkan secara merata di dalam adukan beton.

Dalam penelitian ini, aspek rasio *fiber* yang digunakan sebesar 30,61; 40,81; 50,02; 60,22 yang masih jauh dari batas kritis (100) sehingga *fiber* masih memungkinkan untuk disebarkan oleh alat pengaduk dan penggunaan agregat maksimum 4,8 mm dalam penelitian ini juga memungkinkan untuk beton masih dapat diaduk. Perkiraan konsentrasi *fiber* atau volume fraksi *fiber* yang mengakibatkan adukan beton menjadi sulit untuk diaduk, berikut ini perkiraan konsentrasi serat yang mengakibatkan adukan beton serat menjadi sulit diaduk:

$$\begin{aligned} PW_{c_{crit}} &= 75 \cdot \frac{\pi \cdot \gamma_f}{\gamma_c} \cdot \frac{d}{l} \cdot K \\ &= 75 \cdot \frac{\pi \cdot 6,68}{2,5} \cdot \frac{0,98}{60} \cdot K \\ &= 10,2830 K \end{aligned}$$

dimana:

$$K = \frac{W_m}{W_m + W_a}$$

$$= \frac{10,224 + 6,336 + 17,568}{21,45 + 10,224 + 6,336 + 17,568}$$

$$= 0,6140$$

sehingga  $PW_{crit} = 10,2830 \times 0,6140$

$$= 6,3143 \% \text{ (setiap adukan beton)}$$

Total berat adukan beton untuk setiap adukan dengan menggunakan benda uji silinder adalah 55,578 kg (1,20 x 11,58 kg x 4 silinder), sehingga berat kandungan *fiber* kritis setiap adukannya adalah sebesar:

$$W_{fiber} = 6,3143 \% \times 55,578 \text{ kg}$$

$$= 3,5097 \text{ kg}$$

Dari perhitungan diatas dapat disimpulkan bahwa penambahan *fiber* sebesar 1,5% dari adukan beton atau seberat 0,8352 kg (1,5% x 55,578 kg) masih cukup jauh dari batas kritis kemudahan dalam proses pengadukan beton.

### 5.3 Kuat Tekan

Besarnya Kuat tekan pada penelitian ini diperoleh dari hasil pengujian kuat tekan beton setelah berumur 28 hari, untuk setiap variasi panjang serat, yang masing-masing variasi dibuat 5 sampel dengan presentase serat sebesar 1,5% untuk setiap sampelnya.

Contoh penghitungan untuk mencari kuat tekan benda uji beton silinder sebagaimana terlihat pada tabel 5.1 dari hasil pengujian beton pasir didapat:

$$P = 421,10 \text{ kN} = 42976,5549 \text{ kg}$$

$$d = 14,90 \text{ cm}$$

$$A = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$$

$$= 174,2779 \text{ cm}^2$$

$$q\sigma_{tk} = \frac{P}{A}$$

$$= \frac{42976,5549}{174,2779}$$

$$= 24,5979 \text{ kg/cm}^2 = 24,6598 \text{ MPa}$$

Demikian seterusnya sehingga didapatkan data kuat tekan beton normal masing-masing benda uji, selanjutnya dirata-rata untuk mendapatkan nilai kuat tekan betonnya. Hal tersebut untuk setiap variabel benda uji.

Adapun contoh penghitungan untuk persentase penambahan kuat tekan dengan penambahan serat terhadap beton pasir tanpa penambahan serat sebagaimana dapat dilihat pada tabel 5.2 didapat:

$$\text{Kuat tekan beton pasir} = 24,6156 \text{ MPa}$$

$$\text{Kuat tekan beton pasir serat 1,5\% panjang serat 3 cm} = 30,2602 \text{ MPa}$$

$$\text{Penambahan Kuat tekan} = \frac{(30,2602 - 24,6156)}{24,6156} \times 100$$

$$= 22,93 \%$$

Demikian seterusnya untuk variabel yang berbeda dengan pengurang dan pembagi tetap yaitu kuat tekan beton pasirnya.

**Tabel 5.2**

Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Dan Prosentase Perubahan Kuat Tekan

No	Kode Benda Uji	Panjang serat (cm)	Kuat tekan (MPa)	Perubahan (%)
1	BP-0%	-	24,6156	0
2	BPKB-1,5%-3	3	30,2602	22,93
3	BPKB-1,5%-4	4	31,0655	26,20
4	BPKB-1,5%-5	5	29,0862	18,16
5	BPKB-1,5%-6	6	25,9062	5,24

Keterangan:

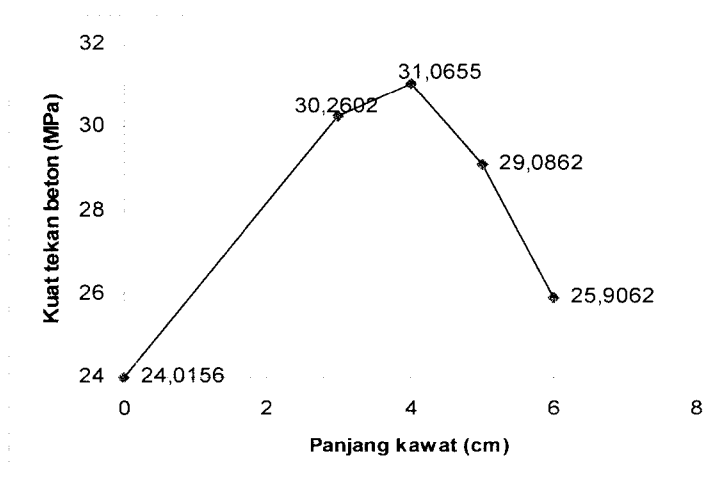
BP : Beton Pasir

BPKB : Beton Pasir Kawat Bendrat

Dari Tabel 5.2 dapat dilihat bahwa dengan penambahan *fiber* kawat bendrat akan meningkatkan kuat tekan beton tersebut, panjang kawat bendrat yang dicampurkan kedalam adukan beton juga memiliki pengaruh terhadap kuat tekan beton.

Dari hasil penelitian dengan menggunakan kawat bendrat lurus sebagai serat dengan volume serat 1,5% dengan panjang serat 3, 4, 5, dan 6 cm, terjadi peningkatan kuat tekan. Pada tabel 5.3 dapat dilihat bahwa pengaruh panjang *fiber* yang bervariasi dengan volume fiber sebesar 1,5% akan meningkatkan kuat tekan beton *fiber*, peningkatan terbesar dicapai pada panjang kawat 4 cm yaitu sebesar 26,20%, Grafik hubungan antara panjang kawat dengan kuat tekan dapat dilihat pada gambar 5.2





**Gambar 5.2** Grafik Hubungan Panjang Kawat Dengan Kuat Tekan

Dari grafik diatas juga bisa dilihat bahwa peningkatan kekuatan beton pasir ke beton pasir dengan penambahan serat tidak linier, setelah panjang kawat serat 4 cm kekuatan beton menurun, dan bisa dikatakan bahwa panjang serat kawat 4 cm merupakan panjang serat optimum. Peningkatan kuat tekan dimungkinkan terjadi karena adanya penambahan *fiber* kawat bendrat dalam adukan beton memungkinkan beton seolah-olah terkekang sehingga mampu menahan tegangan yang terjadi akibat pembebanan, dengan demikian akan membatasi retak yang berlebihan sehingga keruntuhan yang terjadi akan lebih lambat karena tertahan oleh kuat lekatan (*bond strength*) antara *fiber* dan beton.

Pada panjang kawat 4 cm, kuat lekatan antara fiber dan beton bisa dikatakan cukup, sehingga menghasilkan kuat tekan yang lebih besar dibandingkan panjang serat kawat yang lainnya, volume dan aspek ratio serat juga berpengaruh terhadap peningkatan dan penurunan kuat tekan beton

pasir, pada penelitian ini volume serat yang digunakan untuk semua benda uji sama yaitu sebesar 1,5% sedangkan aspek ratio yang digunakan berbeda sehingga untuk aspek ratio serat yang kecil dimungkinkan serat kawat dapat tersebar secara merata dikarenakan secara kuantitas jumlahnya lebih banyak sehingga kuat tekannya meningkat, walaupun aspek rasio serat dengan panjang 3 cm lebih kecil dari serat yang 4 cm, tetapi panjang serat tidak mencukupi sebagai panjang lekat. Hal ini ditunjukkan tercabutnya sebagian besar serat pada pecahan benda uji panjang serat 3 cm, sehingga kuat tekannya lebih rendah dari beton pasir serat dengan panjang serat 4 cm, pada panjang kawat 5 dan 6 cm terjadi penurunan kekuatan, dimungkinkan terjadi karena aspek rasio serat yang besar dibandingkan panjang serat 4 cm sehingga serat kawat kurang tersebar dengan merata yang menyebabkan kuat tekannya menurun.

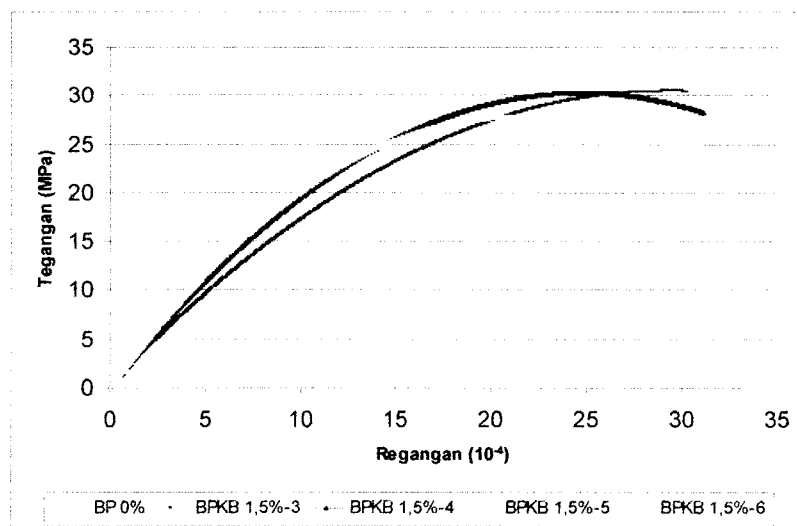
Dengan jumlah serat yang banyak secara tidak langsung mendekatkan jarak antar serat dan semakin teraturnya serat dalam beton sehingga dapat mencegah retak yang berlebihan dan kekuatan menahan tegangannya meningkat.

Pada pelaksanaan pengujian, secara visual dilihat pada tampang pecah dan retak beton pasir non serat, terlihat bahwa benda uji memiliki ukuran retak lebih besar, berbeda dengan beton pasir serat, ukuran retak relatif kecil, hal itu disebabkan oleh orientasi sebaran serat yang random sehingga dapat menghalangi ukuran retak yang berlebihan, pada panjang kawat 4 cm

kebanyakan serat terputus dibanding tercabut dapat dikatakan lekatan antara serat dan beton sudah sempurna.

### 5.3.1. Hasil Pengujian Tegangan Regangan

Dengan memperhatikan kurva tegangan-regangan seperti dapat dilihat pada Gambar 5.2 terlihat terjadi peningkatan kuat tekan. Ini menunjukkan bahwa penambahan *fiber* dalam adukan beton pasir memberi pengaruh terhadap kuat tekan beton pasir. Dan bila dilihat perilaku setelah tercapainya tegangan maksimum beton pasir *fiber* masih dapat mempertahankan tegangan yang cukup besar dan regangan (deformasi) yang terjadi juga cukup besar. Dengan demikian, menunjukkan bahwa beton pasir *fiber* bersifat *ductile* (liat). Luasan dibawah kurva menunjukkan bahwa besarnya energi yang dapat diserap selama proses pembebanan. Semakin besar luasan dibawah kurva, maka semakin liat bahan tersebut. Hal ini membuktikan bahwa terjadi pertambahan daktilitas dari beton tersebut, namun peningkatan kuat tekan maupun daktilitas tidak banyak dipengaruhi oleh kuat tarik kawat tersebut. Hal tersebut terjadi karena *pull-out resistance* dari *fiber* hanya mengandalkan pada lekatan (*bond*) antara *fiber* dengan betonnya.



**Gambar 5.3** Kurva Tegangan-Regangan Beton

Gambar 5.3 menunjukkan bahwa untuk regangan yang sama, tegangan beton pasir serat lebih besar dari beton pasir, hal ini disebabkan angka poisson beton pasir serat lebih besar daripada beton pasir yang disebabkan pengekanan dengan adanya serat. Hal yang sama diberikan oleh A. Kadir Aboc (2005) dalam journalnya bahwa tegangan beton serat lebih besar daripada beton normal, yang disebabkan angka poisson beton serat lebih besar dari beton normal.

### 5.3.2. Analisis Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas merupakan sifat beton yang berkaitan dengan mudah atau tidaknya beton mengalami deformasi. Dan menurut Edward G. Nawi modulus elasticitas adalah kemiringan suatu garis lurus yang menghubungkan titik pusat dengan suatu harga tegangan (sekitar  $0,4f'c$ ) modulus ini memenuhi asumsi praktis bahwa regangan yang terjadi selama

pembebanan pada dasarnya dapat dianggap elastis. Dari modulus elastisitas dapat diketahui seberapa besar kekakuan beton tersebut. Pada pengujian tegangan-regangan didapatkan modulus elastisitas yang terbesar pada variasi panjang serat 0% yaitu sebesar 23395,46786 MPa. Namun secara teoritis modulus elastisitas terbesar terjadi pada panjang serat 4 cm yaitu sebesar 26196,12366 MPa.

Adapun cara penghitungan modulus elastisitas (E) didapatkan sebagai berikut:

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

Dimana :  $\sigma$  = Tegangan pada 0,4 kuat tekan uji

E = Regangan yang dihasilkan dari tegangan

Pada variasi beton pasir serat 0%, didapat :

$$0,4f_c = 9,84624 \text{ MPa dan } \varepsilon = 4,20861 \cdot 10^{-4}$$

$$E_c = \frac{9,84624}{4,20861 \cdot 10^{-4}} = 23395,46786 \text{ MPa}$$

Untuk perhitungan Modulus Elastisitas (Ec) kuat tekan beton pasir kawat benrat dapat dilihat pada tabel 5.5.

**Tabel 5.3** Hasil Pengujian Modulus Elastisitas (Ec) Kuat Tekan Beton Pasir Dan Beton Pasir Kawat Bendrat

Panjang serat	f <sub>c</sub> (MPa)	0,4.f <sub>c</sub> (MPa)	ε (10 <sup>-4</sup> )	Modulus Elastisitas (MPa)	
				Uji	Teoritis
0	21,61560	9,84624	3,29087	26247,61082	23318,63212
1.5% - 3	30,26020	12,10408	6,55381	18408,70055	25854,35781
1.5% - 4	31,06550	12,42620	5,73787	21656,47212	26196,12366
1.5% - 5	29,08020	11,63448	5,03615	23101,93302	25347,86700
1.5% - 6	25,06620	10,02648	5,22317	19399,41616	23922,12277

Pada penelitian ini kuat tekan beton maksimal didapat pada variasi panjang serat 4 cm akan tetapi memiliki modulus elastisitas yang lebih rendah dari beton pasir tanpa serat. Hal ini disebabkan karena pengaruh regangan yang cukup besar, bisa dikatakan bahwa beton pasir serat lebih kaku dibandingkan beton pasir tanpa serat. Menurut Murdock dan Brook, Modulus elastisitas tidak berkaitan langsung dengan sifat-sifat beton lainnya, meskipun kekuatan lebih tinggi biasanya mempunyai harga E yang lebih tinggi juga. Pada penelitian ini didapatkan kekuatan beton tertinggi memiliki nilai modulus elastisitas sedikit lebih rendah.

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa untuk setiap panjang kawat selisih nilai modulus elastisitas cukup jauh antara hasil uji dengan teoritis, sedangkan untuk beton pasir non serat nilai modulus elastisitas antara hasil uji dan teoritis hampir sama. ini menunjukkan bahwa rumus  $4700\sqrt{f'c}$  tidak tepat digunakan untuk perhitungan teoritis beton pasir serat.

#### 5.4 Kuat Tarik

Pengujian kuat tarik dilakukan dengan metoda uji belah silinder (*tensile splitting cylinder test*), penambahan serat kawat bendrat berpengaruh terhadap peningkatan kuat tarik beton pasir, contoh perhitungan untuk mencari kuat tarik benda uji beton silinder sebagaimana tersaji dalam tabel 5.4 adalah sebagai

$$F = 13853,21\text{kg}$$

$$l = 31\text{ cm}$$

$$d = 14,70\text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kuat tarik} &= \frac{2xF}{\pi \times l \times d} \\
 &= \frac{2 \times 13853,21}{\pi \times 31 \times 14,70} \\
 &= 23,331 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Demikian seterusnya sehingga didapatkan data kuat tarik beton pasir masing-masing benda uji, selanjutnya dirata-rata untuk mendapatkan nilai kuat tarik betonnya. Hal tersebut diulang untuk setiap variable benda uji.

**Tabel 5.4**

Hasil Pengujian Kuat Tarik Beton Pasir Dan Prosentase Perubahan Kuat Tarik

No	Kode Benda Uji	Panjang Serat (cm)	Kuat Tarik (MPa)	% Perubahan
1	BP 0%	0	2,52	0
2	BPKB 1,5%-3	3	3,51	39,20
3	BPKB 1,5%-4	4	3,56	41,26
4	BPKB 1,5%-5	5	3,68	46,03
5	BPKB 1,5%-6	6	4,01	59,12

Keterangan:

BP : Beton Pasir, BPKB : Beton Pasir Kawat Bendrat

Dari tabel diatas dapat disimpulkan bahwa semakin panjang kawat bendrat semakin besar kuat tariknya, aspek rasio kawat berpengaruh terhadap kekuatan tarik beton pasir serat, semakin besar aspek rasio serat maka semakin besar kuat tariknya, kuat tarik terbesar terjadi pada panjang kawat 6 cm, ini menunjukkan aspek ratio serat yang besar menyebabkan *pull out resistance* semakin besar pula, selain itu kuat lekatan antara fiber dan beton (*bond strength*) juga berpengaruh menahan tarikan yang terjadi akibat pembebanan. Dari hasil pengamatan, untuk panjang kawat 6 cm, ditunjukkan dengan banyaknya kawat yang terputus dibandingkan kawat yang tercabut pada pengamatan secara visual pada saat

pengujian, serat yang putus menunjukkan serat dapat mengembangkan kekuatannya karena tersedia lekatan yang cukup dengan beton.

## 5.5 Kuat Lentur Dan Lendutan

Besarnya kuat lentur pada penelitian ini diperoleh dari hasil pengujian kuat tekan beton setelah berumur 28 hari, untuk setiap variasi panjang serat, yang masing-masing variasi dibuat 3 sampel dengan presentase serat sebesar 1,5% untuk setiap sampelnya.

### 5.5.1 Kuat Lentur

Pengujian kuat lentur dilakukan terhadap benda uji balok dengan dua tumpuan dan dua titik pembebanan. Sehingga didapat daerah momen maksimum pada daerah  $L/3$  tepat ditengah-tengah bentang.

Hasil pengujian kuat lentur sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 5.6 bahwa terjadi peningkatan kuat lentur akibat penambahan *fiber* dalam adukan beton seiring dengan naiknya panjang fraksi *fiber*.

Adapun contoh penghitungan untuk mencari kuat lentur benda uji balok beton sebagaimana tersaji pada Tabel 5.6 adalah sebagai berikut:

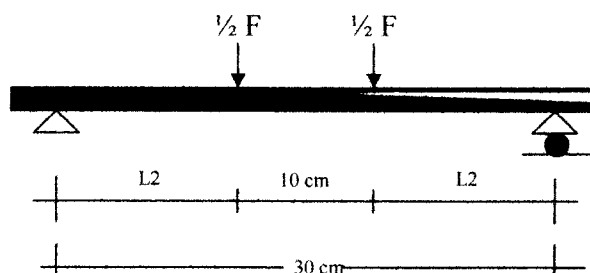
Dari data pengamatan dan pengujian benda uji BP-0% (Beton Pasir) didapat:

$$F = 1194,17 \text{ kg}$$

$$\frac{1}{2} F = 597,085 \text{ kg}$$

$$b = 9,80 \text{ cm}$$

$$h = 9,80 \text{ cm}$$





$L = 40 \text{ cm}$  (panjang total balok) dan jarak antara tumpuan = 30 cm

$L_1 = 10 \text{ cm}$

$L_2 = (40-10-10)/2 = 10 \text{ cm}$

$M = \frac{1}{2} F \times L_2 = 597,085 \times 10 = 5970,85 \text{ kg.cm}$

$$\begin{aligned} \text{Kuat Lentur} &= \frac{M}{1/6xbxh^2} \\ &= \frac{5970,85}{1/6 \times 9,8 \times 9,8^2} \\ &= 38,056 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Demikian seterusnya sehingga didapatkan data kuat lentur beton masing-masing benda uji, selanjutnya dirata-rata untuk mendapatkan nilai kuat lentur betonnya. Hal tersebut diulang untuk setiap variabel benda uji.

**Tabel 5.5**

Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton Dan Prosentase Perubahan Kuat Lentur

No	Kode Benda Uji	Panjang Serat (cm)	Kuat Lentur (MPa)	% Perubahan
1	BP 0%	0	3,82	0
2	BPKB 1,5%-3	3	5,18	34,83%
3	BPKB 1,5%-4	4	5,28	37,20%
4	BPKB 1,5%-5	5	5,72	50,53%
5	BPKB 1,5%-6	6	5,31	39,55%

Keterangan:

BP : Beton Pasir, BPKB : Beton Pasir Kawat Bendrat

Dari tabel diatas menunjukkan bahwa panjang serat kawat bendrat dalam adukan beton pasir memberikan pengaruh terhadap kekuatan lentur beton tersebut. Hal ini ditunjukkan pada penambahan serat kawat bendrat panjang kawat 5 cm dengan volume fraksi *fiber* 1,5% prosentase peningkatan

maksimal terjadi pada kuat lenturnya yaitu sebesar 50,53%. Dengan demikian, akibat adanya penambahan serat kawat bendrat dalam adukan beton pasir maka akan memberikan pengaruh besar terhadap kuat lentur beton pasir tersebut. Kemampuan bahan dalam menahan lentur yang terjadi dikarenakan oleh kuat tarik dari *fiber* kawat bendrat serta kuat lekatan (*bond strength*) antara *fiber* dan betonnya.

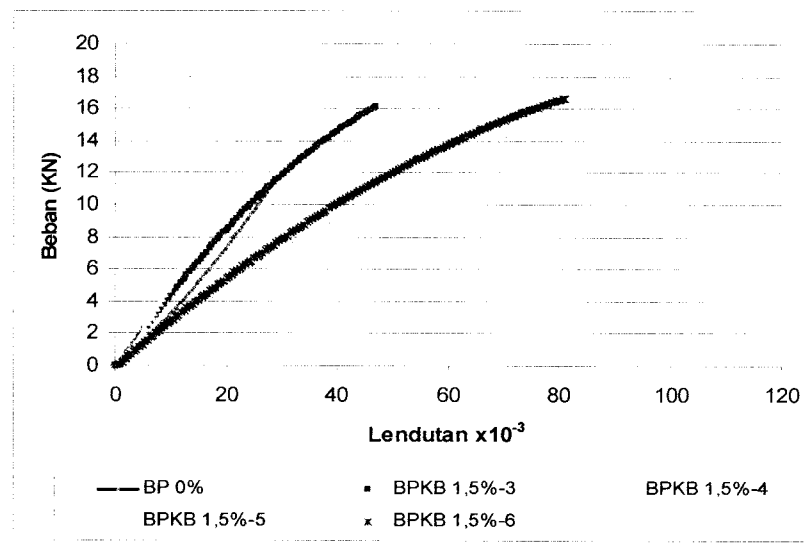
Hal yang sama diberikan oleh A. Kadir Aboe (2005) dalam journalnya bahwa aspek rasio serat ( $l_f/d_f$ ) berpengaruh terhadap kekuatan beton serat dibanding beton normal terutama kuat lentur, semakin besar aspek rasio serat semakin besar peningkatan prosentase kekuatan lentur beton serat dibanding beton serat dengan aspek rasio serat lebih rendah pada volume serat yang sama, hal yang sama juga berlaku untuk beton pasir, aspek rasio yang besar menghasilkan kuat lentur yang besar pula.

Pada pelaksanaan pengujian kuat lentur, pada beton pasir non serat setelah terjadi retak pertama balok benda uji langsung runtuh, berbeda dengan beton pasir serat, setelah terjadi retak pertama beban ditransfer keserat sehingga beban masih bisa ditingkatkan, dari pengamatan patahan benda uji menunjukkan bahwa pada panjang 3, 4, 5, 6 cm sebagian besar kawat putus dari beton, walaupun ada sebagian yang tercabut dari beton, serat yang putus menunjukkan bahwa serat dapat mengembangkan kekuatannya karena tersedia lekatan yang cukup dengan beton, sehingga mengakibatkan peningkatan terhadap kuat lentur beton pasir, namun pada panjang kawat 6 cm terjadi penurunan kekuatan lentur beton, aspek ratio serat yang besar

mempengaruhi penyebaran serat dalam adukan beton, sehingga serat kawat kurang tersebar dengan merata ini dapat dilihat pada proses pembuatan benda uji panjang kawat 6 cm mulai terjadi gejala penggumpalan.

### 5.5.2 Hasil Pengujian Beban Lendutan Kuat Lentur Beton

Pengujian beban lendutan dilakukan pada benda uji balok ukuran 10 x 10 x 40 cm pada beton berumur 28 hari, dimana untuk masing-masing variasi panjang serat disajikan dalam kurva dibawah ini:



**Gambar 5.4** Grafik Lendutan Kuat Lentur Beton Pasir Serat

Berdasarkan Grafik diatas bahwa kuat lentur meningkat dengan adanya tambahan serat, uji lentur yang tertinggi didapat pada beton dengan variasi panjang serat 5 cm, Karena adanya campuran serat maka beton mampu menahan lenturan sehingga tidak diperoleh belah sempurna pada saat pengujian dan patah pada sample, sampel masih tetap dalam posisi

bergandengan karena ditahan oleh serat yang ada, namun bila dilihat perilaku setelah tercapainya tegangan maksimum beton pasir *fiber* masih mampu mendukung beban yang terjadi, meskipun lendutan yang terjadi sudah cukup besar pula. Hal tersebut menunjukkan perilaku yang *ductile* (liat) dari beton pasir *fiber*.

## 5.6 Hubungan Panjang Serat dengan Kekuatan Beton Pasir

Secara garis besar pengaruh penambahan serat kawat bendrat pada beton pasir dengan panjang dan volume 1,5% dari berat beton memberikan peningkatan kekuatan, baik kuat tekan, kuat tarik dan kuat lentur, hal tersebut dapat kita lihat pada table 5.6

**Tabel 5.6**

Kuat tekan, Kuat Tarik, Kuat Lentur Beton Pasir dan Beton Pasir Serat

No	Kode Benda Uji	Panjang Serat (mm)	Slump	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tarik (MPa)	Kuat Lentur (MPa)
1	BP 0%	-		24,61	2,52	3,82
2	BPKB 1,5%-3	3	3	30,26	3,51	5,18
3	BPKB 1,5%-4	4	3	31,06	3,56	5,28
4	BPKB 1,5%-5	5	3	29,08	3,68	5,72
5	BPKB 1,5%-6	6	3	25,90	4,01	5,32

Keterangan:

BP : Beton Pasir, BPKB : Beton Pasir Kawat Bendrat

Panjang serat pengaruhnya sangat kecil terhadap nilai slump, volume fraksi *fiber* yang berpengaruh terhadap penurunan nilai slump. Untuk kuat tekan, kuat tekan terbesar dicapai pada variasi panjang serat 4 cm, bisa dikatakan bahwa panjang serat 4 cm merupakan panjang serat optimum. Aspek ratio serat berpengaruh besar, semakin besar aspek rasio serat semakin besar peningkatan prosentase kekuatan lentur beton serat dibanding beton

serat dengan aspek rasio serat lebih rendah pada volume serat yang sama. Dari tabel diatas untuk uji tarik, kuat tarik terbesar dicapai panjang serat 6 cm, sedangkan untuk uji lentur, kuat lentur terbesar dicapai pada panjang kawat 5 cm. Panjang serat juga sangat berpengaruh terhadap kuat tekan, kuat tarik dan kuat lentur sampai batas panjang serat tertentu tergantung kebutuhan.

## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 6.1 Kesimpulan

Penambahan serat kawat bendrat lurus diameter  $\pm 1$  mm dengan menggunakan variasi panjang kawat  $\pm 3$  cm,  $\pm 4$  cm,  $\pm 5$  cm, dan  $\pm 6$  cm, dengan volume serat 1,5% dari berat beton-nya memberikan pengaruh terhadap kekuatan beton pasir. Dari hasil penelitian dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. penambahan serat kawat pada beton pasir memberikan pengaruh kepada *workability* dan *slump*, sedangkan panjang serat (volume fraksi serat sama) kurang berpengaruh terhadap nilai *slump* dan *workability*.
2. kuat tekan maksimal tercapai pada beton pasir dengan penambahan fiber kawat bendrat dengan panjang kawat 4 cm yaitu sebesar 31.0655 MPa dengan prosentase peningkatan kuat tekannya adalah 26,20%, sehingga panjang kawat bendrat 4 cm adalah panjang serat optimum.
3. kuat tarik maksimal tercapai pada beton pasir dengan penambahan serat kawat bendrat dengan panjang 6 cm yaitu sebesar 40,14 MPa dengan prosentase peningkatan kuat tarik 59,28%.
4. kuat lentur maksimal tercapai pada beton pasir dengan penambahan kawat bendrat dengan panjang 5 cm yaitu sebesar 50,53%.

5. aspek ratio memberikan pengaruh terhadap peningkatan kekuatan beton serat, terutama kuat tarik dan kuat lentur, semakin besar aspek ratio serat, semakin besar peningkatan prosentase kekuatan beton serat dibandingkan dengan beton serat dengan aspek ratio yang rendah dengan volume serat yang sama.

## 6.2 Saran

Berikut ini saran-saran yang dapat saya berikan dari hasil penelitian yang sudah saya lakukan :

1. perlu penelitian lebih lanjut terhadap pengujian nilai *slump*, dengan menggunakan alat ukur yang lebih akurat, agar memperoleh nilai slump yang lebih akurat.
2. perlu penelitian lebih lanjut dengan menggunakan serat yang lebih panjang dengan volume serat yang berbeda guna mengetahui seberapa besar kuat tekan, kuat tarik dan kuat lenturnya.
3. perlu penelitian lebih lanjut dengan menggunakan jenis *fiber* lain guna mengetahui pengaruhnya terhadap kuat tekan, kuat tarik dan kuat lentur.
4. perlu penelitian lebih lanjut dengan menggunakan bahan tambah *additive* (seperti *superplasticizer* atau jenis lainnya) guna meningkatkan kelecakan adukan dalam beton.

5. perlu ketelitian dalam pembuatan benda uji, agar tidak terjadi kesalahan dalam pembuatan benda uji yang akan berpengaruh terhadap kekuatan beton.



## DAFTAR PUSTAKA

- A. Kadir Aboe, 1993, Thesis S2, "MIKRO BETON", FTSP-ITB Bandung.
- A. Kadir Aboe, 2005, Journal Teknisia, "PENGARUH KAWAT BINDRAT LURUS TERHADAP KUAT TARIK, KUAT LENTUR DAN KUAT TEKAN BETON SERAT", Yogyakarta.
- Balaguru, Perumalsamy N, dan Surendra P.Shah, 1992, FIBER REINFORCED CEMENT COMPOSITES, McGraw-Hill, Inc., New York.
- Istimawan Dipohusodo, 1994, STRUKTUR BETON BERTULANG, PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Kole, P dan Kusuma, Gideon H., 1993, PEDOMAN Pengerjaan Beton, Erlangga, Jakarta.
- Lutfhi Zamroni, Yefta, 2004, Tugas Akhir S1, "PENGARUH PENAMBAHAN FIBER KAWAT BINDRAT DAN SUPERPLASTICIZER PADA KUAT TEKAN, KUAT TARIK, DAN KUAT LENTUR BALOK", FTSP-UII Yogyakarta.
- Murdock, L. J., dan Brook, K. M., 1986, BAHAN DAN PRAKTEK BETON, Erlangga, Jakarta.
- Nawy, Edward G, 1990, BETON BERTULANG SUATU PENDEKATAN DASAR, terjemahan Bambang Suryoatmono, Eresco, Bandung.
- Popovics, 1998, STRENGTH AND RELATED PROPERTIES OF CONCRETE, John Wileys and Sons Inc. Canada.

Souroshian, P., dan Bayasi, Z., 1987, CONCEPT OF FIBER REINFORCED CONCRETE “, Proceeding of The InternacionaI Seminar on Fiber Reinforced Concrete (February), Michigan.

Nilson , Arthur H, Winter, Goerge, 1991, DESIGN OF CONCRETE STRUCTURES , Mc Graw-Hill Book Corporation, Singapore.

Sevilla, Consuelo G., Ochave, Jesus A.,Regala, Bella P., dan Uriarte, Gabriel G., (diterjemahkan oleh Alimuddin Tuwu), 1993, “PENGANTAR METODE PENELITIAN”, Penerbit Uiniversitas Indonesia (UI-Press), Jakarta.

Suhendro, Bambang, 2000, TEORI MODEL STRUKTUR DAN TEKNIK EKSPRIMENTAL, Beta Offset, Yogyakarta.

Ary Novrizaldy, 2006, Tugas Akhir S1, ” PENGARUH PENGGUNAAN SERAT KAWAT BENDRAT PADA BETON PASIR TERHADAP KUAT TEKAN, KUAT TARIK, DAN KUAT LENTUR BETON”, FTSP-UII Yogyakarta.

Tjokrodimuljo, Kardiyono, 1992, TEKNOLOGI BETON, Biro Penerbit, Yogyakarta.

# *LAMPIRAN 1*

---

*(Data Pemeriksaan Agregat)*



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang Km.14,4 telp. (0274) 895707, 895042 fax.: (0274) 895330 Yogyakarta

HASIL PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN KADAR AIR PASIR

Pengirim : .....

Di terima tanggal : .....

Pasir asal : Bali Krakak

Keperluan : .....

Uraian	< 2.4      2.4 ≤ x ≤ 4.8		Rata-rata
	Contoh 1	Contoh 2	
Berat pasir kering mutlak, gram (Bk)	465	475	.....
Berat pasir kondisi jenuh kering muka, gram	500	500	500
Berat piknometer berisi pasir dan air, gram (Bt)	1112	1112	.....
Berat piknometer berisi air, gram (B)	810	810	.....
Berat jenis curah, gram/cm <sup>3</sup> ..... (1) $Bk / (B + 500 - Bt)$	2.135	2.14	.....
Berat jenis jenuh kering muka, gr/cm <sup>3</sup> ..... (2) $500 / (B + 500 - Bt)$	2.1525	2.1525	.....
Berat jenis semu ..... (3) $Bk / (B + k - Bt)$	.....	.....	.....
Penyerapan air ..... (4) $(500 - Bk) / Bk \times 100 \%$	7.52%	5.2%	.....

Keterangan :

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

Kesimpulan : .....

Di syahkan

Yogyakarta, .....

Dikerjakan oleh :

LABORATORIUM  
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
FAKULTAS TEKNIK UJI



# LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang Km.14,4 telp. (0274) 895707, 895042 fax.: (0274) 895330 Yogyakarta

## HASIL PEMERIKSAAN BUTIRAN YANG LEWAT AYAKAN NO. 200 ( UJI KANDUNGAN LUMPUR DALAM PASIR )

Pengirim : .....  
Di terima tanggal : .....  
Agregat asal : .....  
Keperluan : .....

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

	Sampel 1	Sampel 2	Rata - rata
Berat agregat kering oven ( $W_1$ ), gram	500	476	
Berat ag. kering oven setelah di cuci ( $W_2$ ), gram	476	472	
Berat yang lewat ayakan no. 200, persen $\{ (W_1 - W_2) / W_1 \} \times 100 \%$	4.8 %	0.84 %	

Menurut Persyaratan umum Bahan bangunan di Indonesia 1982 (PUBI-1982) berat bagian yang lewat ayakan no. 200 ( 0.075 mm ) :

- Untuk pasir maksimum 5 % ( lima persen )
- Untuk kerikil maksimum 1 % ( satu persen )

Yogyakarta, .....

Di syahkan

Dikerjakan oleh :

# *LAMPIRAN 2*

---

*(Hasil Analisa Saringan Dan Kurva Gradasi Pasir)*



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

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

**DATA ANALISA SARINGAN DAN MODULUS KEHALUSAN BUTIR (Mf)**

No. / Ka.Ops. / LBKT / / 2006

Penguji : Andika Sentani

Ditest tanggal : Juni 2006

Pasir asal : Kali Krasak

Keperluan : Tugas Akhir

Lubang Ayakan ( mm )	Berat Tertinggal ( gram )	Berat Tertinggal ( % )	Berat Tertinggal Komulatif ( % )	Persen Lolos Komulatif ( % )
4.80	0	0	0	100
2.40	50	2,5	2,5	97,5
1.20	280	14	16,5	83,5
0.60	619	30,95	47,45	52,55
0.30	502	25,1	72,55	27,45
0.15	404	20,2	92,75	7,25
Sisa	145	7,25	-	-
<b>Jumlah</b>	<b>2000</b>	<b>100</b>	<b>231,75</b>	

$$\text{Modulus Kehalusan Butir (Mf)} = \frac{231,75}{100} = 2,31$$

Yogyakarta, Juni 2006

Disyahkan

Dikerjakan oleh

LABORATORIUM  
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
FAKULTAS TEKNIK UII



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

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

**GRADASI PASIR**

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

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

Hasil analisa ayakan masuk daerah : 2 (dua)

Jenis pasir : agak kasar

Yogyakarta, Juni 2006

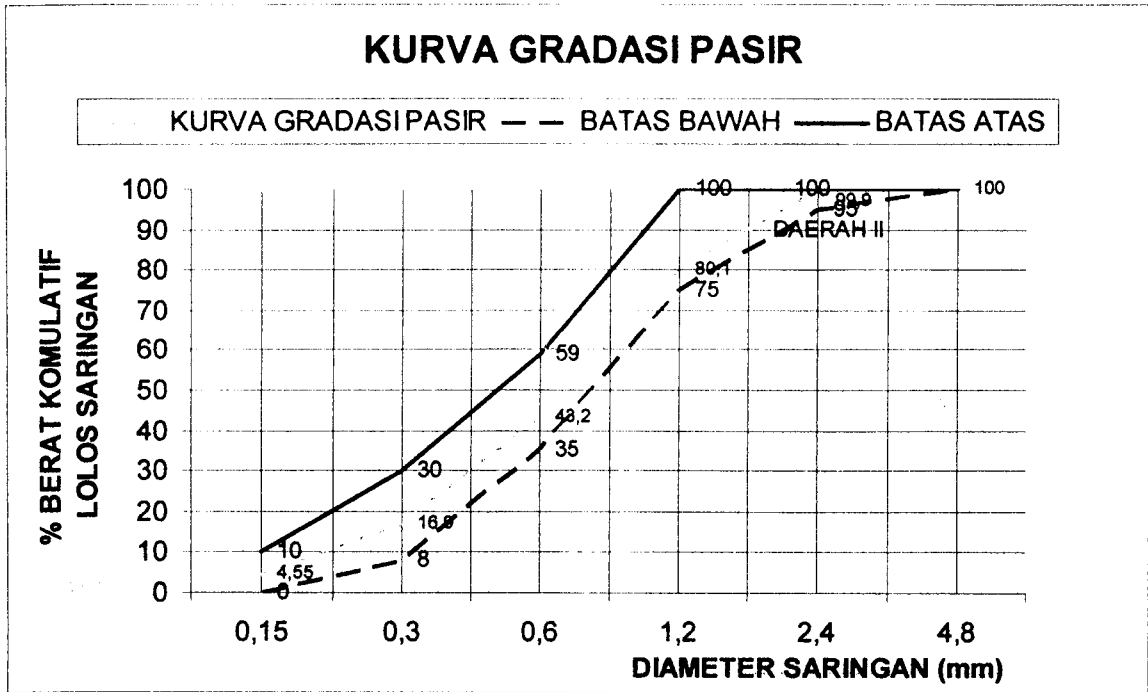
Disyahkan

Dikerjakan oleh

LABORATORIUM  
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
FAKULTAS TEKNIK UII



# KURVA GRADASI PASIR



# *LAMPIRAN 3*

---

*(Kebutuhan Bahan Penyusun Beton)*

Adapun perhitungan kebutuhan material dalam 1 silinder adalah sebagai berikut :

Untuk silinder  $\Phi 15$  cm dan tinggi 30 cm, maka volumenya yaitu :

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

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

$$\begin{aligned} \text{Jumlah silinder dalam } 1\text{m}^3 &= \frac{1\text{m}^3}{\text{vol.Silinder}} = \frac{1}{0,005301} \\ &= 188,6792 \text{ buah} \end{aligned}$$

Misal :

$$\text{Kebutuhan semen 1 silinder} = \frac{402,5}{188,6792} = 2,13 \text{ kg}$$

**Kebutuhan material 1 silinder :**

Semen = 2,13 kg

Air = 1,32 kg

Pasir Halus = 3,66 kg

Pasir Kasar = 4,47 kg

Berat beton = 11,58 kg

Adapun perhitungan kebutuhan material dalam 1 balok adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Volume 1 balok} &= p \times l \times t \\ &= 50 \times 10 \times 10 \\ &= 5000 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Vol. 1 balok dalam m}^3 = 0,005 \text{ m}^3$$

$$\text{Jumlah balok dalam 1 m}^3 = \frac{1 \text{ m}^3}{\text{vol. balok}} = \frac{1}{0,005} = 200 \text{ buah}$$

Misal :

$$\text{Kebutuhan semen 1 balok} = \frac{402,5}{200} = 2,01 \text{ kg}$$

**Kebutuhan material 1 balok :**

$$\text{Semen} = 2 \text{ kg}$$

$$\text{Air} = 1,25 \text{ kg}$$

$$\text{Pasir Halus} = 3,45 \text{ kg}$$

$$\text{Pasir Kasar} = 4,22 \text{ kg}$$

$$\text{Berat beton} = 10,92 \text{ kg}$$

**Kebutuhan Serat**

Kebutuhan komposisi serat dari berat beton tiap 1 m<sup>3</sup> dapat dilihat pada

Tabel 4.7,

Tabel 4.7 Komposisi serat dari berat beton tiap 1 m<sup>3</sup>

NO	Persentase serat (%)	Berat serat (kg)
1	1,5	32,83

Kebutuhan komposisi serat dari berat beton untuk 1 silinder beton dapat dilihat pada Tabel Tabel 4.8

Tabel 4.8 Komposisi serat dari berat beton untuk 1 silinder beton

NO	Persentase serat (%)	Berat serat (kg)
1	1,5	0,174

Kebutuhan komposisi serat dari berat beton untuk 1 balok dapat dilihat pada Tabel 4.9,

Tabel 4.9 Komposisi serat dari berat beton untuk 1 balok

NO	Komposisi serat (%)	Berat serat (kg)
1	1,5	0,164

**Maka :**

Kebutuhan material tiap komposisi ( untuk 1 silinder)

No	Kode Benda Uji	Semen (kg)	Air (kg)	Pasir.Halus (kg)	Pasir Kasar (kg)	Serat (kg)
	XXX-171	2,13	1,32	3,66	4,47	0,174

Kebutuhan material tiap komposisi ( untuk 1 balok )

No	Kode Benda Uji	Semen (kg)	Air (kg)	Pasir.Halus (kg)	Pasir Kasar (kg)	Serat (kg)
	XXX-171	2	1,25	3,45	4,22	0,164

Kebutuhan material untuk setiap benda uji :

1. uji tekan 5 silinder
2. uji tarik 3 silinder
3. uji lentur 3 balok

Setiap sampel terdiri dari 4 komposisi campuran, sehingga total silinder yang dibutuhkan =  $(5 \times 4) + (3 \times 4)$   
= 32 buah

**Jadi :**

**Kebutuhan material ( 32 silinder ) :**

$$\text{Semen} = 2,13 \times 32 = 68,16 \text{ kg}$$

$$\text{Air} = 1,32 \times 32 = 42,24 \text{ kg}$$

$$\text{Pasir Halus} = 3,66 \times 32 = 117,2 \text{ kg}$$

$$\text{Pasir Kasar} = 4,47 \times 32 = 143,04 \text{ kg}$$

Serat :

$$\triangleright 1,5\% = 0,174 \times 32 = 5,56 \text{ kg}$$

Dan total balok yang dibutuhkan =  $3 \times 4 = 12$  buah

**Jadi :**

**Kebutuhan material ( 12 balok ) :**

$$\text{Semen} = 2,0 \times 12 = 24 \text{ kg}$$

$$\text{Air} = 1,25 \times 12 = 15 \text{ kg}$$

$$\text{Pasir Halus} = 3,45 \times 12 = 41,4 \text{ kg}$$

$$\text{Pasir Kasar} = 4,22 \times 12 = 50,64 \text{ kg}$$

Serat :

$$\triangleright 1,5\% = 0,164 \times 12 = 1,97 \text{ kg}$$

**Kebutuhan adukan (*mix design*)**

**- Kebutuhan berdasarkan benda uji dalam 1 adukan ( 4 silinder )**

**untuk silinder beton dengan angka keamanan 20% :**

- a. Semen =  $1,20 \times 2,13 \times 4 = 10,224$  kg
- b. Air =  $1,20 \times 1,32 \times 4 = 6,336$  kg
- c. Pasir Halus =  $1,20 \times 3,66 \times 4 = 17,568$  kg
- d. Pasir Kasar =  $1,20 \times 4,47 \times 4 = 21,45$  kg
- e. Serat :
  - 1,5 % =  $1,20 \times 0,174 \times 4 = 0,8352$  kg

**- Kebutuhan berdasarkan benda uji dalam 1 adukan ( 3 sampel )**

**untuk balok beton dengan angka keamanan 20% :**

- b. Semen =  $1,20 \times 2,00 \times 3 = 7,20$  kg
- c. Air =  $1,20 \times 1,25 \times 3 = 4,50$  kg
- d. Pasir Halus =  $1,20 \times 3,45 \times 3 = 12,42$  kg
- e. Pasir Kasar =  $1,20 \times 4,22 \times 3 = 15,19$  kg
  - 1,5 % =  $1,20 \times 0,164 \times 3 = 0,590$  kg

# *LAMPIRAN 4*

---

---

*(Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton)*



Tabel Kuat Tekan  
Sampel : Beton Pasir 0%

Kode Sampel	Berat (Kg)	Tinggi (cm)	Diameter (cm)	Luas Alas (cm <sup>2</sup> )	Berat Satuan (t/m <sup>3</sup> )	Beban Maksimum (P)		Kuat Tekan (fc)	
						KN	Kg	(Kg/cm <sup>3</sup> )	MPa
BP-0 %-1	12,500	30	14,9	174,2779	2,3908	421,60	42976,5549	246,5979	24,6598
BP-0 %-2	12,500	32	14,8	171,9464	2,2718	410,00	41794,0880	243,0646	24,3065
BP-0 %-4	12,500	31	14,9	174,2779	2,3137	426,10	43435,2705	249,2300	24,9230
BP-0 %-5	12,500	30	14,8	171,9464	2,4232	414,50	42252,8036	245,7324	24,5732
Rata - rata								246,1562	24,6156

Tabel Kuat Tekan

Sampel : Beton Pasir Kawat Bendrat 1,5% - 3

Kode Sampel	Berat (Kg)	Tinggi (cm)	Diameter (cm)	Luas Alas (cm <sup>2</sup> )	Berat Satuan (t/m <sup>3</sup> )	Beban Maksimum (P)		Kuat Tekan (fc)	
						KN	Kg	(Kg/cm <sup>3</sup> )	MPa
BPKB 1,5%-3-3	12,300	29,6	14,5	165,0463	2,5177	400,60	40835,8821	247,4208	24,7421
BPKB 1,5%-3-4	12,300	29,5	14,5	165,0463	2,5263	582,20	59347,6050	359,5817	35,9582
BPKB 1,5%-3-6	12,300	29,7	14,5	165,0463	2,5092	542,60	55310,9077	335,1237	33,5124
BPKB 1,5%-3-7	12,300	29,6	14,6	167,3306	2,4834	430,50	43883,7924	262,2580	26,2258
BPKB 1,5%-3-8	12,300	29,5	14,5	165,0463	2,5263	499,70	50937,8190	308,6275	30,8628
Rata - rata								302,6024	30,2602

LABORATORIUM

BAHUKONSTRUKSI TEKNIK

FAKULTAS TEKNIK UII

Tabel Kuat Tekan

Sampel : Beton Pasir Kawat Bendrat 1,5% - 4

Kode Sampel	Berat (Kg)	Tinggi (cm)	Diameter (cm)	Luas Alas (cm <sup>2</sup> )	Berat Satuan (t/m <sup>3</sup> )	Beban Maksimum (P)		Kuat Tekan (fc)	
						KN	Kg	(Kg/cm <sup>3</sup> )	MPa
BPKB-1,5 %-4-1	12.300	28	14.75	170.7866	2.5721	523.50	53363.9148	312.4597	31.2460
BPKB-1,5 %-4-2	12.300	29.6	14.75	170.7866	2.4331	574.60	58572.8853	342.9596	34.2960
BPKB-1,5 %-4-4	12.300	29.8	14.8	171.9464	2.4005	488.20	49765.5458	289.4248	28.9425
BPKB-1,5 %-4-6	12.400	29	14.8	171.9464	2.4867	561.60	57247.7069	332.9393	33.2939
BPKB-1,5 %-4-7	12.300	29.8	14.8	171.9464	2.4005	464.70	47370.0310	275.4930	27.5493
Rata - rata								310.6553	31.0655

Tabel Kuat Tekan

Sampel : Beton Pasir Kawat Bendrat 1,5% - 5

Kode Sampel	Berat (Kg)	Tinggi (cm)	Diameter (cm)	Luas Alas (cm <sup>2</sup> )	Berat Satuan (t/m <sup>3</sup> )	Beban Maksimum (P)		Kuat Tekan (fc)	
						KN	Kg	(Kg/cm <sup>3</sup> )	MPa
BPKB-1,5 %-5-4	12.500	29.8	14.8	171.9464	2.4395	536.10	54648.3185	317.8218	31.7822
BPKB-1,5 %-5-5	12.200	29.8	14.8	171.9464	2.3810	428.30	43659.5314	253.9136	25.3914
BPKB-1,5 %-5-7	12.400	30	14.8	171.9464	2.4038	507.30	51712.5386	300.7480	30.0748
Rata - rata								290.8278	29.0828

LABORATORIUM

BANGUNAN KONSTRUKSI TEKNIK

FAKULTAS TEKNIK UII

Tabel Kuat Tekan

Sampel : Beton Pasir Kawat Bendrat 1,5% - 6

Kode Sampel	Berat (Kg)	Tinggi (cm)	Diameter (cm)	Luas Alas (cm <sup>2</sup> )	Berat Satuan (t/m <sup>3</sup> )	Beban Maksimum (P)		Kuat Tekan (fc)	
						KN	Kg	(Kg/cm <sup>2</sup> )	MPa
BPK-1.5 %-6	12.200	30	15	176.6250	2.3024	418.10	42619.7761	241.3009	24.1301
BPK-1.5 %-6	12.200	30	15	176.6250	2.3024	567.30	57828.7466	327.4097	32.7410
BPK-1.5 %-6	12.200	29.9	15.1	178.9879	2.2796	441.10	44964.3225	251.2144	25.1214
BPK-1.5 %-6	12.300	30.1	15.1	178.9879	2.2830	401.80	40958.2062	228.8323	22.8832
BPK-1.5 %-6	12.200	30	15	176.6250	2.3024	427.20	43547.4010	246.5529	24.6553
Rata - rata								259.0621	25.9062

LABORATORIUM  
 TEKNIK KONSTRUKSI TEKNIK  
 FAKULTAS TEKNIK UII

# *LAMPIRAN 5*

---

*(Hasil Pengujian Tegangan-Regangan)*



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

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

Sampel : Beton Pasir 0%-1  
Diameter : 14,9 cm  
Tinggi (Lo) : 150 mm  
Berat : 12,5 kg

Beban (KN)	Beban (kg)	$\Delta L$ ( $10^{-3}$ )mm	Regangan ( $10^{-4}$ )	Tegangan (MPa)	Reg_Koreksi
0	0	0	0	0	0
10	1019.368	3.5	0.2333	0.5748	-0.0880
20	2038.736	6.5	0.4333	1.1497	0.1120
30	3058.104	10.5	0.7000	1.7245	0.3787
40	4077.472	13.5	0.9000	2.2993	0.5787
50	5096.84	17.5	1.1667	2.8742	0.8453
60	6116.208	21.5	1.4333	3.4490	1.1120
70	7135.576	24	1.6000	4.0238	1.2787
80	8154.944	28.5	1.9000	4.5987	1.5787
90	9174.312	32.5	2.1667	5.1735	1.8453
100	10193.68	37	2.4667	5.7484	2.1453
110	11213.048	41	2.7333	6.3232	2.4120
120	12232.416	46	3.0667	6.8980	2.7453
130	13251.784	51.5	3.4333	7.4729	3.1120
140	14271.152	57.5	3.8333	8.0477	3.5120
150	15290.52	65	4.3333	8.6225	4.0120
160	16309.888	68.5	4.5667	9.1974	4.2453
170	17329.256	74	4.9333	9.7722	4.6120
180	18348.624	80.5	5.3667	10.3470	5.0453
190	19367.992	87	5.8000	10.9219	5.4787
200	20387.36	92.5	6.1667	11.4967	5.8453
210	21406.728	100	6.6667	12.0715	6.3453
220	22426.096	102.5	6.8333	12.6464	6.5120
230	23445.464	107.5	7.1667	13.2212	6.8453
240	24464.832	110	7.3333	13.7960	7.0120
250	25484.2	115	7.6667	14.3709	7.3453
260	26503.568	117	7.8000	14.9457	7.4787
270	27522.936	120	8.0000	15.5206	7.6787

LABORATORIUM  
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
FAKULTAS TEKNIK UII



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

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

Sampel : Beton Pasir 0%-1  
Diameter : 14,9 cm  
Tinggi (Lo) : 150 mm  
Berat : 12,5 kg

Beban (KN)	Beban (kg)	$\Delta L$ ( $10^{-3}$ )mm	Regangan ( $10^{-4}$ )	Tegangan (MPa)	Reg_Koreksi
280	28542.304	122.5	8.1667	16.0954	7.8453
290	29561.672	125	8.3333	16.6702	8.0120
300	30581.04	127.5	8.5000	17.2451	8.1787
310	31600.408	128	8.5333	17.8199	8.2120
320	32619.776	128.5	8.5667	18.3947	8.2453
325.5	33180.4284	129	8.6000	18.7109	8.2787
320	32619.776	129.5	8.6333	18.3947	8.3120
310	31600.408	130	8.6667	17.8199	8.3453
300	30581.04	130.5	8.7000	17.2451	8.3787
310	31600.408	131	8.7333	17.8199	8.4120
320	32619.776	132	8.8000	18.3947	8.4787
330	33639.144	132.5	8.8333	18.9696	8.5120
340	34658.512	135	9.0000	19.5444	8.6787
350	35677.88	136.5	9.1000	20.1192	8.7787
360	36697.248	139	9.2667	20.6941	8.9453
370	37716.616	142	9.4667	21.2689	9.1453
380	38735.984	145	9.6667	21.8437	9.3453
390	39755.352	146	9.7333	22.4186	9.4120
400	40774.72	147.5	9.8333	22.9934	9.5120
410	41794.088	149	9.9333	23.5682	9.6120
420	42813.456	150.5	10.0333	24.1431	9.7120
421.6	42976.55488	152.5	10.1667	24.2351	9.8453
420	42813.456	155.5	10.3667	24.1431	10.0453
410	41794.088	160	10.6667	23.5682	10.3453
400	40774.72	165	11.0000	22.9934	10.6787

LABORATORIUM  
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
FAKULTAS TEKNIK UII



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

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

Sampel : Beton Pasir 0%-2  
Diameter : 14,8 cm  
Tinggi (Lo) : 150 mm  
Berat : 12,5 kg

Beban (KN)	Beban (Kg)	$\Delta L$ ( $10^{-3}$ )mm	Regangan ( $10^{-4}$ )	Tegangan (MPa)	Reg_Koreksi
0	0	0	0	0	0
10	1019.368	2.5	0.1667	0.5748	-0.1547
20	2038.736	5.5	0.3667	1.1497	0.0453
30	3058.104	8.5	0.5667	1.7245	0.2453
40	4077.472	12.5	0.8333	2.2993	0.5120
50	5096.84	16	1.0667	2.8742	0.7453
60	6116.208	20.5	1.3667	3.4490	1.0453
70	7135.576	23.5	1.5667	4.0238	1.2453
80	8154.944	28	1.8667	4.5987	1.5453
90	9174.312	32.5	2.1667	5.1735	1.8453
100	10193.68	37	2.4667	5.7484	2.1453
110	11213.048	41	2.7333	6.3232	2.4120
120	12232.416	45.5	3.0333	6.8980	2.7120
130	13251.784	49	3.2667	7.4729	2.9453
140	14271.152	53.5	3.5667	8.0477	3.2453
150	15290.52	57.5	3.8333	8.6225	3.5120
160	16309.888	62	4.1333	9.1974	3.8120
170	17329.256	67.5	4.5000	9.7722	4.1787
180	18348.624	73.5	4.9000	10.3470	4.5787
190	19367.992	79	5.2667	10.9219	4.9453
200	20387.36	85.5	5.7000	11.4967	5.3787
210	21406.728	91	6.0667	12.0715	5.7453
220	22426.096	98	6.5333	12.6464	6.2120
230	23445.464	102.5	6.8333	13.2212	6.5120
240	24464.832	105	7.0000	13.7960	6.6787
250	25484.2	108	7.2000	14.3709	6.8787
260	26503.568	110.5	7.3667	14.9457	7.0453
270	27522.936	123	8.2000	15.5206	7.8787
280	28542.304	127	8.4667	16.0954	8.1453

LABORATORIUM  
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
FAKULTAS TEKNIK UII



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

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

Sampel : Beton Pasir 0%-2  
Diameter : 14,8 cm  
Tinggi (Lo) : 150 mm  
Berat : 12,5 kg

Beban (KN)	Beban (Kg)	$\Delta L$ ( $10^{-3}$ )mm	Regangan ( $10^{-4}$ )	Tegangan (MPa)	Reg Koreksi
290	29561.672	132.5	8.8333	16.6702	8.5120
300	30581.04	138	9.2000	17.2451	8.8787
310	31600.408	142.5	9.5000	17.8199	9.1787
320	32619.776	149	9.9333	18.3947	9.6120
330	33639.144	157.5	10.5000	18.9696	10.1787
340	34658.512	165	11.0000	19.5444	10.6787
350	35677.88	175	11.6667	20.1192	11.3453
360	36697.248	176.5	11.7667	20.6941	11.4453
370	37716.616	183.5	12.2333	21.2689	11.9120
380	38735.984	191	12.7333	21.8437	12.4120
390	39755.352	197.5	13.1667	22.4186	12.8453
400	40774.72	199	13.2667	22.9934	12.9453
410	41794.088	205.5	13.7000	23.5682	13.3787
400	40774.72	213	14.2000	22.9934	13.8787
390	39755.352	223	14.8667	22.4186	14.5453
380	38735.984	255.5	17.0333	21.8437	16.7120
370	37716.616	271	18.0667	21.2689	17.7453
360	36697.248	275.5	18.3667	20.6941	18.0453
350	35677.88	278.5	18.5667	20.1192	18.2453

LABORATORIUM  
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
FAKULTAS TEKNIK UII





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

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

Sampel : Beton Pasir Kawat Bendrat 1,5%-3-3  
Diameter : 14,5 cm  
Tinggi (Lo) : 150 mm  
Berat : 12,3 kg

Beban (KN)	Beban (Kg)	$\Delta L$ ( $10^{-3}$ )mm	Regangan ( $10^{-4}$ )	Tegangan (MPa)	Reg. Koreksi
0	0	0	0	0	0
10	1019.3680	3.5	0.2333	0.5748	0.7286
20	2038.7360	6.5	0.4333	1.1497	0.9286
30	3058.1040	10	0.6667	1.7245	1.1619
40	4077.4720	13	0.8667	2.2993	1.3619
50	5096.8400	17	1.1333	2.8742	1.6286
60	6116.2080	21	1.4000	3.4490	1.8953
70	7135.5760	25	1.6667	4.0238	2.1619
80	8154.9440	29	1.9333	4.5987	2.4286
90	9174.3120	31	2.0667	5.1735	2.5619
100	10193.6800	37.5	2.5000	5.7484	2.9953
110	11213.0480	42.5	2.8333	6.3232	3.3286
120	12232.4160	48	3.2000	6.8980	3.6953
130	13251.7840	53.5	3.5667	7.4729	4.0619
140	14271.1520	59	3.9333	8.0477	4.4286
150	15290.5200	66	4.4000	8.6225	4.8953
160	16309.8880	72.5	4.8333	9.1974	5.3286
170	17329.2560	82.5	5.5000	9.7722	5.9953
180	18348.6240	92.5	6.1667	10.3470	6.6619
190	19367.9920	106	7.0667	10.9219	7.5619
200	20387.3600	117.5	7.8333	11.4967	8.3286
210	21406.7280	128	8.5333	12.0715	9.0286
220	22426.0960	142	9.4667	12.6464	9.9619
230	23445.4640	152	10.1333	13.2212	10.6286
240	24464.8320	163	10.8667	13.7960	11.3619
250	25484.2000	175	11.6667	14.3709	12.1619
260	26503.5680	186	12.4000	14.9457	12.8953
270	27522.9360	199	13.2667	15.5206	13.7619

**LABORATORIUM  
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
FAKULTAS TEKNIK UII**



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

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

Sampel : Beton Pasir Kawat Bendrat 1,5%-3-3  
Diameter : 14,5 cm  
Tinggi (Lo) : 150 mm  
Berat : 12,3 kg

Beban (KN)	Beban (Kg)	$\Delta L$ ( $10^{-3}$ )mm	Regangan ( $10^{-4}$ )	Tegangan (MPa)	Reg_Koreksi
280	28542.3040	211	14.0667	16.0954	14.5619
290	29561.6720	225	15.0000	16.6702	15.4953
300	30581.0400	242.5	16.1667	17.2451	16.6619
310	31600.4080	264	17.6000	17.8199	18.0953
320	32619.7760	285	19.0000	18.3947	19.4953
330	33639.1440	315	21.0000	18.9696	21.4953
340	34658.5120	347.5	23.1667	19.5444	23.6619
350	35677.8800	377.5	25.1667	20.1192	25.6619
360	36697.2480	415	27.6667	20.6941	28.1619
370	37716.6160	530	35.3333	21.2689	35.8286
380	38735.9840	572.5	38.1667	21.8437	38.6619
390	39755.3520	592.5	39.5000	22.4186	39.9953
400	40774.7200	622.5	41.5000	22.9934	41.9953
400.6	40835.8821	650	43.3333	23.0279	43.8286
400	40774.7200	675	45.0000	22.9934	45.4953
390	39755.3520	687.5	45.8333	22.4186	46.3286
380	38735.9840	702.5	46.8333	21.8437	47.3286
370	37716.6160	715	47.6667	21.2689	48.1619

**LABORATORIUM  
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
FAKULTAS TEKNIK UII**



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

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

Sampel : Beton Pasir Kawat Bendrat 1,5%-3-4  
Diameter : 14,5 cm  
Tinggi (Lo) : 150 mm  
Berat : 12,3 kg

Beban (KN)	Beban (Kg)	$\Delta L$ (10-3)mm	Regangan (10-4)	Tegangan (MPa)	Reg Koreksi
0	0	0	0	0	0
10	1019.368	2.5	0.1667	0.5748	0.6619
20	2038.736	6	0.4000	1.1497	0.8953
30	3058.104	9	0.6000	1.7245	1.0953
40	4077.472	12.5	0.8333	2.2993	1.3286
50	5096.84	16	1.0667	2.8742	1.5619
60	6116.208	20	1.3333	3.4490	1.8286
70	7135.576	23.5	1.5667	4.0238	2.0619
80	8154.944	27.5	1.8333	4.5987	2.3286
90	9174.312	31.5	2.1000	5.1735	2.5953
100	10193.68	35	2.3333	5.7484	2.8286
110	11213.048	39.5	2.6333	6.3232	3.1286
120	12232.416	42.5	2.8333	6.8980	3.3286
130	13251.784	47.5	3.1667	7.4729	3.6619
140	14271.152	52	3.4667	8.0477	3.9619
150	15290.52	55	3.6667	8.6225	4.1619
160	16309.888	60	4.0000	9.1974	4.4953
170	17329.256	63.5	4.2333	9.7722	4.7286
180	18348.624	67.5	4.5000	10.3470	4.9953
190	19367.992	72.5	4.8333	10.9219	5.3286
200	20387.36	77.5	5.1667	11.4967	5.6619
210	21406.728	82.5	5.5000	12.0715	5.9953
220	22426.096	87.5	5.8333	12.6464	6.3286
230	23445.464	92.5	6.1667	13.2212	6.6619
240	24464.832	97.5	6.5000	13.7960	6.9953
250	25484.2	102.5	6.8333	14.3709	7.3286
260	26503.568	107.5	7.1667	14.9457	7.6619
270	27522.936	112.5	7.5000	15.5206	7.9953
280	28542.304	117.5	7.8333	16.0954	8.3286
290	29561.672	123	8.2000	16.6702	8.6953
300	30581.04	128	8.5333	17.2451	9.0286
310	31600.408	133	8.8667	17.8199	9.3619
320	32619.776	139.5	9.3000	18.3947	9.7953

LABORATORIUM  
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
FAKULTAS TEKNIK UII



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

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

Sampel : Beton Pasir Kawat Bendrat 1,5%-3-4  
Diameter : 14,5 cm  
Tinggi (Lo) : 150 mm  
Berat : 12,3 kg

Beban (KN)	Beban (Kg)	$\Delta L$ (10-3)mm	Regangan (10-4)	Tegangan (MPa)	Reg_Koreksi
330	33639.144	145	9.6667	18.9696	10.1619
340	34658.512	150.5	10.0333	19.5444	10.5286
350	35677.88	155.5	10.3667	20.1192	10.8619
360	36697.248	161	10.7333	20.6941	11.2286
370	37716.616	167.5	11.1667	21.2689	11.6619
380	38735.984	173.5	11.5667	21.8437	12.0619
390	39755.352	180.5	12.0333	22.4186	12.5286
400	40774.72	187.5	12.5000	22.9934	12.9953
410	41794.088	193	12.8667	23.5682	13.3619
420	42813.456	200.5	13.3667	24.1431	13.8619
430	43832.824	207	13.8000	24.7179	14.2953
440	44852.192	213	14.2000	25.2928	14.6953
450	45871.56	221.5	14.7667	25.8676	15.2619
460	46890.928	230	15.3333	26.4424	15.8286
470	47910.296	236.5	15.7667	27.0173	16.2619
480	48929.664	247	16.4667	27.5921	16.9619
490	49949.032	256	17.0667	28.1669	17.5619
500	50968.4	265	17.6667	28.7418	18.1619
510	51987.768	276	18.4000	29.3166	18.8953
520	53007.136	287	19.1333	29.8914	19.6286
530	54026.504	297.5	19.8333	30.4663	20.3286
540	55045.872	309	20.6000	31.0411	21.0953
550	56065.24	321	21.4000	31.6159	21.8953
560	57084.608	335	22.3333	32.1908	22.8286
570	58103.976	350	23.3333	32.7656	23.8286
580	59123.344	380	25.3333	33.3404	25.8286
582.2	59347.60496	425	28.3333	33.4669	28.8286
580	59123.344	437.5	29.1667	33.3404	29.6619
570	58103.976	475	31.6667	32.7656	32.1619
560	57084.608	494	32.9333	32.1908	33.4286
550	56065.24	511	34.0667	31.6159	34.5619
540	55045.872	522.5	34.8333	31.0411	35.3286
530	54026.504	537.5	35.8333	30.4663	36.3286
520	53007.136	557.5	37.1667	29.8914	37.6619

LABORATORIUM  
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
FAKULTAS TEKNIK UII



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

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

Sampel : Beton Pasir Kawat Bendrat 1,5%-3-6  
Diameter : 14,5 cm  
Tinggi (Lo) : 150 mm  
Berat : 12,3 kg

Beban (KN)	Beban (Kg)	$\Delta L$ (10-3)mm	Regangan (10-4)	Tegangan (MPa)	Reg. Koreksi
0	0	0	0	0	0
10	1019.3680	3.5	0.2333	0.5748	0.7286
20	2038.7360	6.5	0.4333	1.1497	0.9286
30	3058.1040	10	0.6667	1.7245	1.1619
40	4077.4720	13.5	0.9000	2.2993	1.3953
50	5096.8400	17.5	1.1667	2.8742	1.6619
60	6116.2080	21.5	1.4333	3.4490	1.9286
70	7135.5760	25	1.6667	4.0238	2.1619
80	8154.9440	28	1.8667	4.5987	2.3619
90	9174.3120	32.5	2.1667	5.1735	2.6619
100	10193.6800	36.5	2.4333	5.7484	2.9286
110	11213.0480	40	2.6667	6.3232	3.1619
120	12232.4160	44	2.9333	6.8980	3.4286
130	13251.7840	48	3.2000	7.4729	3.6953
140	14271.1520	52.5	3.5000	8.0477	3.9953
150	15290.5200	56.5	3.7667	8.6225	4.2619
160	16309.8880	60.5	4.0333	9.1974	4.5286
170	17329.2560	65	4.3333	9.7722	4.8286
180	18348.6240	69	4.6000	10.3470	5.0953
190	19367.9920	74.5	4.9667	10.9219	5.4619
200	20387.3600	79.5	5.3000	11.4967	5.7953
210	21406.7280	85	5.6667	12.0715	6.1619
220	22426.0960	89.5	5.9667	12.6464	6.4619
230	23445.4640	94	6.2667	13.2212	6.7619
240	24464.8320	99.5	6.6333	13.7960	7.1286
250	25484.2000	104.5	6.9667	14.3709	7.4619
260	26503.5680	109.5	7.3000	14.9457	7.7953
270	27522.9360	114.5	7.6333	15.5206	8.1286
280	28542.3040	120	8.0000	16.0954	8.4953
290	29561.6720	126	8.4000	16.6702	8.8953
300	30581.0400	132	8.8000	17.2451	9.2953

LABORATORIUM  
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
FAKULTAS TEKNIK UII



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

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

Sampel : Beton Pasir Kawat Bendrat 1,5%-3-6  
 Diameter : 14,5 cm  
 Tinggi (Lo) : 150 mm  
 Berat : 12,3 kg

Beban (KN)	Beban (Kg)	$\Delta L$ (10-3)mm	Regangan (10-4)	Tegangan (MPa)	Reg_Koreksi
310	31600.4080	137.5	9.1667	17.8199	9.6619
320	32619.7760	143.5	9.5667	18.3947	10.0619
330	33639.1440	150	10.0000	18.9696	10.4953
340	34658.5120	157	10.4667	19.5444	10.9619
350	35677.8800	162.5	10.8333	20.1192	11.3286
360	36697.2480	170	11.3333	20.6941	11.8286
370	37716.6160	176.5	11.7667	21.2689	12.2619
380	38735.9840	182.5	12.1667	21.8437	12.6619
390	39755.3520	190	12.6667	22.4186	13.1619
400	40774.7200	197	13.1333	22.9934	13.6286
410	41794.0880	204	13.6000	23.5682	14.0953
420	42813.4560	210.5	14.0333	24.1431	14.5286
430	43832.8240	218.5	14.5667	24.7179	15.0619
440	44852.1920	227	15.1333	25.2928	15.6286
450	45871.5600	235	15.6667	25.8676	16.1619
460	46890.9280	243.5	16.2333	26.4424	16.7286
470	47910.2960	253	16.8667	27.0173	17.3619
480	48929.6640	262.5	17.5000	27.5921	17.9953
490	49949.0320	272.5	18.1667	28.1669	18.6619
500	50968.4000	282.5	18.8333	28.7418	19.3286
510	51987.7680	292.5	19.5000	29.3166	19.9953
520	53007.1360	305	20.3333	29.8914	20.8286
530	54026.5040	317.5	21.1667	30.4663	21.6619
540	55045.8720	332.5	22.1667	31.0411	22.6619
542.6	55310.9077	345	23.0000	31.1906	23.4953
540	55045.8720	373	24.8667	31.0411	25.3619
530	54026.5040	395	26.3333	30.4663	26.8286
520	53007.1360	485	32.3333	29.8914	32.8286
510	51987.7680	492	32.8000	29.3166	33.2953
500	50968.4000	494	32.9333	28.7418	33.4286
490	49949.0320	497.5	33.1667	28.1669	33.6619

LABORATORIUM  
 BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
 FAKULTAS TEKNIK UII



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

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

Sampel : Beton Pasir Kawat Bendrat 1,5%-4-1  
Diameter : 14,75 cm  
Tinggi (Lo) : 150 mm  
Berat : 12,3 kg

Beban (KN)	Beban (Kg)	$\Delta L$ ( $10^{-3}$ )mm	Regangan ( $10^{-4}$ )	Tegangan (MPa)	Reg_Koreksi
0	0	0	0	0	0
10	1019.3680	3	0.2000	0.5748	0.2822
20	2038.7360	6.5	0.4333	1.1497	0.5155
30	3058.1040	10	0.6667	1.7245	0.7488
40	4077.4720	13.5	0.9000	2.2993	0.9822
50	5096.8400	17.5	1.1667	2.8742	1.2488
60	6116.2080	21.5	1.4333	3.4490	1.5155
70	7135.5760	25	1.6667	4.0238	1.7488
80	8154.9440	28.5	1.9000	4.5987	1.9822
90	9174.3120	32.5	2.1667	5.1735	2.2488
100	10193.6800	36.5	2.4333	5.7484	2.5155
110	11213.0480	40	2.6667	6.3232	2.7488
120	12232.4160	43.5	2.9000	6.8980	2.9822
130	13251.7840	45.5	3.0333	7.4729	3.1155
140	14271.1520	49	3.2667	8.0477	3.3488
150	15290.5200	53.5	3.5667	8.6225	3.6488
160	16309.8880	56.5	3.7667	9.1974	3.8488
170	17329.2560	60	4.0000	9.7722	4.0822
180	18348.6240	65	4.3333	10.3470	4.4155
190	19367.9920	70	4.6667	10.9219	4.7488
200	20387.3600	73.5	4.9000	11.4967	4.9822
210	21406.7280	77.5	5.1667	12.0715	5.2488
220	22426.0960	81.5	5.4333	12.6464	5.5155
230	23445.4640	86.5	5.7667	13.2212	5.8488
240	24464.8320	93	6.2000	13.7960	6.2822
250	25484.2000	95	6.3333	14.3709	6.4155
260	26503.5680	100	6.6667	14.9457	6.7488
270	27522.9360	105	7.0000	15.5206	7.0822
280	28542.3040	110	7.3333	16.0954	7.4155
290	29561.6720	115	7.6667	16.6702	7.7488
300	30581.0400	120	8.0000	17.2451	8.0822
310	31600.4080	125	8.3333	17.8199	8.4155

LABORATORIUM  
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
FAKULTAS TEKNIK UII



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

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

Sampel : Beton Pasir Kawat Bendrat 1,5%-4-1  
Diameter : 14,75 cm  
Tinggi (Lo) : 150 mm  
Berat : 12,3 kg

Beban (KN)	Beban (Kg)	$\Delta L$ ( $10^{-3}$ )mm	Regangan ( $10^{-4}$ )	Tegangan (MPa)	Reg. Koreksi
320	32619.7760	130	8.6667	18.3947	8.7488
330	33639.1440	135	9.0000	18.9696	9.0822
340	34658.5120	140	9.3333	19.5444	9.4155
350	35677.8800	145	9.6667	20.1192	9.7488
360	36697.2480	150	10.0000	20.6941	10.0822
370	37716.6160	157.5	10.5000	21.2689	10.5822
380	38735.9840	162.5	10.8333	21.8437	10.9155
390	39755.3520	169	11.2333	22.4186	11.3155
400	40774.7200	175	11.6667	22.9934	11.7488
410	41794.0880	182.5	12.1667	23.5682	12.2488
420	42813.4560	189	12.6000	24.1431	12.6822
430	43832.8240	197	13.1333	24.7179	13.2155
440	44852.1920	205	13.6667	25.2928	13.7488
450	45871.5600	212.5	14.1667	25.8676	14.2488
460	46890.9280	221.5	14.7667	26.4424	14.8488
470	47910.296	232.5	15.5000	27.0173	15.5822
480	48929.664	242.5	16.1667	27.5921	16.2488
490	49949.032	255	17.0000	28.1669	17.0822
500	50968.4	267.5	17.8333	28.7418	17.9155
510	51987.768	284	18.9333	29.3166	19.0155
520	53007.136	305	20.3333	29.8914	20.4155
523.5	53363.9148	332.5	22.1667	30.0926	22.2488
520	53007.136	334	22.2667	29.8914	22.3488
510	51987.768	336.5	22.4333	29.3166	22.5155
500	50968.4	355	23.6667	28.7418	23.7488
490	49949.032	387.5	25.8333	28.1669	25.9155
480	48929.664	415	27.6667	27.5921	27.7488
470	47910.296	425	28.3333	27.0173	28.4155

LABORATORIUM  
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
FAKULTAS TEKNIK UII





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

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

Sampel : Beton Pasir Kawat Bendrat 1,5%-4-2  
Diameter : 14,75 cm  
Tinggi (Lo) : 150 mm  
Berat : 12,3 kg

Beban (KN)	Beban (Kg)	$\Delta L$ ( $10^{-3}$ )mm	Regangan ( $10^{-4}$ )	Tegangan (MPa)	Reg_Koreksi
0	0	0	0	0	0
10	1019.368	3	0.2000	0.5748	0.2822
20	2038.736	5	0.3333	1.1497	0.4155
30	3058.104	8	0.5333	1.7245	0.6155
40	4077.472	11.5	0.7667	2.2993	0.8488
50	5096.84	15.5	1.0333	2.8742	1.1155
60	6116.208	18.5	1.2333	3.4490	1.3155
70	7135.576	22.5	1.5000	4.0238	1.5822
80	8154.944	26.5	1.7667	4.5987	1.8488
90	9174.312	30	2.0000	5.1735	2.0822
100	10193.68	34.5	2.3000	5.7484	2.3822
110	11213.048	39	2.6000	6.3232	2.6822
120	12232.416	42	2.8000	6.8980	2.8822
130	13251.784	45.5	3.0333	7.4729	3.1155
140	14271.152	49.5	3.3000	8.0477	3.3822
150	15290.52	54	3.6000	8.6225	3.6822
160	16309.888	57.5	3.8333	9.1974	3.9155
170	17329.256	62.5	4.1667	9.7722	4.2488
180	18348.624	67	4.4667	10.3470	4.5488
190	19367.992	71.5	4.7667	10.9219	4.8488
200	20387.36	76	5.0667	11.4967	5.1488
210	21406.728	81	5.4000	12.0715	5.4822
220	22426.096	85	5.6667	12.6464	5.7488
230	23445.464	90	6.0000	13.2212	6.0822
240	24464.832	95	6.3333	13.7960	6.4155
250	25484.2	100	6.6667	14.3709	6.7488
260	26503.568	105	7.0000	14.9457	7.0822
270	27522.936	108.5	7.2333	15.5206	7.3155
280	28542.304	115	7.6667	16.0954	7.7488
290	29561.672	120	8.0000	16.6702	8.0822
300	30581.04	125	8.3333	17.2451	8.4155
310	31600.408	131	8.7333	17.8199	8.8155

LABORATORIUM  
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
FAKULTAS TEKNIK UII



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

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

Sampel : Beton Pasir Kawat Bendrat 1,5%-4-2  
Diameter : 14,75 cm  
Tinggi (Lo) : 150 mm  
Berat : 12,3 kg

Beban (KN)	Beban (Kg)	$\Delta L$ ( $10^{-3}$ )mm	Regangan ( $10^{-4}$ )	Tegangan (MPa)	Reg_Koreksi
320	32619.776	136	9.0667	18.3947	9.1488
330	33639.144	142	9.4667	18.9696	9.5488
340	34658.512	147.5	9.8333	19.5444	9.9155
350	35677.88	152.5	10.1667	20.1192	10.2488
360	36697.248	158.5	10.5667	20.6941	10.6488
370	37716.616	164.5	10.9667	21.2689	11.0488
380	38735.984	169.5	11.3000	21.8437	11.3822
390	39755.352	176	11.7333	22.4186	11.8155
400	40774.72	182.5	12.1667	22.9934	12.2488
410	41794.088	187.5	12.5000	23.5682	12.5822
420	42813.456	195	13.0000	24.1431	13.0822
430	43832.824	202.5	13.5000	24.7179	13.5822
440	44852.192	207.5	13.8333	25.2928	13.9155
450	45871.56	216.5	14.4333	25.8676	14.5155
460	46890.928	223.5	14.9000	26.4424	14.9822
470	47910.296	233	15.5333	27.0173	15.6155
480	48929.664	242	16.1333	27.5921	16.2155
490	49949.032	250	16.6667	28.1669	16.7488
500	50968.4	265	17.6667	28.7418	17.7488
510	51987.768	270	18.0000	29.3166	18.0822
520	53007.136	282.5	18.8333	29.8914	18.9155
530	54026.504	295	19.6667	30.4663	19.7488
540	55045.8720	308.5	20.5667	31.0411	20.6488
550	56065.2400	325	21.6667	31.6159	21.7488
560	57084.6080	341.5	22.7667	32.1908	22.8488
570	58103.9760	360	24.0000	32.7656	24.0822
574.6	58572.8853	370.5	24.7000	33.0300	24.7822
570	58103.9760	372.5	24.8333	32.7656	24.9155
560	57084.6080	392.5	26.1667	32.1908	26.2488

LABORATORIUM  
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
FAKULTAS TEKNIK UII



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

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

Sampel : Beton Pasir Kawat Bendrat 1,5%-4-4  
Diameter : 14,8 cm  
Tinggi (Lo) : 150 mm  
Berat : 12,3 kg

Beban (KN)	Beban (Kg)	$\Delta L$ ( $10^{-3}$ )mm	Regangan ( $10^{-4}$ )	Tegangan (MPa)	Reg_Koreksi
0	0	0	0	0	0
10	1019.3680	3	0.2000	0.5748	0.2822
20	2038.7360	6	0.4000	1.1497	0.4822
30	3058.1040	9.5	0.6333	1.7245	0.7155
40	4077.4720	13	0.8667	2.2993	0.9488
50	5096.8400	17.5	1.1667	2.8742	1.2488
60	6116.2080	21.5	1.4333	3.4490	1.5155
70	7135.5760	25	1.6667	4.0238	1.7488
80	8154.9440	29	1.9333	4.5987	2.0155
90	9174.3120	32.5	2.1667	5.1735	2.2488
100	10193.6800	37.5	2.5000	5.7484	2.5822
110	11213.0480	42	2.8000	6.3232	2.8822
120	12232.4160	46.5	3.1000	6.8980	3.1822
130	13251.7840	50	3.3333	7.4729	3.4155
140	14271.1520	53.5	3.5667	8.0477	3.6488
150	15290.5200	59	3.9333	8.6225	4.0155
160	16309.8880	64	4.2667	9.1974	4.3488
170	17329.2560	68.5	4.5667	9.7722	4.6488
180	18348.6240	73	4.8667	10.3470	4.9488
190	19367.9920	78	5.2000	10.9219	5.2822
200	20387.3600	83	5.5333	11.4967	5.6155
210	21406.7280	88	5.8667	12.0715	5.9488
220	22426.0960	93	6.2000	12.6464	6.2822
230	23445.4640	98	6.5333	13.2212	6.6155
240	24464.8320	103	6.8667	13.7960	6.9488
250	25484.2000	109	7.2667	14.3709	7.3488
260	26503.5680	116	7.7333	14.9457	7.8155
270	27522.9360	122.5	8.1667	15.5206	8.2488
280	28542.3040	128.5	8.5667	16.0954	8.6488

LABORATORIUM  
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
FAKULTAS TEKNIK UII



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

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

Sampel : Beton Pasir Kawat Bendrat 1,5%-4-4  
Diameter : 14,8 cm  
Tinggi (Lo) : 150 mm  
Berat : 12,3 kg

Beban (KN)	Beban (Kg)	$\Delta L$ ( $10^{-3}$ )mm	Regangan ( $10^{-4}$ )	Tegangan (MPa)	Reg_Koreksi
290	29561.6720	135	9.0000	16.6702	9.0822
300	30581.0400	142.5	9.5000	17.2451	9.5822
310	31600.4080	150	10.0000	17.8199	10.0822
320	32619.7760	160	10.6667	18.3947	10.7488
330	33639.1440	165	11.0000	18.9696	11.0822
340	34658.5120	172.5	11.5000	19.5444	11.5822
350	35677.8800	180	12.0000	20.1192	12.0822
360	36697.2480	187.5	12.5000	20.6941	12.5822
370	37716.6160	193	12.8667	21.2689	12.9488
380	38735.9840	200	13.3333	21.8437	13.4155
390	39755.3520	207.5	13.8333	22.4186	13.9155
400	40774.7200	212.5	14.1667	22.9934	14.2488
410	41794.0880	216.5	14.4333	23.5682	14.5155
420	42813.4560	221.5	14.7667	24.1431	14.8488
430	43832.8240	226.5	15.1000	24.7179	15.1822
440	44852.1920	232.5	15.5000	25.2928	15.5822
450	45871.5600	238.5	15.9000	25.8676	15.9822
460	46890.9280	245	16.3333	26.4424	16.4155
470	47910.2960	255	17.0000	27.0173	17.0822
480	48929.6640	262.5	17.5000	27.5921	17.5822
488.2	49765.5458	270	18.0000	28.0635	18.0822
480	48929.6640	295	19.6667	27.5921	19.7488
470	47910.2960	300	20.0000	27.0173	20.0822
460	46890.9280	307.5	20.5000	26.4424	20.5822
450	45871.5600	312.5	20.8333	25.8676	20.9155

LABORATORIUM  
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
FAKULTAS TEKNIK UII



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

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

Sampel : Beton Pasir Kawat Bendrat 1,5%-5-7  
Diameter : 14,8 cm  
Tinggi (Lo) : 150 mm  
Berat : 12,4 kg

Beban (KN)	Beban (Kg)	$\Delta L$ ( $10^{-3}$ )mm	Regangan ( $10^{-4}$ )	Tegangan (MPa)	Reg_Koreksi
0	0	0	0	0	0
10	1019.368	2	0.1333	0.5748	0.0141
20	2038.736	5	0.3333	1.1497	0.2141
30	3058.104	10	0.6667	1.7245	0.5475
40	4077.472	15	1.0000	2.2993	0.8808
50	5096.84	20	1.3333	2.8742	1.2141
60	6116.208	23	1.5333	3.4490	1.4141
70	7135.576	26.5	1.7667	4.0238	1.6475
80	8154.944	29	1.9333	4.5987	1.8141
90	9174.312	32.5	2.1667	5.1735	2.0475
100	10193.68	36	2.4000	5.7484	2.2808
110	11213.048	38.5	2.5667	6.3232	2.4475
120	12232.416	42	2.8000	6.8980	2.6808
130	13251.784	44.5	2.9667	7.4729	2.8475
140	14271.152	49	3.2667	8.0477	3.1475
150	15290.52	52.5	3.5000	8.6225	3.3808
160	16309.888	57.5	3.8333	9.1974	3.7141
170	17329.256	62.5	4.1667	9.7722	4.0475
180	18348.624	67.5	4.5000	10.3470	4.3808
190	19367.992	72.5	4.8333	10.9219	4.7141
200	20387.36	77.5	5.1667	11.4967	5.0475
210	21406.728	82.5	5.5000	12.0715	5.3808
220	22426.096	88	5.8667	12.6464	5.7475
230	23445.464	96.5	6.4333	13.2212	6.3141
240	24464.832	99	6.6000	13.7960	6.4808
250	25484.2	100	6.6667	14.3709	6.5475
260	26503.568	107.5	7.1667	14.9457	7.0475
270	27522.936	112.5	7.5000	15.5206	7.3808
280	28542.304	117.5	7.8333	16.0954	7.7141
290	29561.672	123	8.2000	16.6702	8.0808
300	30581.04	129.5	8.6333	17.2451	8.5141
310	31600.408	135.5	9.0333	17.8199	8.9141

LABORATORIUM  
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
FAKULTAS TEKNIK UII



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

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

Sampel : Beton Pasir Kawat Bndrat 1,5%-5-7  
 Diameter : 14,8 cm  
 Tinggi (Lo) : 150 mm  
 Berat : 12,4 kg

Beban (KN)	Beban (Kg)	$\Delta L$ ( $10^{-3}$ )mm	Regangan ( $10^{-4}$ )	Tegangan (MPa)	Reg. Koreksi
320	32619.776	141.5	9.4333	18.3947	9.3141
330	33639.144	147.5	9.8333	18.9696	9.7141
340	34658.512	153.5	10.2333	19.5444	10.1141
350	35677.88	159.5	10.6333	20.1192	10.5141
360	36697.248	165.5	11.0333	20.6941	10.9141
370	37716.616	171.5	11.4333	21.2689	11.3141
380	38735.984	177.5	11.8333	21.8437	11.7141
390	39755.3520	182.5	12.1667	22.4186	12.0475
400	40774.7200	190	12.6667	22.9934	12.5475
410	41794.0880	197.5	13.1667	23.5682	13.0475
420	42813.4560	200	13.3333	24.1431	13.2141
430	43832.8240	211.5	14.1000	24.7179	13.9808
440	44852.1920	218.5	14.5667	25.2928	14.4475
450	45871.5600	226	15.0667	25.8676	14.9475
460	46890.9280	233.5	15.5667	26.4424	15.4475
470	47910.2960	242.5	16.1667	27.0173	16.0475
480	48929.6640	251	16.7333	27.5921	16.6141
490	49949.0320	258	17.2000	28.1669	17.0808
500	50968.4000	265.5	17.7000	28.7418	17.5808
507.3	51712.5386	278.5	18.5667	29.1614	18.4475
500	50968.4000	307.5	20.5000	28.7418	20.3808
490	49949.0320	310	20.6667	28.1669	20.5475
480	48929.6640	315	21.0000	27.5921	20.8808
470	47910.2960	320	21.3333	27.0173	21.2141
460	46890.9280	337.5	22.5000	26.4424	22.3808
450	45871.5600	365	24.3333	25.8676	24.2141
440	44852.1920	395	26.3333	25.2928	26.2141

LABORATORIUM  
 BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
 FAKULTAS TEKNIK UII



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

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

Sampel : Beton Pasir Kawat Bendrat 1,5%-6-1  
Diameter : 15 cm  
Tinggi (Lo) : 150 mm  
Berat : 12,2 kg

Beban (KN)	Beban (Kg)	$\Delta L$ ( $10^{-3}$ )mm	Regangan ( $10^{-4}$ )	Tegangan (MPa)	Reg_Koreksi
0	0	0	0	0	0
10	1019.3680	2.5	0.1667	0.5748	0.6750
20	2038.7360	3.5	0.2333	1.1497	0.7416
30	3058.1040	6.5	0.4333	1.7245	0.9416
40	4077.4720	8.5	0.5667	2.2993	1.0750
50	5096.8400	11.5	0.7667	2.8742	1.2750
60	6116.2080	14	0.9333	3.4490	1.4416
70	7135.5760	16.5	1.1000	4.0238	1.6083
80	8154.9440	19	1.2667	4.5987	1.7750
90	9174.3120	21.5	1.4333	5.1735	1.9416
100	10193.6800	24.5	1.6333	5.7484	2.1416
110	11213.0480	28	1.8667	6.3232	2.3750
120	12232.4160	31	2.0667	6.8980	2.5750
130	13251.7840	35	2.3333	7.4729	2.8416
140	14271.1520	38.5	2.5667	8.0477	3.0750
150	15290.5200	42	2.8000	8.6225	3.3083
160	16309.8880	47.5	3.1667	9.1974	3.6750
170	17329.2560	50	3.3333	9.7722	3.8416
180	18348.6240	53.5	3.5667	10.3470	4.0750
190	19367.9920	57.5	3.8333	10.9219	4.3416
200	20387.3600	61.5	4.1000	11.4967	4.6083
210	21406.7280	65	4.3333	12.0715	4.8416
220	22426.0960	69	4.6000	12.6464	5.1083
230	23445.4640	73.5	4.9000	13.2212	5.4083
240	24464.8320	79.5	5.3000	13.7960	5.8083
250	25484.2000	83.5	5.5667	14.3709	6.0750
260	26503.5680	89	5.9333	14.9457	6.4416
270	27522.9360	95	6.3333	15.5206	6.8416
280	28542.3040	100	6.6667	16.0954	7.1750

LABORATORIUM  
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
FAKULTAS TEKNIK UII



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

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

Sampel : Beton Pasir Kawat Bendrat 1,5%-6-1  
Diameter : 15 cm  
Tinggi (Lo) : 150 mm  
Berat : 12,2 kg

Beban (KN)	Beban (Kg)	$\Delta L$ ( $10^{-3}$ )mm	Regangan ( $10^{-4}$ )	Tegangan (MPa)	Reg_Koreksi
290	29561.6720	106.5	7.1000	16.6702	7.6083
300	30581.0400	112.5	7.5000	17.2451	8.0083
310	31600.4080	120.5	8.0333	17.8199	8.5416
320	32619.7760	127.5	8.5000	18.3947	9.0083
330	33639.1440	133.5	8.9000	18.9696	9.4083
340	34658.5120	141.5	9.4333	19.5444	9.9416
350	35677.8800	150	10.0000	20.1192	10.5083
360	36697.2480	207.5	13.8333	20.6941	14.3416
370	37716.6160	217.5	14.5000	21.2689	15.0083
380	38735.9840	225	15.0000	21.8437	15.5083
390	39755.3520	237	15.7667	22.4186	16.2750
400	40774.7200	241	16.0667	22.9934	16.5750
410	41794.0880	242	16.1333	23.5682	16.6416
418.1	42619.7761	243	16.2000	24.0339	16.7083
410	41794.0880	245	16.3333	23.5682	16.8416
400	40774.7200	246	16.4000	22.9934	16.9083
390	39755.3520	247	16.4667	22.4186	16.9750
380	38735.9840	249	16.6000	21.8437	17.1083
370	37716.616	250	16.6667	21.2689	17.1750

**LABORATORIUM  
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
FAKULTAS TEKNIK UII**





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

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

Sampel : Beton Pasir Kawat Bendrat 1,5%-6-2  
Diameter : 15 cm  
Tinggi (Lo) : 150 mm  
Berat : 12,2 kg

Beban (KN)	Beban (Kg)	$\Delta L$ ( $10^{-3}$ )mm	Regangan ( $10^{-4}$ )	Tegangan (MPa)	Reg. Koreksi
0	0	0	0	0	0
10	1019.3680	3.5	0.2333	0.5748	0.7416
20	2038.7360	7	0.4667	1.1497	0.9750
30	3058.1040	11	0.7333	1.7245	1.2416
40	4077.4720	14.5	0.9667	2.2993	1.4750
50	5096.8400	18.5	1.2333	2.8742	1.7416
60	6116.2080	22	1.4667	3.4490	1.9750
70	7135.5760	27.5	1.8333	4.0238	2.3416
80	8154.9440	29.5	1.9667	4.5987	2.4750
90	9174.3120	33.5	2.2333	5.1735	2.7416
100	10193.6800	37.5	2.5000	5.7484	3.0083
110	11213.0480	42	2.8000	6.3232	3.3083
120	12232.4160	46.5	3.1000	6.8980	3.6083
130	13251.7840	50	3.3333	7.4729	3.8416
140	14271.1520	53.5	3.5667	8.0477	4.0750
150	15290.5200	57.5	3.8333	8.6225	4.3416
160	16309.8880	62.5	4.1667	9.1974	4.6750
170	17329.2560	67	4.4667	9.7722	4.9750
180	18348.6240	71.5	4.7667	10.3470	5.2750
190	19367.9920	76.5	5.1000	10.9219	5.6083
200	20387.3600	82	5.4667	11.4967	5.9750
210	21406.7280	85.5	5.7000	12.0715	6.2083
220	22426.0960	92	6.1333	12.6464	6.6416
230	23445.4640	97	6.4667	13.2212	6.9750
240	24464.8320	100	6.6667	13.7960	7.1750
250	25484.2000	105	7.0000	14.3709	7.5083
260	26503.5680	110	7.3333	14.9457	7.8416
270	27522.9360	115	7.6667	15.5206	8.1750
280	28542.3040	120	8.0000	16.0954	8.5083
290	29561.6720	126.5	8.4333	16.6702	8.9416
300	30581.0400	132.5	8.8333	17.2451	9.3416
310	31600.4080	138	9.2000	17.8199	9.7083

LABORATORIUM  
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
FAKULTAS TEKNIK UII



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

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

Sampel : Beton Pasir Kawat Bendrat 1,5%-6-2  
Diameter : 15 cm  
Tinggi (Lo) : 150 mm  
Berat : 12,2 kg

Beban (KN)	Beban (Kg)	$\Delta L$ ( $10^{-3}$ )mm	Regangan ( $10^{-4}$ )	Tegangan (MPa)	Reg_Koreksi
320	32619.7760	143.5	9.5667	18.3947	10.0750
330	33639.1440	150	10.0000	18.9696	10.5083
340	34658.5120	155	10.3333	19.5444	10.8416
350	35677.8800	162.5	10.8333	20.1192	11.3416
360	36697.2480	167.5	11.1667	20.6941	11.6750
370	37716.6160	174.5	11.6333	21.2689	12.1416
380	38735.9840	180	12.0000	21.8437	12.5083
390	39755.3520	187.5	12.5000	22.4186	13.0083
400	40774.7200	195	13.0000	22.9934	13.5083
410	41794.0880	200.5	13.3667	23.5682	13.8750
420	42813.4560	208.5	13.9000	24.1431	14.4083
430	43832.8240	216.5	14.4333	24.7179	14.9416
440	44852.1920	222.5	14.8333	25.2928	15.3416
450	45871.5600	231.5	15.4333	25.8676	15.9416
460	46890.9280	238.5	15.9000	26.4424	16.4083
470	47910.2960	247.5	16.5000	27.0173	17.0083
480	48929.6640	257.5	17.1667	27.5921	17.6750
490	49949.0320	265	17.6667	28.1669	18.1750
500	50968.4000	275	18.3333	28.7418	18.8416
510	51987.7680	283	18.8667	29.3166	19.3750
520	53007.1360	293	19.5333	29.8914	20.0416
530	54026.5040	305	20.3333	30.4663	20.8416
540	55045.8720	313.5	20.9000	31.0411	21.4083
550	56065.2400	326.5	21.7667	31.6159	22.2750
560	57084.6080	340	22.6667	32.1908	23.1750
567.3	57828.7466	355	23.6667	32.6104	24.1750
560	57084.6080	365	24.3333	32.1908	24.8416
550	56065.2400	423.5	28.2333	31.6159	28.7416
540	55045.8720	447.5	29.8333	31.0411	30.3416

LABORATORIUM  
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
FAKULTAS TEKNIK UII



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

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

Sampel : Beton Pasir Kawat Bendrat 1,5%-6-3  
 Diameter : 15,1 cm  
 Tinggi (Lo) : 150 mm  
 Berat : 12,2 kg

Beban (KN)	Beban (Kg)	$\Delta L$ ( $10^{-3}$ )mm	Regangan ( $10^{-4}$ )	Tegangan (MPa)	Reg_Koreksi
0	0	0	0	0	0
10	1019.368	3	0.2000	0.5748	0.7083
20	2038.736	6.5	0.4333	1.1497	0.9416
30	3058.104	10.5	0.7000	1.7245	1.2083
40	4077.472	14	0.9333	2.2993	1.4416
50	5096.8400	18	1.2000	2.8742	1.7083
60	6116.2080	22.5	1.5000	3.4490	2.0083
70	7135.5760	26.5	1.7667	4.0238	2.2750
80	8154.9440	31.5	2.1000	4.5987	2.6083
90	9174.3120	36	2.4000	5.1735	2.9083
100	10193.6800	40	2.6667	5.7484	3.1750
110	11213.0480	45	3.0000	6.3232	3.5083
120	12232	49.5	3.3000	6.8980	3.8083
130	13251.7840	55	3.6667	7.4729	4.1750
140	14271.1520	60	4.0000	8.0477	4.5083
150	15290.5200	65	4.3333	8.6225	4.8416
160	16309.8880	70	4.6667	9.1974	5.1750
170	17329.2560	75	5.0000	9.7722	5.5083
180	18348.6240	80	5.3333	10.3470	5.8416
190	19367.9920	87.5	5.8333	10.9219	6.3416
200	20387.3600	92.5	6.1667	11.4967	6.6750
210	21406.7280	99.5	6.6333	12.0715	7.1416
220	22426.0960	105	7.0000	12.6464	7.5083
230	23445.4640	111.5	7.4333	13.2212	7.9416
240	24464.8320	118	7.8667	13.7960	8.3750
250	25484.2000	125	8.3333	14.3709	8.8416
260	26503.5680	132.5	8.8333	14.9457	9.3416
270	27522.9360	140	9.3333	15.5206	9.8416

**LABORATORIUM  
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
FAKULTAS TEKNIK UII**



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

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

Sampel : Beton Pasir Kawat Bendrat 1,5%-6-3  
Diameter : 15,1 cm  
Tinggi (Lo) : 150 mm  
Berat : 12,2 kg

Beban (KN)	Beban (Kg)	$\Delta L$ ( $10^{-3}$ )mm	Regangan ( $10^{-4}$ )	Tegangan (MPa)	Reg Koreksi
280	28542.3040	147.5	9.8333	16.0954	10.3416
290	29561.6720	155	10.3333	16.6702	10.8416
300	30581.0400	162.5	10.8333	17.2451	11.3416
310	31600.4080	167.5	11.1667	17.8199	11.6750
320	32619.7760	180	12.0000	18.3947	12.5083
330	33639.1440	190	12.6667	18.9696	13.1750
340	34658.5120	199.5	13.3000	19.5444	13.8083
350	35677.8800	210	14.0000	20.1192	14.5083
360	36697.2480	220	14.6667	20.6941	15.1750
370	37716.6160	230	15.3333	21.2689	15.8416
380	38735.9840	242.5	16.1667	21.8437	16.6750
390	39755.3520	255	17.0000	22.4186	17.5083
400	40774.7200	272.5	18.1667	22.9934	18.6750
410	41794.0880	290	19.3333	23.5682	19.8416
420	42813.4560	312.5	20.8333	24.1431	21.3416
430	43832.8240	337.5	22.5000	24.7179	23.0083
440	44852.1920	382.5	25.5000	25.2928	26.0083
441.1	44964.3225	370	24.6667	25.3560	25.1750
440	44852.1920	387.5	25.8333	25.2928	26.3416
430	43832.8240	392.5	26.1667	24.7179	26.6750
420	42813.4560	397.5	26.5000	24.1431	27.0083
410	41794.0880	405	27.0000	23.5682	27.5083
400	40774.7200	412.5	27.5000	22.9934	28.0083

LABORATORIUM  
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
FAKULTAS TEKNIK UII

# *LAMPIRAN 6*

---

*(Hasil Pengujian Kuat Tarik Beton)*

TABEL KUAT TARIK  
 SAMPEL : BETON PASIR 0%

Silinder	Diameter (Cm)	Tinggi (Cm)	Berat (Kg)	Beban Max(kN)	Beban Max (kg)	kuat tarik (kg/cm <sup>2</sup> )
6	14,7	31	12,2	135,900	13853,211	23,331
7	14,7	32	12,4	146,700	14954,129	24,004
8	14,7	27	12	141,100	14383,282	28,276
			rata-rata	141,233	14396,874	25,204

TABEL KUAT TARIK  
 Sampel Beton Pasir Kawat Bendrat 1,5 % - 3

Silinder	Diameter (Cm)	Tinggi (Cm)	Berat (Kg)	Beban Max(kN)	Beban Max (kg)	kuat tarik (kg/cm <sup>2</sup> )
1	14,5	29,8	12,1	204,200	20815,495	36,769
2	14,5	29,6	12,2	205,100	20907,238	36,876
5	14,5	29,7	12,3	178,100	18154,944	31,654
			rata-rata	195,800	19959,225	35,100

TABEL KUAT TARIK  
 Sampel Beton Pasir Kawat Bendrat 1,5 % - 4

Silinder	Diameter (Cm)	Tinggi (Cm)	Berat (Kg)	Beban Max(kN)	Beban Max (kg)	kuat tarik (kg/cm <sup>2</sup> )
3	14,9	30	12,3	190,500	19418,960	33,520
5	14,8	29,5	12,1	229,100	23353,721	41,672*
8	14,8	29,8	12,4	215,400	21957,187	37,848
			rata-rata	211,667	21576,623	35,684

**TABEL KUAT TARIK**  
**Sampel Beton Pasir Kawat Bendrat 1,5 % - 5**

Silinder	Diameter (Cm)	Tinggi (Cm)	Berat (Kg)	Beban Max(kN)	Beban Max (kg)	kuat tarik (kg/cm <sup>2</sup> )
1	14,8	29,8	12,2	155,700	15871,560	27,806*
3	14,8	29,9	12,2	200,800	20468,909	35,741
8	14,8	30	12,3	215,400	21957,187	37,901
			rata-rata	190,633	19432,552	36,821

**TABEL KUAT TARIK**  
**Sampel Beton Pasir Kawat Bendrat 1,5 % - 6**

Silinder	Diameter (Cm)	Tinggi (Cm)	Berat (Kg)	Beban Max(kN)	Beban Max (kg)	kuat tarik (kg/cm <sup>2</sup> )
6	15	30	12,2	202,900	20682,977	35,994
7	14,5	29,9	12,3	221,500	22579,001	39,105
8	15,1	30	12,1	253,300	25820,591	45,306
			rata-rata	225,900	23027,523	40,135

\* : Penyimpangan Terlalu Besar

# *LAMPIRAN 7*

---

*(Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton)*



TABEL KUAT LENTUR

SAMPEL : Beton Pasir 0%

KODE BENDA UJI	BERAT (Kg)	PANJANG/L (Cm)	Ljoin (cm)	LEBAR (Cm)	TINGGI (Cm)	BEBAN MAKS (kg)	kuat lentur (kg/cm <sup>2</sup> )
BP-0% - 1	9.2	40.1	10.05	9.8	9.8	1252.5	40.114
BP-0% - 2	8.9	40.1	10.05	9.8	9.8	1120	35.871
BP-0% - 3	9.1	40.1	10.05	9.8	9.8	1210	38.753
Rata-rata						1194.17	38.246

TABEL KUAT LENTUR

SAMPEL : Betaon Pasir Kawat Bendrat 1.5% - 3

KODE BENDA UJI	BERAT (Kg)	PANJANG/L (Cm)	Ljoin (cm)	LEBAR (Cm)	TINGGI (Cm)	BEBAN MAKS (kg)	kuat lentur (kg/cm <sup>2</sup> )
BP-0% - 1	9.2	40.2	10.1	9.9	9.8	1200	38.234
BP-0% - 2	9.9	40.1	10.05	9.8	9.9	2040	64.023
BP-0% - 3	9.6	40.1	10.05	9.9	9.8	1685	53.421
Rata-rata						1641.67	51.893

TABEL KUAT LENTUR

SAMPEL : Betaon Pasir Kawat Bendrat 1.5% - 4

KODE BENDA UJI	BERAT (Kg)	PANJANG/L (Cm)	Ljoin (cm)	LEBAR (Cm)	TINGGI (Cm)	BEBAN MAKS (kg)	kuat lentur (kg/cm <sup>2</sup> )
BP-0% - 1	9.1	40.1	10.05	9.8	9.8	1750	56.048
BP-0% - 2	9	40.2	10.1	9.8	9.8	1540	49.568
BP-0% - 3	9.3	40.1	10.05	9.8	9.8	1650	52.845
Rata-rata						1646.67	52.820

LABORATORIUM  
 BANGUN KONSTRUKSI TEKNIK  
 FAKULTAS TEKNIK UJI

TABEL KUAT LENTUR

SAMPEL : Betaon Pasir Kawat Bendrat 1.5% - 5

KODE BENDA UJI	BERAT (Kg)	PANJANG/L (Cm)	Ljoin (cm)	LEBAR (Cm)	TINGGI (Cm)	BEBAN MAKS (kg)	kuat lentur (kg/cm <sup>2</sup> )
BP-0% - 1	9	40.1	10.05	9.8	9.8	1640	52.525
BP-0% - 2	9	40.1	10.05	9.8	9.8	1650	52.845
BP-0% - 3	9.1	40.1	10.05	9.8	9.8	2130	68.218
Rata-rata						1806.67	57.863

TABEL KUAT LENTUR

SAMPEL : Betaon Pasir Kawat Bendrat 1.5% - 6

KODE BENDA UJI	BERAT (Kg)	PANJANG/L (Cm)	Ljoin (cm)	LEBAR (Cm)	TINGGI (Cm)	BEBAN MAKS (kg)	kuat lentur (kg/cm <sup>2</sup> )
BP-0% - 1	9	40.2	10.1	9.9	9.9	1450	45.271
BP-0% - 2	9	40.1	10.05	9.9	9.9	1550	48.153
BP-0% - 3	9.1	40.1	10.05	9.8	9.9	2100	65.906
Rata-rata						1700.00	53.110

LABORATORIUM  
 TEKNIK KONSTRUKSI TEKNIK  
 FAKULTAS TEKNIK UII

# *LAMPIRAN 8*

---

*(Hasil Pengujian Beban Lendutan Beton)*



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

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

Sampel : Beton Pasir 0%-1  
L : 40,1 cm  
B : 9,8 cm  
H : 9,8 cm  
Berat : 9,2 kg

Beban (P) Kg	Beban (P) KN	Momen (KNm)	Tegangan Lentur (MPa)	Lendutan $\delta$ ( $10^{-3}$ mm)
0	0	0	0	0
50	0.4905	0.0245	0.1627	1
100	0.9810	0.0490	0.3254	2
150	1.4715	0.0736	0.4881	4
200	1.9620	0.0981	0.6508	5
250	2.4525	0.1226	0.8135	7
300	2.9430	0.1471	0.9762	9
350	3.4335	0.1717	1.1388	10
400	3.9240	0.1962	1.3015	11
450	4.4145	0.2207	1.4642	12
500	4.9050	0.2452	1.6269	13
550	5.3955	0.2698	1.7896	15
600	5.8860	0.2943	1.9523	16
650	6.3765	0.3188	2.1150	17
700	6.8670	0.3433	2.2777	18
750	7.3575	0.3679	2.4404	19
800	7.8480	0.3924	2.6031	20
850	8.3385	0.4169	2.7658	21
900	8.8290	0.4414	2.9285	22
950	9.3195	0.4660	3.0912	23
1000	9.8100	0.4905	3.2539	24
1050	10.3005	0.5150	3.4165	25
1100	10.7910	0.5395	3.5792	26
1150	11.2815	0.5641	3.7419	27
1200	11.7720	0.5886	3.9046	28
1252.5	12.2870	0.6144	4.0755	29

LABORATORIUM  
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
FAKULTAS TEKNIK UII



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

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

Sampel : Beton Pasir 0%-2  
L : 40,1 cm  
B : 9,8 cm  
H : 9,8 cm  
Berat : 8,9 kg

Beban (P) Kg	Beban (P) KN	Momen (KNm)	Tegangan Lentur (MPa)	Lendutan $\delta$ ( $10^{-3}$ mm)
0	0	0	0	0
50	0.4905	0.0245	0.1768	5
100	0.9810	0.0490	0.3537	7
150	1.4715	0.0736	0.5305	8
200	1.9620	0.0981	0.7073	10
250	2.4525	0.1226	0.8842	11
300	2.9430	0.1471	1.0610	12
350	3.4335	0.1717	1.2378	13
400	3.9240	0.1962	1.4147	15
450	4.4145	0.2207	1.5915	17
500	4.9050	0.2452	1.7683	18
550	5.3955	0.2698	1.9452	19
600	5.8860	0.2943	2.1220	20
650	6.3765	0.3188	2.2988	21
700	6.8670	0.3433	2.4757	22
750	7.3575	0.3679	2.6525	23
800	7.8480	0.3924	2.8293	24
850	8.3385	0.4169	3.0062	25
900	8.8290	0.4414	3.1830	26
950	9.3195	0.4660	3.3598	27
1000	9.8100	0.4905	3.5367	28
1050	10.3005	0.5150	3.7135	29
1120	10.9872	0.5494	3.9611	30

LABORATORIUM  
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
FAKULTAS TEKNIK UII



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

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

Sampel : Beton Pasir 0%-3  
L : 40,1 cm  
B : 9,8 cm  
H : 9,8 cm  
Berat : 9,1 kg

Beban (P) Kg	Beban (P) KN	Momen (KNm)	Tegangan Lentur (MPa)	Lendutan $\delta$ ( $10^{-3}$ mm)
0	0	0	0	0
50	0.4905	0.0245	0.1627	2
100	0.9810	0.0490	0.3254	4
150	1.4715	0.0736	0.4881	5
200	1.9620	0.0981	0.6508	7
250	2.4525	0.1226	0.8135	8
300	2.9430	0.1471	0.9762	9
350	3.4335	0.1717	1.1388	10
400	3.9240	0.1962	1.3015	11
450	4.4145	0.2207	1.4642	12
500	4.9050	0.2452	1.6269	13
550	5.3955	0.2698	1.7896	14
600	5.8860	0.2943	1.9523	15
650	6.3765	0.3188	2.1150	16
700	6.8670	0.3433	2.2777	17
750	7.3575	0.3679	2.4404	18
800	7.8480	0.3924	2.6031	19
850	8.3385	0.4169	2.7658	20
900	8.8290	0.4414	2.9285	21
950	9.3195	0.4660	3.0912	22
1000	9.8100	0.4905	3.2539	23
1050	10.3005	0.5150	3.4165	24
1100	10.7910	0.5395	3.5792	25
1150	11.2815	0.5641	3.7419	26
1210	11.8701	0.5935	3.9372	27

LABORATORIUM  
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
FAKULTAS TEKNIK UII



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

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

Sampel : Beton Pasir Kawat Bendrat 1,5%-3-1  
L : 40,2 cm  
B : 9,9 cm  
H : 9,8 cm  
Berat : 9,2 kg

Beban (P) Kg	Beban (P) KN	Momen (KNm)	Tegangan Lentur (MPa)	Lendutan $\delta$ ( $10^{-3}$ mm)
0	0	0	0	0
50	0.4905	0.0245	0.1546	2.5
100	0.9810	0.0490	0.3093	3.5
150	1.4715	0.0736	0.4639	5
200	1.9620	0.0981	0.6186	6
250	2.4525	0.1226	0.7732	7.2
300	2.9430	0.1471	0.9278	8
350	3.4335	0.1717	1.0825	9.1
400	3.9240	0.1962	1.2371	10.2
450	4.4145	0.2207	1.3917	11
500	4.9050	0.2452	1.5464	12
550	5.3955	0.2698	1.7010	13
600	5.8860	0.2943	1.8557	14
650	6.3765	0.3188	2.0103	15.5
700	6.8670	0.3433	2.1649	16.5
750	7.3575	0.3679	2.3196	17.3
800	7.8480	0.3924	2.4742	18
850	8.3385	0.4169	2.6289	19
900	8.8290	0.4414	2.7835	20
950	9.3195	0.4660	2.9381	21
1000	9.8100	0.4905	3.0928	21.9
1050	10.3005	0.5150	3.2474	22.4
1100	10.7910	0.5395	3.4020	23.2
1150	11.2815	0.5641	3.5567	25
1200	11.7720	0.5886	3.7113	40

LABORATORIUM  
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
FAKULTAS TEKNIK UII



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

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

Sampel : Beton Pasir Kawat Bendrat 1,5%-3-2  
L : 40,1 cm  
B : 9,8 cm  
H : 9,9 cm  
Berat : 9,9 kg

Beban (P) Kg	Beban (P) KN	Momen (KNm)	Tegangan Lentur (MPa)	Lendutan $\delta$ ( $10^{-3}$ mm)
0	0	0	0	0
50	0.4905	0.0245	0.1515	2
100	0.9810	0.0490	0.3031	3
150	1.4715	0.0736	0.4546	4
200	1.9620	0.0981	0.6061	5
250	2.4525	0.1226	0.7577	6
300	2.9430	0.1471	0.9092	7
350	3.4335	0.1717	1.0607	8
400	3.9240	0.1962	1.2122	9.5
450	4.4145	0.2207	1.3638	10
500	4.9050	0.2452	1.5153	10.5
550	5.3955	0.2698	1.6668	11
600	5.8860	0.2943	1.8184	11.5
650	6.3765	0.3188	1.9699	12
700	6.8670	0.3433	2.1214	13
750	7.3575	0.3679	2.2730	14
800	7.8480	0.3924	2.4245	15
850	8.3385	0.4169	2.5760	15.5
900	8.8290	0.4414	2.7275	16
950	9.3195	0.4660	2.8791	16.5
1000	9.8100	0.4905	3.0306	17
1050	10.3005	0.5150	3.1821	18
1100	10.7910	0.5395	3.3337	18.5
1150	11.2815	0.5641	3.4852	19

LABORATORIUM  
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
FAKULTAS TEKNIK UII





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

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

Sampel : Beton Pasir Kawat Bendrat 1,5%-3-2  
L : 40,1 cm  
B : 9,8 cm  
H : 9,9 cm  
Berat : 9,9 kg

Beban (P) Kg	Beban (P) KN	Momen (KNm)	Tegangan Lentur (MPa)	Lendutan $\delta$ ( $10^{-3}$ mm)
1200	11.7720	0.5886	3.6367	19.5
1250	12.2625	0.6131	3.7883	20
1300	12.7530	0.6376	3.9398	21
1350	13.2435	0.6622	4.0913	21.5
1400	13.7340	0.6867	4.2428	22
1450	14.2245	0.7112	4.3944	22.5
1500	14.7150	0.7357	4.5459	23
1550	15.2055	0.7603	4.6974	24
1600	15.6960	0.7848	4.8490	24.5
1650	16.1865	0.8093	5.0005	25
1700	16.6770	0.8338	5.1520	47
1750	17.1675	0.8584	5.3036	59
1800	17.6580	0.8829	5.4551	63
1850	18.1485	0.9074	5.6066	65
1900	18.6390	0.9319	5.7582	67
1950	19.1295	0.9565	5.9097	71
2000	19.6200	0.9810	6.0612	74
2040	20.0124	1.0006	6.1824	78

LABORATORIUM  
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
FAKULTAS TEKNIK UII



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

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

Sampel : Beton Pasir Kawat Bendrat 1,5%-3-3  
L : 40,1 cm  
B : 9,9 cm  
H : 9,8 cm  
Berat : 9,6 kg

Beban (P) Kg	Beban (P) KN	Momen (KNm)	Tegangan Lentur (MPa)	Lendutan $\delta$ ( $10^{-3}$ mm)
0	0	0	0	0
50	0.4905	0.0245	0.1562	8
100	0.9810	0.0490	0.3124	10.5
150	1.4715	0.0736	0.4686	12
200	1.9620	0.0981	0.6247	14
250	2.4525	0.1226	0.7809	15
300	2.9430	0.1471	0.9371	16
350	3.4335	0.1717	1.0933	17
400	3.9240	0.1962	1.2495	18
450	4.4145	0.2207	1.4057	20
500	4.9050	0.2452	1.5618	21
550	5.3955	0.2698	1.7180	22
600	5.8860	0.2943	1.8742	23
650	6.3765	0.3188	2.0304	24
700	6.8670	0.3433	2.1866	25
750	7.3575	0.3679	2.3428	26
800	7.8480	0.3924	2.4990	27
850	8.3385	0.4169	2.6551	28
900	8.8290	0.4414	2.8113	29

**LABORATORIUM  
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
FAKULTAS TEKNIK UII**



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

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

Sampel : Beton Pasir Kawat Bendrat 1,5%-3-3  
L : 40,1 cm  
B : 9,9 cm  
H : 9,8 cm  
Berat : 9,6 kg

Beban (P) Kg	Beban (P) KN	Momen (KNm)	Tegangan Lentur (MPa)	Lendutan $\delta$ ( $10^{-3}$ mm)
950	9.3195	0.4660	2.9675	30
1000	9.8100	0.4905	3.1237	30.5
1050	10.3005	0.5150	3.2799	31
1100	10.7910	0.5395	3.4361	32
1150	11.2815	0.5641	3.5923	33
1200	11.7720	0.5886	3.7484	33.5
1250	12.2625	0.6131	3.9046	34
1300	12.7530	0.6376	4.0608	35
1350	13.2435	0.6622	4.2170	36
1400	13.7340	0.6867	4.3732	36.5
1450	14.2245	0.7112	4.5294	37
1500	14.7150	0.7357	4.6855	38
1550	15.2055	0.7603	4.8417	39
1600	15.6960	0.7848	4.9979	40
1650	16.1865	0.8093	5.1541	41
1685	16.52985	0.826492	5.263432	52

LABORATORIUM  
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
FAKULTAS TEKNIK UII



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

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

Sampel : Beton Pasir Kawat Bendrat 1,5%-4-1  
L : 40,1 cm  
B : 9,8 cm  
H : 9,8 cm  
Berat : 9,3 kg

Beban (P) Kg	Beban (P) KN	Momen (KNm)	Tegangan Lentur (MPa)	Lendutan $\delta$ ( $10^{-3}$ mm)
0	0	0	0	0
50	0.4905	0.0245	0.1627	3
100	0.9810	0.0490	0.3254	4.5
150	1.4715	0.0736	0.4881	6
200	1.9620	0.0981	0.6508	7
250	2.4525	0.1226	0.8135	8
300	2.9430	0.1471	0.9762	9
350	3.4335	0.1717	1.1388	10.5
400	3.9240	0.1962	1.3015	11.5
450	4.4145	0.2207	1.4642	12
500	4.9050	0.2452	1.6269	13
550	5.3955	0.2698	1.7896	14
600	5.8860	0.2943	1.9523	14.5
650	6.3765	0.3188	2.1150	15
700	6.8670	0.3433	2.2777	16
750	7.3575	0.3679	2.4404	17
800	7.8480	0.3924	2.6031	18
850	8.3385	0.4169	2.7658	18.5
900	8.8290	0.4414	2.9285	19
950	9.3195	0.4660	3.0912	20
1000	9.8100	0.4905	3.2539	20.5
1050	10.3005	0.5150	3.4165	21
1100	10.7910	0.5395	3.5792	22
1150	11.2815	0.5641	3.7419	23
1200	11.7720	0.5886	3.9046	23.5
1250	12.2625	0.6131	4.0673	24.5
1300	12.7530	0.6376	4.2300	25.5
1350	13.2435	0.6622	4.3927	28
1400	13.7340	0.6867	4.5554	30
1450	14.2245	0.7112	4.7181	33

LABORATORIUM  
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
FAKULTAS TEKNIK UII



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

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

Sampel : Beton Pasir Kawat Bendrat 1,5%-4-1  
L : 40,1 cm  
B : 9,8 cm  
H : 9,8 cm  
Berat : 9,3 kg

Beban (P) Kg	Beban (P) KN	Momen (KNm)	Tegangan Lentur (MPa)	Lendutan $\delta$ ( $10^{-3}$ mm)
1500	14.7150	0.7357	4.8808	35
1550	15.2055	0.7603	5.0435	37
1600	15.6960	0.7848	5.2062	40
1650	16.1865	0.8093	5.3689	42
1700	16.6770	0.8338	5.5315	47
1750	17.1675	0.8584	5.6942	58

LABORATORIUM  
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
FAKULTAS TEKNIK UII



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

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

Sampel : Beton Pasir Kawat Bendrat 1,5%-4-2  
L : 40,2 cm  
B : 9,8 cm  
H : 9,8 cm  
Berat : 9 kg

Beban (P) Kg	Beban (P) KN	Momen (KNm)	Tegangan Lentur (MPa)	Lendutan $\delta$ ( $10^{-3}$ mm)
0	0	0	0	0
50	0.4905	0.0245	0.1627	3
100	0.9810	0.0490	0.3254	5
150	1.4715	0.0736	0.4881	7
200	1.9620	0.0981	0.6508	9
250	2.4525	0.1226	0.8135	10
300	2.9430	0.1471	0.9762	11
350	3.4335	0.1717	1.1388	12
400	3.9240	0.1962	1.3015	12.5
450	4.4145	0.2207	1.4642	13
500	4.9050	0.2452	1.6269	14
550	5.3955	0.2698	1.7896	15
600	5.8860	0.2943	1.9523	16
650	6.3765	0.3188	2.1150	17.5
700	6.8670	0.3433	2.2777	18
750	7.3575	0.3679	2.4404	19
800	7.8480	0.3924	2.6031	20
850	8.3385	0.4169	2.7658	21.5
900	8.8290	0.4414	2.9285	22
950	9.3195	0.4660	3.0912	23
1000	9.8100	0.4905	3.2539	24
1050	10.3005	0.5150	3.4165	25
1100	10.7910	0.5395	3.5792	25.5
1150	11.2815	0.5641	3.7419	26
1200	11.7720	0.5886	3.9046	27
1250	12.2625	0.6131	4.0673	28
1300	12.7530	0.6376	4.2300	29
1350	13.2435	0.6622	4.3927	30
1400	13.7340	0.6867	4.5554	31
1450	14.2245	0.7112	4.7181	32
1500	14.7150	0.7357	4.8808	34
1540	15.1074	0.7554	5.0109	47

LABORATORIUM  
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
FAKULTAS TEKNIK UII



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

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

Sampel : Beton Pasir Kawat Bendrat 1,5%-4-3  
L : 40,1 cm  
B : 9,8 cm  
H : 9,8 cm  
Berat : 9,1 kg

Beban (P) Kg	Beban (P) KN	Momen (KNm)	Tegangan Lentur (MPa)	Lendutan $\delta$ ( $10^{-3}$ mm)
0	0	0	0	0
50	0.4905	0.0245	0.1594	2
100	0.9810	0.0490	0.3187	3
150	1.4715	0.0736	0.4781	4
200	1.9620	0.0981	0.6375	5.5
250	2.4525	0.1226	0.7969	6
300	2.9430	0.1471	0.9562	6.5
350	3.4335	0.1717	1.1156	7
400	3.9240	0.1962	1.2750	7.5
450	4.4145	0.2207	1.4344	8
500	4.9050	0.2452	1.5937	8.5
550	5.3955	0.2698	1.7531	9
600	5.8860	0.2943	1.9125	9.5
650	6.3765	0.3188	2.0718	10
700	6.8670	0.3433	2.2312	10.5
750	7.3575	0.3679	2.3906	11
800	7.8480	0.3924	2.5500	11.5
850	8.3385	0.4169	2.7093	12
900	8.8290	0.4414	2.8687	12.5
950	9.3195	0.4660	3.0281	13
1000	9.8100	0.4905	3.1874	13.5

LABORATORIUM  
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL



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

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

Sampel : Beton Pasir Kawat Bendrat 1,5%-4-3  
L : 40,1 cm  
B : 9,8 cm  
H : 9,8 cm  
Berat : 9,1 kg

Beban (P) Kg	Beban (P) KN	Momen (KNm)	Tegangan Lentur (MPa)	Lendutan $\delta$ ( $10^{-3}$ mm)
1050	10.3005	0.5150	3.3468	14
1100	10.7910	0.5395	3.5062	14.5
1150	11.2815	0.5641	3.6656	15
1200	11.7720	0.5886	3.8249	15.5
1250	12.2625	0.6131	3.9843	16
1300	12.7530	0.6376	4.1437	16.5
1350	13.2435	0.6622	4.3031	17
1400	13.7340	0.6867	4.4624	17.5
1450	14.2245	0.7112	4.6218	19
1500	14.7150	0.7357	4.7812	21
1550	15.2055	0.7603	4.9405	23
1600	15.6960	0.7848	5.0999	25
1650	16.1865	0.8093	5.2593	40

LABORATORIUM  
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
FAKULTAS TEKNIK UII





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

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

Sampel : Beton Pasir Kawat Bendrat 1,5%-5-1  
L : 40,1 cm  
B : 9,8 cm  
H : 9,8 cm  
Berat : 9 kg

Beban (P) Kg	Beban (P) KN	Momen (KNm)	Tegangan Lentur (MPa)	Lendutan $\delta$ ( $10^{-3}$ mm)
0	0	0	0	0
50	0.4905	0.0245	0.1627	1
100	0.9810	0.0490	0.3254	2
150	1.4715	0.0736	0.4881	3
200	1.9620	0.0981	0.6508	4
250	2.4525	0.1226	0.8135	5
300	2.9430	0.1471	0.9762	6
350	3.4335	0.1717	1.1388	7
400	3.9240	0.1962	1.3015	8
450	4.4145	0.2207	1.4642	9
500	4.9050	0.2452	1.6269	9.5
550	5.3955	0.2698	1.7896	10
600	5.8860	0.2943	1.9523	10.5
650	6.3765	0.3188	2.1150	11
700	6.8670	0.3433	2.2777	11.5
750	7.3575	0.3679	2.4404	12
800	7.8480	0.3924	2.6031	12.5
850	8.3385	0.4169	2.7658	13
900	8.8290	0.4414	2.9285	13.5
950	9.3195	0.4660	3.0912	14
1000	9.8100	0.4905	3.2539	14.5

LABORATORIUM  
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
FAKULTAS TEKNIK UII



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

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

Sampel : Beton Pasir Kawat Bendrat 1,5%-5-1  
L : 40,1 cm  
B : 9,8 cm  
H : 9,8 cm  
Berat : 9 kg

Beban (P) Kg	Beban (P) KN	Momen (KNm)	Tegangan Lentur (MPa)	Lendutan $\delta$ ( $10^{-3}$ mm)
1050	10.3005	0.5150	3.4165	15
1100	10.7910	0.5395	3.5792	15.5
1150	11.2815	0.5641	3.7419	16
1200	11.7720	0.5886	3.9046	16.5
1250	12.2625	0.6131	4.0673	17
1300	12.7530	0.6376	4.2300	17.5
1350	13.2435	0.6622	4.3927	18
1400	13.7340	0.6867	4.5554	35
1450	14.2245	0.7112	4.7181	51
1500	14.7150	0.7357	4.8808	52
1550	15.2055	0.7603	5.0435	55
1600	15.6960	0.7848	5.2062	60
1640	16.0884	0.8044	5.3363	63

LABORATORIUM  
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
FAKULTAS TEKNIK UII



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

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

Sampel : Beton Pasir Kawat Bendrat 1,5%-5-2  
L : 40,1 cm  
B : 9,8 cm  
H : 9,8 cm  
Berat : 9 kg

Beban (P) Kg	Beban (P) KN	Momen (KNm)	Tegangan Lentur (MPa)	Lendutan $\delta$ ( $10^{-3}$ mm)
0	0	0	0	0
50	0.4905	0.0245	0.1627	1
100	0.9810	0.0490	0.3254	2
150	1.4715	0.0736	0.4881	3
200	1.9620	0.0981	0.6508	4
250	2.4525	0.1226	0.8135	5
300	2.9430	0.1471	0.9762	6
350	3.4335	0.1717	1.1388	7
400	3.9240	0.1962	1.3015	8
450	4.4145	0.2207	1.4642	9
500	4.9050	0.2452	1.6269	9.5
550	5.3955	0.2698	1.7896	10
600	5.8860	0.2943	1.9523	11
650	6.3765	0.3188	2.1150	11.5
700	6.8670	0.3433	2.2777	12
750	7.3575	0.3679	2.4404	12.5
800	7.8480	0.3924	2.6031	13
850	8.3385	0.4169	2.7658	13.5
900	8.8290	0.4414	2.9285	14
950	9.3195	0.4660	3.0912	14.5
1000	9.8100	0.4905	3.2539	15

**LABORATORIUM  
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
FAKULTAS TEKNIK UII**



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

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

Sampel : Beton Pasir Kawat Bendrat 1,5%-5-2  
L : 40,1 cm  
B : 9,8 cm  
H : 9,8 cm  
Berat : 9 kg

Beban (P) Kg	Beban (P) KN	Momen (KNm)	Tegangan Lentur (MPa)	Lendutan $\delta$ ( $10^{-3}$ mm)
1050	10.3005	0.5150	3.4165	16
1100	10.7910	0.5395	3.5792	16.5
1150	11.2815	0.5641	3.7419	17
1200	11.7720	0.5886	3.9046	17.5
1250	12.2625	0.6131	4.0673	19
1300	12.7530	0.6376	4.2300	30
1350	13.2435	0.6622	4.3927	55
1400	13.7340	0.6867	4.5554	57
1450	14.2245	0.7112	4.7181	62
1500	14.7150	0.7357	4.8808	65
1550	15.2055	0.7603	5.0435	68
1600	15.6960	0.7848	5.2062	73
1650	16.1865	0.8093	5.3689	77

LABORATORIUM  
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
FAKULTAS TEKNIK UII



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

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

Sampel : Beton Pasir Kawat Bendrat 1,5%-5-3  
L : 40,1 cm  
B : 9,8 cm  
H : 9,8 cm  
Berat : 9,1 kg

Beban (P) Kg	Beban (P) KN	Momen (KNm)	Tegangan Lentur (MPa)	Lendutan $\delta$ ( $10^{-3}$ mm)
0	0	0	0	0
50	0.4905	0.0245	0.1594	4
100	0.9810	0.0490	0.3187	6
150	1.4715	0.0736	0.4781	8
200	1.9620	0.0981	0.6375	10
250	2.4525	0.1226	0.7969	12
300	2.9430	0.1471	0.9562	14
350	3.4335	0.1717	1.1156	16
400	3.9240	0.1962	1.2750	17
450	4.4145	0.2207	1.4344	19
500	4.9050	0.2452	1.5937	20
550	5.3955	0.2698	1.7531	21
600	5.8860	0.2943	1.9125	23
650	6.3765	0.3188	2.0718	24
700	6.8670	0.3433	2.2312	25
750	7.3575	0.3679	2.3906	26
800	7.8480	0.3924	2.5500	27
850	8.3385	0.4169	2.7093	28
900	8.8290	0.4414	2.8687	29
950	9.3195	0.4660	3.0281	30
1000	9.8100	0.4905	3.1874	31
1050	10.3005	0.5150	3.3468	32
1100	10.7910	0.5395	3.5062	33
1150	11.2815	0.5641	3.6656	34

LABORATORIUM  
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
FAKULTAS TEKNIK UII



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

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

Sampel : Beton Pasir Kawat Bendrat 1,5%-5-3  
L : 40,1 cm  
B : 9,8 cm  
H : 9,8 cm  
Berat : 9,1 kg

Beban (P) Kg	Beban (P) KN	Momen (KNm)	Tegangan Lentur (MPa)	Lendutan $\delta$ ( $10^{-3}$ mm)
1200	11.7720	0.5886	3.8249	35
1250	12.2625	0.6131	3.9843	35.5
1300	12.7530	0.6376	4.1437	36
1350	13.2435	0.6622	4.3031	37
1400	13.7340	0.6867	4.4624	38
1450	14.2245	0.7112	4.6218	39
1500	14.7150	0.7357	4.7812	40
1550	15.2055	0.7603	4.9405	41
1590	15.5979	0.7799	5.0680	50
1400	13.7340	0.6867	4.4624	60
1450	14.2245	0.7112	4.6218	63
1500	14.7150	0.7357	4.7812	85
1550	15.2055	0.7603	4.9405	90
1600	15.6960	0.7848	5.0999	97
1650	16.1865	0.8093	5.2593	103
1700	16.6770	0.8338	5.4187	108
1750	17.1675	0.8584	5.5780	114
1800	17.6580	0.8829	5.7374	123
1850	18.1485	0.9074	5.8968	130
1900	18.6390	0.9319	6.0562	137
1950	19.1295	0.9565	6.2155	147
2000	19.6200	0.9810	6.3749	163
2050	20.1105	1.0055	6.5343	178
2100	20.6010	1.0300	6.6936	195
2130	20.8953	1.0448	6.7893	210

**LABORATORIUM  
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
FAKULTAS TEKNIK UII**



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

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

Sampel : Beton Pasir Kawat Bendrat 1,5%-6-1  
L : 40,2 cm  
B : 9,9 cm  
H : 9,9 cm  
Berat : 9 kg

Beban (P) Kg	Beban (P) KN	Momen (KNm)	Tegangan Lentur (MPa)	Lendutan $\delta$ ( $10^{-3}$ mm)
0	0	0	0	0
50	0.4905	0.0245	0.1627	12
100	0.9810	0.0490	0.3254	16
150	1.4715	0.0736	0.4881	19
200	1.9620	0.0981	0.6508	21
250	2.4525	0.1226	0.8135	24
300	2.9430	0.1471	0.9762	26
350	3.4335	0.1717	1.1388	27
400	3.9240	0.1962	1.3015	29
450	4.4145	0.2207	1.4642	31
500	4.9050	0.2452	1.6269	32
550	5.3955	0.2698	1.7896	34
600	5.8860	0.2943	1.9523	36
650	6.3765	0.3188	2.1150	38
700	6.8670	0.3433	2.2777	39
750	7.3575	0.3679	2.4404	40
800	7.8480	0.3924	2.6031	41
850	8.3385	0.4169	2.7658	42
900	8.8290	0.4414	2.9285	43
950	9.3195	0.4660	3.0912	45
1000	9.8100	0.4905	3.2539	46
1050	10.3005	0.5150	3.4165	47
1100	10.7910	0.5395	3.5792	49
1150	11.2815	0.5641	3.7419	50
1200	11.7720	0.5886	3.9046	51
1250	12.2625	0.6131	4.0673	52
1300	12.7530	0.6376	4.2300	53
1350	13.2435	0.6622	4.3927	54
1400	13.7340	0.6867	4.5554	55
1450	14.2245	0.7112	4.7181	60

LABORATORIUM  
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
FAKULTAS TEKNIK UII



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

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

Sampel : Beton Pasir Kawat Bendrat 1,5%-6-2  
L : 40,1 cm  
B : 9,9 cm  
H : 9,9 cm  
Berat : 9 kg

Beban (P) Kg	Beban (P) KN	Momen (KNm)	Tegangan Lentur (MPa)	Lendutan $\delta$ ( $10^{-3}$ mm)
0	0	0	0	0
50	0.4905	0.0245	0.1627	6
100	0.9810	0.0490	0.3254	8
150	1.4715	0.0736	0.4881	10
200	1.9620	0.0981	0.6508	12
250	2.4525	0.1226	0.8135	13
300	2.9430	0.1471	0.9762	16
350	3.4335	0.1717	1.1388	18
400	3.9240	0.1962	1.3015	20
450	4.4145	0.2207	1.4642	22
500	4.9050	0.2452	1.6269	24
550	5.3955	0.2698	1.7896	26
600	5.8860	0.2943	1.9523	28
650	6.3765	0.3188	2.1150	29
700	6.8670	0.3433	2.2777	31
750	7.3575	0.3679	2.4404	33
800	7.8480	0.3924	2.6031	34
850	8.3385	0.4169	2.7658	35
900	8.8290	0.4414	2.9285	36
950	9.3195	0.4660	3.0912	37
1000	9.8100	0.4905	3.2539	38
1050	10.3005	0.5150	3.4165	39
1100	10.7910	0.5395	3.5792	40
1150	11.2815	0.5641	3.7419	40.5
1200	11.7720	0.5886	3.9046	41
1250	12.2625	0.6131	4.0673	41.5
1300	12.7530	0.6376	4.2300	42
1350	13.2435	0.6622	4.3927	43
1400	13.7340	0.6867	4.5554	44
1450	14.2245	0.7112	4.7181	45
1500	14.7150	0.7357	4.8808	45.5
1550	15.2055	0.7603	5.0435	70

LABORATORIUM  
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
FAKULTAS TEKNIK UII





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

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

Sampel : Beton Pasir Kawat Bendrat 1,5%-6-3  
L : 40,1 cm  
B : 9,8 cm  
H : 9,9 cm  
Berat : 9,1 kg

Beban (P) Kg	Beban (P) KN	Momen (KNm)	Tegangan Lentur (MPa)	Lendutan $\delta$ ( $10^{-3}$ mm)
0	0	0	0	0
50	0.4905	0.0245	0.1610	6
100	0.9810	0.0490	0.3220	7
150	1.4715	0.0736	0.4830	8
200	1.9620	0.0981	0.6441	9
250	2.4525	0.1226	0.8051	10
300	2.9430	0.1471	0.9661	11
350	3.4335	0.1717	1.1271	12
400	3.9240	0.1962	1.2881	13
450	4.4145	0.2207	1.4491	14
500	4.9050	0.2452	1.6102	15
550	5.3955	0.2698	1.7712	16
600	5.8860	0.2943	1.9322	17
650	6.3765	0.3188	2.0932	18
700	6.8670	0.3433	2.2542	19
750	7.3575	0.3679	2.4152	20
800	7.8480	0.3924	2.5762	21
850	8.3385	0.4169	2.7373	22
900	8.8290	0.4414	2.8983	23
950	9.3195	0.4660	3.0593	24
1000	9.8100	0.4905	3.2203	25
1050	10.3005	0.5150	3.3813	26
1100	10.7910	0.5395	3.5423	26.5
1150	11.2815	0.5641	3.7034	27

LABORATORIUM  
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
FAKULTAS TEKNIK UII



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

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

Sampel : Beton Pasir Kawat Bendrat 1,5%-6-3  
L : 40,1 cm  
B : 9,8 cm  
H : 9,9 cm  
Berat : 9,1 kg

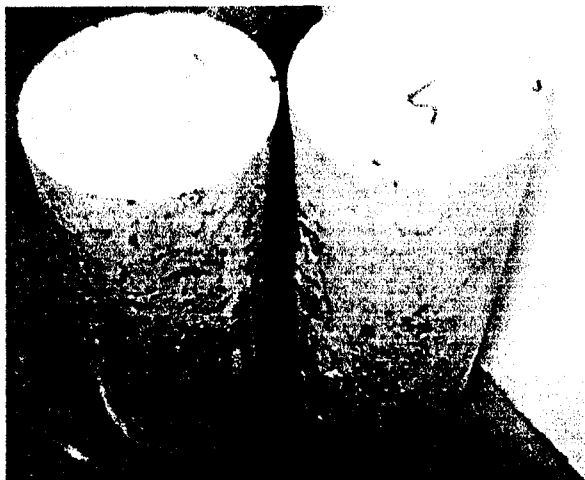
Beban (P) Kg	Beban (P) KN	Momen (KNm)	Tegangan Lentur (MPa)	Lendutan $\delta$ ( $10^{-3}$ mm)
1200	11.7720	0.5886	3.8644	28
1250	12.2625	0.6131	4.0254	29
1300	12.7530	0.6376	4.1864	30
1350	13.2435	0.6622	4.3474	31
1400	13.7340	0.6867	4.5084	31.5
1450	14.2245	0.7112	4.6694	32
1500	14.7150	0.7357	4.8305	34
1550	15.2055	0.7603	4.9915	35
1600	15.6960	0.7848	5.1525	64
1650	16.1865	0.8093	5.3135	74
1700	16.6770	0.8338	5.4745	84
1750	17.1675	0.8584	5.6355	95
1800	17.6580	0.8829	5.7966	103
1850	18.1485	0.9074	5.9576	107
1900	18.6390	0.9319	6.1186	115
1950	19.1295	0.9565	6.2796	123
2000	19.6200	0.9810	6.4406	133
2050	20.1105	1.0055	6.6016	147
2100	20.6010	1.0300	6.7626	155

LABORATORIUM  
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
FAKULTAS TEKNIK UII

# *LAMPIRAN 9*

---

*(Dokumentasi Penelitian)*



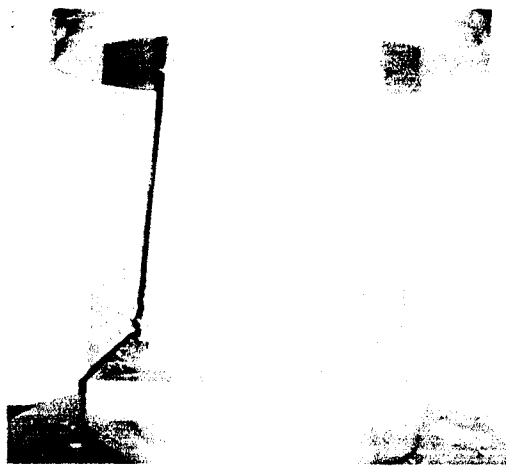
Silinder Uji Beton



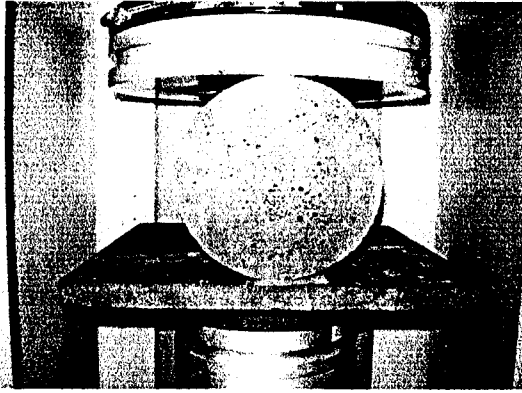
Alat Uji Desak Beton



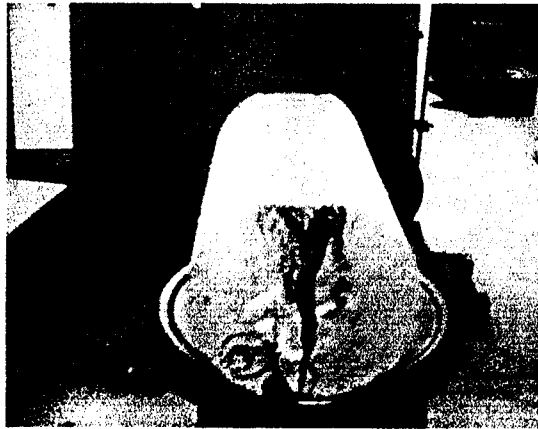
Uji Desak Beton



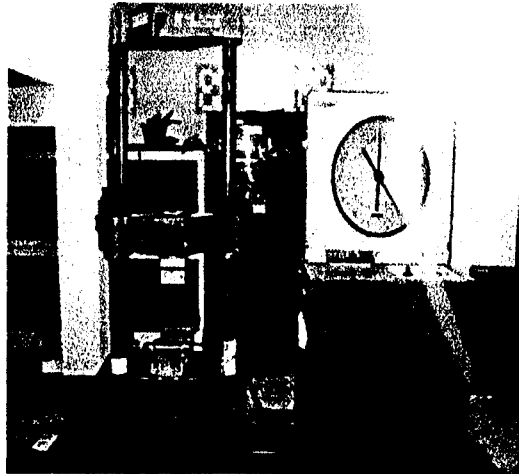
sampel setelah uji desak



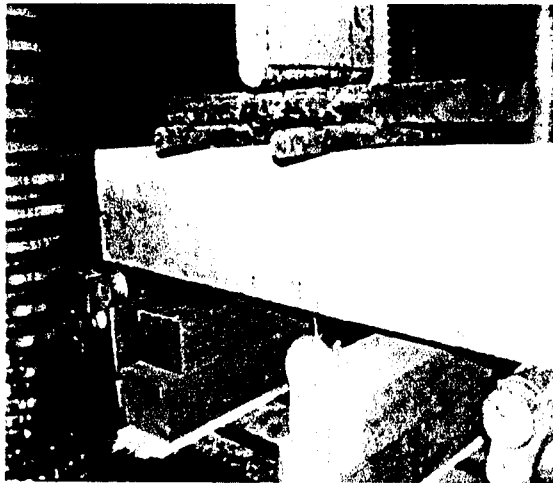
Uji Tarik Beton



Sampel setelah uji tarik



Alat uji lentur beton



Uji lentur beton



Sample setelah uji lentur