

PERPUSTAKAAN FTSP UI	
HADIRI/SELLI	
TGL. TERIMA :	24-12-2004
NO. JUDUL :	001551
NO. INV. :	512 000 391 001
NO. INDUK :	

**TUGAS AKHIR**

**PENGARUH PENAMBAHAN *FIBER*  
KAWAT BENDRAT DAN *SUPERPLASTICIZER*  
PADA KUAT TEKAN, KUAT TARIK,  
DAN KUAT LENTUR BETON**



2003-5072  
2007

material beton  
xx : 82 ; 600 ; 28000

**DISUSUN OLEH :**

**YEFTA LUTHFI ZAMRONI**

**No. Mhs. : 97 511 350**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA  
2004**

# HALAMAN PENGESAHAN

## TUGAS AKHIR

### PENGARUH PENAMBAHAN *FIBER KAWAT BENDRAT* DAN *SUPERPLASTICIZER* PADA KUAT TEKAN, KUAT TARIK, DAN KUAT LENTUR BETON

DISUSUN OLEH :  
**YEFTA LUTHFI ZAMRONI**  

---

**No. Mhs. : 97 511 350**

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

**Ir. Tri Fajar Budiyono, MT.**

---

**Dosen Pembimbing I**



---

**Tanggal : 9/7/2004**

**Dr. Ir. Edy Purwanto, CES., DEA.**

---

**Dosen Pembimbing II**

---

**Tanggal :**

Jangan takut untuk berhayal,  
karena semua yang ada sekarang ini  
merupakan hasil dari sebuah khayalan  
(Anonim)

Jika kita ingin sukses mengawangi sarnudra kehidupan ini,  
percaya dirilah dengan selalu belajar  
dari pengalaman hidup orang lain,  
baik kawan maupun lawan  
(Anonim)

Belajarlah ilmu!,  
karena belajar itu hasanah (baik),  
dan mencari ilmu ibadah,  
dan mengingatkannya sama dengan tasbeih,  
dan menyelidiknya samadengan tihad,  
dan mengajar kepada yang tidak mengetahuinya itu sedekah,  
dan memberikan kepada yang berkebutuhan tagarub,  
sebaik ilmu itu untuk mencapai tingkat-tingkat di Surga.....  
(Mu'adz bin Jabal)

..... niscaya Allah akan mengirimkan  
orang-orang yang benar diantaramu  
dan orang-orang yang dikenil ilmu pengetahuan  
beberapa derajat.....  
(QS. Al Mujadilah 11)

## HALAMAN PERSEMBAHAN

**Tugas Akhir ini, ku persembahkan kepada :**

*Yang tercinta Bapak dan Ibu:  
H. Achmad Heriyanto dan Hj. Wahyu Sedjati  
yang selalu memberikan kasih sayang dan doa-nya  
dengan tulus dan ikhlas*

*Adikku tersayang:  
Ulfa Nur Maa'idah, S. Farm  
yang selalu memberikan semangat dan keceriaan*

*Kekasihku tersayang:  
Hj. Nora Faridah, P.E.  
Atas semua cinta dan support-nya*

*Almamanterku,  
tempat ku dapatkan ilmu pengetahuan dan  
arti sebuah hidup*

## KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalaamu'alaikum Wr. Wb.

Dengan mengucapkan puja dan puji syukur kehadlirat Allah Swt., atas segala limpahan Rahmat, Hidayah, dan Inayah-Nya, sehingga penyusunan Tugas Akhir dengan judul **“Pengaruh Penambahan *Fiber* Kawat Bendrat dan *Superplasticizer* Pada Kuat Tekan, Kuat Tarik, dan Kuat Lentur Beton”** dapat terselesaikan.

Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat guna menyelesaikan pendidikan program S-1 pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir ini tidak dapat berdiri sendiri, melainkan dengan bantuan baik moril maupun materiil dan juga merupakan rangkaian keputusan dari berbagai pihak. Dalam kesempatan ini penulis menyampaikan rasa terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada :

1. Dr. Ir. H. Luthfi Hasan, M.S., selaku Rektor Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
2. Prof. Ir. H. Widodo, M. Sc., Ph. D., selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
3. Ir. H. Munadhir, MS., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

4. Ir. Tri Fajar Budiyo, MT., dan Dr. Ir. Edy Purwanto, CES, DEA, selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir, yang dengan penuh kesabaran dan ketelitian telah memberikan saran, nasihat, serta bimbingan kepada penyusun sehingga dapat menyelesaikan penulisan Tugas Akhir ini.
5. Dr. Ir. Ade Ilham, MT., selaku Dosen Penguji yang telah memberikan banyak sekali perbaikan dan masukan untuk kesempurnaan penulisan Tugas Akhir ini.
6. Seluruh Dosen, Staf Pengajar, dan Karyawan Fakultas Ekonomi Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta atas informasi dan kemudahan-kemudahan yang telah diberikan.
7. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah memberikan bantuan hingga terselesainya penyusunan skripsi ini.

Penyusun menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu kritik dan saran dari berbagai pihak sangat penyusun harapkan. Semoga Tugas Akhir ini dengan segala kekurangannya dapat bermanfaat bagi yang membacanya.

Wassalaamu'alaikum Wr. Wb.

Penyusun

## DAFTAR ISI

	HALAMAN
HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PENGESAHAN .....	ii
HALAMAN MOTTO .....	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR SIMBOL .....	xi
DAFTAR ISTILAH.....	xiv
DAFTAR TABEL.....	xvi
DAFTAR GAMBAR.....	xviii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xix
ABSTRAKSI .....	xx
 <b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang Masalah .....	1
1.2 Batasan Pengertian.....	5
1.3 Rumusan Masalah.....	6
1.4 Batasan Penelitian.....	6
1.5 Tujuan Penelitian .....	9
1.6 Manfaat Penelitian.....	9
 <b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Umum .....	10
a. <i>Spacing Concept</i> .....	10
b. <i>Composit Material Concept</i> .....	10
2.2 <i>Workability</i> .....	12
2.3 Kuat Tekan.....	14
2.4 Kuat Tarik.....	18

2.5 Kuat Lentur dan Indeks Tahanan Lentur .....	20
2.6 Modulus Elastisitas .....	22

### **BAB III LANDASAN TEORI**

3.1 Umum .....	25
3.2 Materi Penyusun Beton.....	26
3.2.1 Semen Portland.....	26
3.2.2 Agregat .....	27
3.2.3 Air .....	28
3.2.4 Bahan Tambahan ( <i>Admixture</i> ).....	29
3.3 Modulus Elastisitas .....	30
3.4 <i>Slump</i> .....	31
3.5 <i>Workability</i> .....	31

### **BAB IV METODE PENELITIAN**

4.1 Umum .....	33
4.2 Bahan Penelitian .....	34
4.2.1 Semen .....	34
4.2.2 Bahan Batuan.....	34
a. Pasir .....	34
b. Kerikil.....	34
4.2.3 Air .....	35
4.2.4 <i>Fiber</i> .....	35
4.2.5 <i>Superplasticizer</i> .....	36
4.3 Peralatan Penelitian.....	36
4.3.1 Alat Pemotong.....	36
4.3.2 Saringan/Ayakan Agregat Halus dan Kasar.....	36
4.3.3 Saringan/Ayakan Uji Modulus Halus Butiran .....	36
4.3.4 Mesin <i>Siever</i> .....	37
4.3.5 Timbangan .....	37
4.3.6 Mesin Aduk Beton ( <i>Rotaring Drum Mixer</i> ) .....	37



4.3.7	Mesin Uji Tekan dan Tarik Beton.....	37
4.3.8	Mesin Uji Lentur Beton .....	38
4.3.9	Cetakan Benda Uji .....	38
4.3.10	Kerucut Abrams .....	38
4.3.11	Kerucut Konik.....	39
4.3.12	Mistar dan Kaliper .....	39
4.3.13	<i>Stopwatch</i> .....	39
4.3.14	Gelas Ukur .....	39
4.3.15	Cetok dan Talam Baja.....	39
4.3.16	Batu Gosok.....	40
4.3.17	<i>Strainometer</i> dan <i>Dial Gauge</i> .....	40
4.4	Pelaksanaan Penelitian.....	40
4.4.1	Tahapan Persiapan Bahan.....	40
4.4.2	Tahapan Perhitungan Rencana Campuran Beton ( <i>Mix Design</i> ).....	43
4.4.3	Tahapan Pembuatan Benda Uji .....	44
4.4.4	Tahapan Pengujian .....	47
	a. Pengujian Kuat Tekan .....	47
	b. Pengujian Kuat Tarik.....	48
	c. Pengujian Kuat Lentur.....	48
4.5	<i>Flow Chart</i> Metode Penelitian.....	51
4.6	Keahlian Penelitian .....	53
 <b>BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN</b>		
5.1	Umum .....	54
5.2	<i>Workability</i> .....	55
5.3	Kuat Tekan.....	58
5.4	Kuat Tarik.....	64
5.5	Kuat Lentur .....	69
5.6	Modulus Elastisitas.....	75

**LAMPIRAN**

**DAFTAR PUSTAKA**

6.2 Saran ..... 79

6.1 Kesimpulan ..... 77

**BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN**

## DAFTAR SIMBOL

$A$	:	luas penampang
$A_0$	:	luas penampang awal
$b$	:	lebar balok
$C$	:	modulus halus butir campuran
$d$	:	diameter silinder
$d_f$	:	diameter <i>fiber</i>
$E$	:	modulus elastisitas
$\varepsilon$	:	regangan atau perubahan bentuk per satuan panjang
$\varepsilon_k$	:	regangan koreksi
$F$	:	beban yang bekerja
$f$	:	tekanan/gaya yang diberikan
$fas$	:	faktor air semen
$f'_c$	:	kuat tekan beton
$f'_{cr}$	:	kuat tekan rata-rata
$\gamma$	:	koefisien tarik beton
$\gamma_{fb}$	:	berat jenis kawat bendrat
$\gamma_r$	:	berat air raksa (13.6 gr/cm <sup>3</sup> )
$h$	:	tinggi balok
$K$	:	modulus halus butir kerikil
$k$	:	koreksi regangan

- $L$  : jarak antara tumpuan  
 $L_0$  : panjang awal  
 $l$  : tinggi silinder  
 $l_e$  : panjang efektif serat  
 $l_f$  : panjang *fiber*  
 $\eta_h$  : faktor efisiensi orientasi penyebaran *random* dari *fiber*  
 $\eta_0$  : faktor efisiensi panjang *fiber* tertanam  
 $\tau$  : tegangan lekat (*bond stress*) pada panjang lekatan *fiber* yang diperhitungkan  
 $V_f$  : persentase volume *fiber*  
 $V_{fb}$  : volume kawat bendrat  
 $V_r$  : volume air raksa  
 $W_c$  : berat semen  
 $W_m$  : 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  
 $W_{fb}$  : berat kawat bendrat  
 $W_r$  : berat air raksa  
 $w$  : berat agregat kasar  
 $w_{air}$  : berat air  
 $w_c$  : berat semen

- $w_{sp}$  : berat *superplasticizer*
- $\sigma_c$  : kekuatan komposit saat retak pertama
- $\sigma_f$  : tegangan tarik *fiber* saat beton hancur
- $\sigma_m$  : kuat tarik beton
- $\sigma_{tk}$  : kuat tekan beton
- $\sigma_{tr}$  : kuat tarik beton
- $\sigma_{ll}$  : kuat lentur beton
- $\emptyset$  : diameter

## DAFTAR ISTILAH

### Agregat Halus adalah

Pasir alam sebagai hasil disintegrasi alami dari batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batuan dan mempunyai ukuran butir terbesar 5 mm.

### Agregat Kasar adalah

Kerikil sebagai hasil disintegrasi alami dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batuan dan mempunyai ukuran butir antara 5 – 40 mm.

### Bahan Tambahan adalah

Suatu bahan berupa bubukan atau cairan, yang dibubuhkan kedalam campuran beton selama pengadukan dalam jumlah tertentu untuk merubah beberapa sifat beton.

### *Balling effect* adalah

Keadaan dimana *fiber* tidak tersebar secara merata pada saat dicampur pada adukan beton, tetapi menggumpal menjadi suatu bola-bola *fiber*.

### Beton adalah

Campuran antara semen *portland* atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan membentuk *massa* padat.

### Beton Normal adalah

Beton yang mempunyai berat isi 2200 – 2500 kg/m<sup>3</sup> menggunakan agregat alam yang dipecah atau tanpa dipecah yang tidak menggunakan bahan tambahan.

### Beton *Fiber* adalah

Beton yang terbuat dari campuran semen, agregat halus atau agregat halus dan kasar, serta sejumlah kecil *fiber*

### *Fiber* adalah

Bahan yang berupa batang-batang serat dengan diameter 5 – 500  $\mu\text{m}$ , digolongkan menjadi 4 macam yaitu *steel fibers*, *glass fibers*, *plastic fibers*, dan *carbon fibers*.

*Kawat Bendrat* adalah

Salah satu dari jenis *steel fibers* yang biasanya dalam pekerjaan teknik sipil digunakan sebagai kawat pengikat rangkaian baja tulangan pada beton. Kawat ini berdiameter  $\pm 1$  mm yang terbuat dari campuran besi baja tanpa pelapis aluminium maupun seng.

*Superplasticizer* adalah

Salah satu jenis *chemical admixture* (bahan tambah kimia) yang berfungsi untuk mengurangi jumlah air yang dipakai, untuk mendapatkan faktor air-semen yang lebih rendah pada nilai *slump* yang sama.

*Workability* adalah

Kemudahan pengerjaan adukan beton.

## DAFTAR TABEL

	HALAMAN
Tabel 2.1 Nilai Kuat Tekan dan Kuat Lentur Untuk Benda Uji dengan Ukuran Kecil.....	17
Tabel 2.2 Nilai Kuat Tekan dan Kuat Lentur Untuk Benda Uji dengan Ukuran Besar .....	18
Tabel 2.3 Pengaruh Penambahan <i>Fiber</i> Terhadap <i>Tensile Modulus of Elasticity</i> .....	23
Tabel 2.4 Pengaruh Penambahan <i>Fiber</i> Terhadap Kuat Tarik dan $E_c$ Statik.....	24
Tabel 3.1 Tingkat <i>Workability</i> Berdasarkan Rasio Agregat – Semen .....	32
Tabel 3.2 Tingkat <i>Workability</i> Berdasarkan Nilai Slump.....✓	32
Tabel 4.1 Gradasi Butir Kerikil.....	42
Tabel 4.2 Gradasi Butir Pasir .....	43
Tabel 4.3 Berat Bahan Susun Adukan Beton tiap $m^3$ .....	44
Tabel 4.4 Variasi Benda Uji.....	46
Tabel 5.1 Nilai Slump Adukan Beton Akibat Variasi Penambahan <i>Fiber</i> Kawat Bendrat dan <i>Superplasticizer</i> .....	55
Tabel 5.2 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton.....✓	60
Tabel 5.3 Persentase Perubahan Kuat Tekan Beton <i>Fiber</i> Tanpa <i>Superplasticizer</i> Terhadap Beton Non <i>Fiber</i> .....	60



Tabel 5.4	Persentase Perubahan Kuat Tekan Beton <i>Fiber</i> Dengan <i>Superplasticizer</i> Terhadap Beton Non <i>Fiber</i> ..... ✓	60
Tabel 5.5	Persentase Perubahan Kuat Tekan Beton <i>Fiber</i> Akibat Penambahan <i>Superplasticizer</i> .....	61
Tabel 5.6	Hasil Pengujian Kuat Tarik Beton ..... ✓	65
Tabel 5.7	Persentase Perubahan Kuat Tarik Beton <i>Fiber</i> Tanpa <i>Superplasticizer</i> Terhadap Beton Non <i>Fiber</i> .....	65
Tabel 5.8	Persentase Perubahan Kuat Tarik Beton <i>Fiber</i> Dengan <i>Superplasticizer</i> Terhadap Beton Non <i>Fiber</i> .....	65
Tabel 5.9	Persentase Perubahan Kuat Tarik Beton <i>Fiber</i> Akibat Penambahan <i>Superplasticizer</i> .....	66
Tabel 5.10	Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton .....	71
Tabel 5.11	Persentase Perubahan Kuat Lentur Beton <i>Fiber</i> Tanpa <i>Superplasticizer</i> Terhadap Beton Non <i>Fiber</i> .....	71
Tabel 5.12	Persentase Perubahan Kuat Lentur Beton <i>Fiber</i> Dengan <i>Superplasticizer</i> Terhadap Beton Non <i>Fiber</i> .....	71
Tabel 5.13	Persentase Perubahan Kuat Lentur Beton <i>Fiber</i> Akibat Penambahan <i>Superplasticizer</i> .....	72
Tabel 5.14	Modulus Elastisitas Beton.....	76

## DAFTAR GAMBAR

	HALAMAN
Gambar 4.1 Balok dengan Daerah Pusat Berada dalam Keadaan Lentur Murni.....	49
Gambar 4.2 Bentuk Penampang Balok.....	50
Gambar 4.3 <i>Flow Chart</i> Metode Penelitian.....	52
Gambar 5.1 Grafik Hubungan Antara Kandungan <i>Fiber</i> Dengan Nilai Slump.....	57
Gambar 5.2 Grafik Hubungan Kuat Tekan Silinder Beton Pada Tiap Kenaikan Kandungan <i>Fiber</i> .....	63
Gambar 5.3 Grafik Hubungan Kuat Tarik Beton Pada Tiap Kenaikan Kandungan <i>Fiber</i> .....	68
Gambar 5.4 Grafik Hubungan Kuat Lentur Beton Pada Tiap Kenaikan Kandungan <i>Fiber</i> .....	74

## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Data Pemeriksaan Berat Jenis Agregat
- Lampiran 2 Data Pemeriksaan Berat Volume Agregat “SSD”
- Lampiran 3 Data Pemeriksaan Berat Jenis Kawat Bendrat
- Lampiran 4 Data Pemeriksaan Modulus Halus Butir Agregat
- Lampiran 5 Grafik Gradasi Butir Agregat
- Lampiran 6 Perhitungan *Mix Design*
- Lampiran 7 Data Benda Uji
- Lampiran 8 Data Hasil Pengujian
- Lampiran 9 Tabel dan Grafik Hubungan Tegangan Regangan pada Benda Uji  
Silinder
- Lampiran 10 Tabel Modulus Elastisitas
- Lampiran 11 Dokumentasi Pelaksanaan Penelitian

## ABSTRAKSI

Beton merupakan salah satu material struktur bangunan yang banyak digunakan, karena memiliki kuat tekan yang relatif tinggi. Meskipun demikian beton mempunyai sifat yang getas sehingga praktis tidak mampu menahan tegangan tarik, dan akan segera terjadi retak apabila mendapatkan tegangan tarik atau lentur yang tidak begitu besar. Hal tersebut menyebabkan kuat tarik beton sering diabaikan dalam perancangan struktur beton bertulang. Untuk memperbaiki sifat kurang baik dari beton tersebut, dilakukan penelitian eksperimental beton dengan penambahan bahan tambah fiber kedalam adukan beton dengan orientasi penyebaran secara random. Dalam penelitian ini bahan tambah fiber yang digunakan berasal dari kawat bendrat yang dipotong sepanjang 9 cm tanpa pembengkokan diujung-ujungnya. Akibat penambahan fiber kedalam adukan beton akan menurunkan kekecekan adukan sehingga menyebabkan beton semakin sulit untuk dikerjakan. Untuk mengatasi hal tersebut perlu dilakukan usaha tambahan dengan menambahkan zat additive berupa superplasticizer yang mampu menambah workability tanpa mengurangi faktor air-semennya. Untuk mengetahui pengaruh akibat penambahan fiber kawat bendrat dan superplasticizer terhadap kuat tekan, kuat tarik, dan kuat lentur beton; dilakukan penelitian eksperimental beton dengan variasi penambahan kawat bendrat 1%, 2%, dan 3% dari berat adukan beton; adapun variasi penambahan superplasticizer adalah 0% dan 1% dari berat semennya. Tiap variasi masing-masing dibuat 6 benda uji silinder beton untuk pengujian kuat tekan dan tarik, dan 3 benda uji balok untuk pengujian kuat lentur. Dari hasil penelitian dapat diketahui bahwa penambahan fiber kawat bendrat dapat meningkatkan kuat tekan, kuat tarik, dan kuat lentur beton. Rasio peningkatan kuat tekan untuk konsentrasi fiber kawat bendrat sebesar 1%, 2%, dan 3% dari berat adukan beton, secara berurutan diperoleh sebesar 16.887%, 28.257%, dan 34.609% terhadap beton normalnya. Demikian juga secara berturut-turut meningkatkan kuat tarik beton sebesar 24.780%, 42.897%, dan 56.932% terhadap beton normalnya. Kuat lentur beton secara berturut-turut meningkat sebesar 18.083%, 28.920%, dan 40.089% dari beton normalnya. Penambahan superplasticizer juga meningkatkan kuat tekan, kuat tarik, dan kuat lentur beton. Dengan penambahan superplasticizer sebesar 1% dari berat semen terhadap beton fiber kawat bendrat dengan konsentrasi 1%, 2%, dan 3% dari berat adukan beton, secara berurutan mampu meningkatkan kuat tekan beton fiber sebesar 2.756%, 2.047%, dan 2.110% dari beton fibernya. Peningkatan kuat tarik beton secara berurutan meningkat sebesar 6.427%, 2.470%, dan 6.605% terhadap beton fibernya. Demikian juga secara berurutan meningkatkan kuat lentur sebesar 5.986%, 4.529%, dan 8.507% dari beton fibernya.

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 LATAR BELAKANG MASALAH

Beton sudah lama dikenal dan sangat populer dalam pekerjaan sipil karena mempunyai beberapa keunggulan dibanding dengan bahan lain. Bahan susun beton tersedia cukup melimpah dengan harga yang relatif murah. Disamping itu, beton hampir tidak memerlukan perawatan dalam penggunaannya. Hal ini sangat sesuai untuk negara-negara berkembang seperti halnya Indonesia, dimana perawatan belum banyak mendapatkan perhatian yang begitu besar.

Beton didapat dari pencampuran bahan-bahan agregat halus dan kasar, yaitu: pasir, batu, batu pecah, atau bahan sejenis yang lainnya, dengan menambahkan secukupnya bahan perekat semen, dan air sebagai bahan pembantu guna keperluan reaksi kimia selama proses pengerasan dan perawatan beton berlangsung. Agregat halus dan kasar, disebut sebagai bahan susun kasar campuran, merupakan komponen utama beton. Nilai kekuatan serta daya tahan (*durability*) beton yang merupakan fungsi dari banyak faktor, diantaranya ialah nilai banding campuran dan mutu bahan susun, metode pelaksanaan pengecoran, pelaksanaan *finishing*, temperatur, dan kondisi perawatan pengerasannya.

Kelebihan beton yang paling utama adalah kemampuannya mendukung tegangan tekan yang cukup tinggi. Meski 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). Pada penggunaan sebagai komponen struktural bangunan, umumnya beton diperkuat dengan batang tulangan baja sebagai bahan yang dapat bekerja sama dan mampu membantu kelemahannya, terutama pada bagian yang menahan tarik. Dengan demikian tersusun pembagian tugas, dimana batang tulangan baja bertugas memperkuat dan menahan tegangan tarik, sedang beton hanya diperhitungkan untuk menahan tegangan tekan. Komponen struktur beton dengan kerja sama seperti itu disebut sebagai beton bertulangan baja atau lazim disebut beton bertulang. Dalam perkembangannya, didasarkan pada tujuan peningkatan kemampuan kekuatan komponen struktur, sering juga dijumpai beton dan tulangan baja bersama-sama ditempatkan pada bagian struktur dimana keduanya menahan tegangan tekan.

Pada struktur yang didominasi tegangan tarik dan tegangan lentur yang lebih besar (misal pada struktur balok), bagian tarik beton akan segera terjadi retak bila 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 timbulnya kontak antara tulangan dengan oksigen yang menyebabkan korosi sehingga luas tampang tulangan baja menjadi berkurang. Sebagai konsekuensi dari berkurangnya tampang tulangan baja maka kuat layanan baja tersebut akan berkurang dari yang seharusnya.

Adapun jenis *fiber* yang dapat dipakai untuk memperbaiki sifat kurang baik beton antara lain *steel*, *glass*, *polypropylene*, dan *carbon* sebagaimana telah

dilaporkan oleh *ACI (American Concrete Institute) Committee 544 (1982)* serta *Soroushian dan Bayasi (1987)*. Untuk keperluan non-struktur *fiber* dari bahan alamiah (*natural fibers*) seperti ijuk atau serat tumbuh-tumbuhan lainnya, juga dapat dipakai. Bahan-bahan *fiber* tersebut masing-masing mempunyai kelebihan dan kekurangan dalam memperbaiki *performance* beton. Dengan demikian pemilihan jenis bahan *fiber* 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.

*Steel fibers* memiliki kekuatan dan modulus elastisitas yang relatif tinggi. Disamping itu, *steel fibers* tidak mengalami perubahan bentuk terhadap pengaruh alkali dalam semen. Pembebanan dalam jangka waktu yang lama tidak berpengaruh terhadap sifat mekanikal dari *steel fibers*. Ikatan dalam komposisi campuran dapat meningkat karena pengangkeran secara mekanikal. Adapun kelemahan yang dimiliki adalah apabila posisi *steel fibers* tidak dalam posisi terlindungi dalam beton maka resiko terjadinya karat dapat terjadi. Hal lain adalah menyangkut berat dari *steel fibers* yang jelas akan menambah berat betonnya. Sifat *adhesi* yang tinggi dari *steel fibers* juga akan mengakibatkan terjadinya *balling effect*, yaitu *fiber* tidak tersebar secara merata pada saat dicampur tetapi menggumpal menjadi suatu bola-bola *fiber*. Untuk mengatasi hal tersebut perlu usaha tambahan sehingga didapatkan penyebaran *steel fibers* secara merata pada adukan.

*Glass fibers* dalam hal kekuatan hampir menyamai *steel fibers*, tetapi berat jenisnya lebih rendah dan modulus elastisitasnya hanya sepertiga dari *steel fibers*. Kekurangan paling pokok dari *glass fibers* adalah kurang tahan terhadap pengaruh alkali dalam semen sehingga dalam jangka panjang dapat menyebabkan kerusakan pada *fibernya*.

Jenis *plastic fibers* yang paling sering digunakan untuk keperluan penulangan beton adalah dari jenis *polypropylene*. Sifat-sifat *polypropylene* sebagai *fiber* antara lain tidak menyerap air semen, modulus elastisitasnya rendah, ikatan dalam semen kurang baik, mudah terbakar, kurang tahan lama (dapat menjadi getas), serta titik lelehnya rendah. Ikatan dalam beton dapat ditingkatkan dengan memperbaiki bentuk permukaan serta ujung dari *plastic fibers*.

Bahan *fiber* yang lain adalah *carbon fibers*. Meskipun harga dari *carbon fibers* lebih murah dibanding dengan jenis *fiber* lainnya, *carbon fibers* memiliki keunggulan antara lain tahan terhadap lingkungan yang agresif, stabil pada suhu tinggi, mempunyai ketahanan terhadap abrasi, relatif kaku, dan tahan lama, namun penyebaran *carbon fibers* pada beton lebih sulit jika dibandingkan dengan jenis *fiber* lainnya.

Berdasarkan hasil penelitian terdahulu menunjukkan bahwa sifat-sifat yang dapat diperbaiki akibat penambahan *fiber* adalah:

- a. Daktilitas (*ductility*), yang berhubungan dengan kemampuan bahan untuk menyerap energi (*energy absorption*).
- b. Ketahanan terhadap beban kejut (*impact resistance*).



- c. Ketahanan untuk menahan tarik dan lentur (*tensile and flexure strength*).
- d. Ketahanan terhadap kelelahan (*fatigue life*).
- e. Ketahanan terhadap pengaruh susutan (*shrinkage*).
- f. Ketahanan-ketahanan terhadap aus (*abrasion*), selip (*skid*), dan fragmentasi (*fragmentation*).

Sampai dengan saat ini bahan *fiber* di Indonesia belum banyak digunakan dalam pemakaian untuk bangunan struktur tingkat tinggi. Bahan-bahan lokal yang dapat dimodifikasi menjadi bahan *fiber* antara lain kawat bendrat yang harganya relatif murah dan sangat mudah didapatkan di pasaran. Kawat bendrat merupakan jenis *steel fibers* yang memiliki karakteristik kekuatan dan modulus elastisitas yang relatif tinggi.

Berdasarkan hasil penelitian terdahulu dengan adanya penambahan *fiber* pada adukan beton akan menurunkan kelecikan (*workability*) secara cepat sejalan dengan penambahan konsentrasi dan aspek rasio *fiber*. Untuk mengatasi hal tersebut maka perlu diadakan usaha tambahan untuk mendapatkan kemudahan dalam pengerjaan adukan beton, salah satunya adalah dengan menambahkan zat *additive* yang mampu meningkatkan *workability* adukan dengan nilai faktor air-semen sama.

## 1.2 BATASAN PENGERTIAN

*Kawat Bendrat* merupakan salah satu dari jenis *steel fibers* yang biasanya dalam pekerjaan teknik sipil digunakan sebagai kawat pengikat rangkaian baja

tulangan pada beton. Kawat ini berdiameter  $\pm 1$  mm yang terbuat dari campuran besi baja tanpa pelapis aluminium maupun seng.

*Superplasticizer* merupakan salah satu jenis *chemical admixture* (bahan tambah kimia) yang berfungsi mengurangi jumlah air yang dipakai, untuk mendapatkan faktor air-semen yang lebih rendah pada nilai slump yang sama.

### 1.3 RUMUSAN MASALAH

Merujuk dari latar belakang masalah di atas, maka untuk menjaga supaya penelitian tidak meluas dan melebar dari masalah yang dihadapi, maka kami memberikan rumusan masalah yaitu:

“Bagaimana pengaruh penambahan *superplasticizer* sebesar 0% dan 1% dari berat semen, serta variasi penambahan kawat bendrat dengan persentase 0%, 1.0%, 2.0%, dan 3.0% dari berat beton yang dipotong sepanjang  $\pm 9$  cm dengan orientasi penyebaran *random* pada kuat tekan, kuat tarik, dan kuat lentur beton?”

### 1.4 BATASAN PENELITIAN

Pada penelitian ini dititik beratkan pada analisis pengaruh penambahan *fiber* berupa kawat bendrat dan *superplasticizer* pada adukan beton ditinjau dari kuat tekan, kuat tarik, dan kuat lenturnya. Karena banyaknya faktor atau variabel yang berpengaruh dalam penelitian ini, maka untuk lebih memfokuskan permasalahan yang dihadapi maka perlu diberikan batasan-batasan sehingga masalah yang diteliti tidak meluas.

Adapun batasan penelitian yang digunakan sebagai kontrol dalam penelitian ini adalah:

- a. Perencanaan adukan beton (*mix design*) didasarkan pada *British Standard* dengan menggunakan kuat tekan beton rencana sebesar 30 Mpa.
- b. Nilai faktor air-semen (*fas*) digunakan sebesar 0.41.
- c. Nilai *Slump* Beton Normal dipakai antara 60 – 180 mm.
- d. Perawatan beton tidak diperhatikan (didiamkan di udara terbuka).
- e. Pengujian dilakukan pada umur beton 28 hari.
- f. *Portland Cemen* yang digunakan dalam penelitian ini adalah merk Semen Gresik Tipe I yang merupakan produksi pabrik PT. Semen Gresik, Gresik, Jawa Timur, dengan ukuran kantong 50 kg.
- g. Agregat halus (pasir) diambil secara langsung dari sungai Boyong, Kaliurang, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta. Pasir yang disyaratkan dalam penelitian ini adalah lolos saringan 5 mm dalam keadaan jenuh kering permukaan (*saturated surface dry*).
- h. Agregat kasar (kerikil) berupa batu split (batu pecah) dari Celereng, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta, dengan ukuran agregat 5 – 10 mm sebanyak 30% dan 10-20 mm sebanyak 70% dari kebutuhan agregat kasar dalam keadaan jenuh kering permukaan (*saturated surface dry*).
- i. Air digunakan adalah air Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Daerah Istimewa Yogyakarta.

- j. *Fiber* yang digunakan pada penelitian ini adalah kawat bendrat berdiameter  $\pm 1$  mm yang dipotong sepanjang 9 cm dan tidak bengkok (lurus).
- k. Variasi penambahan *fiber* kawat bendrat pada adukan beton adalah sebesar 0%, 1%, 2%, dan 3%.
- l. *Superplasticizer* digunakan adalah merek Sikament<sup>®</sup>-NN produksi PT. Sika Nusa Pratama, Jakarta dengan ukuran kemasan drum 250 kg.
- m. Variasi penambahan *superplasticizer* pada adukan beton adalah 0% dan 1%.
- n. Setiap komposisi campuran dibuat benda uji sebanyak 9 buah benda uji yang terdiri dari:
  - 1. 6 buah benda uji silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.
  - 2. 3 buah benda uji balok 10 x 10 x 50 (cm).
- o. Pengujian kuat tekan beton dilakukan dengan menggunakan mesin uji tekan (*compression testing machine*) bermerk "Control". Kecepatan tekan untuk benda uji silinder sebesar 265 kN/menit.
- p. Pengujian kuat tarik beton dilakukan dengan menggunakan metode uji belah silinder (*tensile splitting cylinder test*) berdasarkan pada *Method for Determation of Tensile Splitting Strength (British Standard Institution, 1983)* dengan menggunakan mesin uji tekan merk "Control". Kecepatan tekan adalah sebesar 265 kN/menit.
- q. Pengujian kuat lentur dilakukan dengan menggunakan mesin uji tekan tarik merk "Shimidzu" pada benda uji balok berdimensi 10x10x50 (cm), yang didasarkan pada *Method for Determation of Flexture Strength (British Standard Institution, 1983)*.

## 1.5 TUJUAN PENELITIAN

Adapun tujuan dari diadakannya penelitian ini adalah:

1. Menentukan kuat tekan, kuat tarik, dan kuat lentur beton dengan variasi penambahan kawat bendrat.
2. Menentukan kuat tekan, kuat tarik, dan kuat lentur beton *fiber* dengan penambahan *superplasticizer*.
3. Untuk mendapatkan rasio perubahan kuat tekan, kuat tarik, dan kuat lentur antara beton normal dan beton *fiber* dengan atau tanpa penambahan *superplasticizer*.

## 1.6 MANFAAT PENELITIAN

Dari penelitian ini diharapkan bisa mendapatkan beton dengan spesifikasi yang mampu menahan tegangan tekan, tegangan tarik, dan tegangan lentur dengan memanfaatkan kawat bendrat sebagai *fiber* (bahan tambah) yang murah dan mudah didapatkan di pasaran, sehingga didapat model beton yang liat (*ductile*). Selain hal tersebut penelitian ini diharapkan mampu mengatasi permasalahan yang terjadi akibat gaya torsi pada balok, sehingga dapat mengurangi tulangan yang berarti akan didapatkan beton yang murah.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Umum

Menurut *ACI Committee 544 (1982)*, *Fiber Reinforced Concrete* didefinisikan sebagai beton yang terbuat dari campuran semen, agregat halus atau agregat halus dan kasar, serta sejumlah kecil *fiber*.

Teori yang dapat digunakan sebagai pendekatan untuk dapat menjelaskan mekanisme kerja *fiber* sehingga dapat memperbaiki sifat atau perilaku beton ada dua (*Sourosian, dkk., 1987*) yaitu:

##### a. *Spacing Concept*

Teori ini menjelaskan bahwa dengan mendekatkan jarak antar *fiber* dalam campuran beton maka beton akan lebih mampu membatasi ukuran retak dan mencegah berkembangnya retak menjadi lebih besar. *Fiber* dapat bekerja lebih baik jika berjejer secara urut dan seragam tanpa adanya *overlapping*. Hal tersebut sangat sulit dicapai karena pada keadaan sesungguhnya dari susunan *fiber* adalah tidak teratur dan saling *overlap*.

##### b. *Composite Material Concept*

Teori ini merupakan salah satu pendekatan yang cukup populer untuk memperkirakan kuat tarik maupun kuat lentur dari *fiber reinforced concrete*. Konsep ini dikembangkan untuk memperkirakan kekuatan material komposit pada saat timbul retak pertama (*first crack strength*). Dalam

konsep ini diasumsikan bahwa bahan penyusun saling melekat sempurna, bentuk *fiber* menerus (*continuous fiber*) dan angka poisson dari material dianggap nol.

Dengan berdasarkan asumsi di atas, maka kekuatan bahan komposit pada saat retak pertama dapat dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut:

$$\sigma_c = \sigma_f V_f + \sigma_m (1 - V_f) \dots\dots\dots (2.1)$$

dengan  $\sigma_c$  : kekuatan komposit saat retak pertama

$\sigma_f$  : tegangan tarik *fiber* saat beton hancur

$\sigma_m$  : kuat tarik beton

$V_f$  : persentase volume *fiber*

dimana,  $\sigma_f = 2 \tau \frac{l_f}{d_f} \dots\dots\dots (2.2)$

dengan  $\tau$  : tegangan lekat (*bond stress*) pada panjang lekatan *fiber* yang diperhitungkan ( $\frac{l_f}{2}$ )

$l_f$  : panjang *fiber*

$d_f$  : diameter *fiber*

karena *fiber* yang digunakan dalam *fiber reinforced concrete* adalah ukuran pendek (*short fiber*) dan bukan merupakan *continuous fiber*, maka dari persamaan tersebut perlu dikoreksi berdasarkan pertimbangan-pertimbangan:

- a. Orientasi penyebaran dari *short fiber* yang random akan mengurangi efisiensi penulangan *fiber* terhadap material komposit.

- b. Lekatan yang tidak sempurna serta ukuran *fiber* yang pendek dapat menyebabkan adanya alur retak yang tidak melewati *fiber*.
- c. Distribusi arus retak yang sembarang menyebabkan alur retak tidak selalu memotong *fiber* tepat ditengah-tengah.
- d. Efektifitas beton dalam menahan tarik pada saat timbul retak

Dengan pertimbangan-pertimbangan di atas dan dengan mensubstitusikan persamaan ( 2.2 ) ke persamaan ( 2.1 ) maka persamaan akan menjadi:

$$\sigma_c = 2 \eta_1 \eta_0 \tau V_f l_f / d_f + \gamma \sigma_m (1 - V_f) \dots \dots \dots (2.3)$$

dengan  $\eta_1$  : faktor efisiensi orientasi penyebaran *random* dari *fiber*

$$= 0.5, \text{ jika } l_f \leq l_e$$

$$= 1 - \frac{l_e}{2l_f}, \text{ jika } l_f > l_e$$

$l_e$  : panjang efektif serat

$\eta_0$  : faktor efisiensi panjang *fiber* tertanam

$$= 0.41$$

$\gamma$  : koefisien tarik beton

$$= 0 < \gamma \leq 1$$

## 2.2 Workability

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa penambahan *fiber* ke dalam adukan beton akan menurunkan kelecekan (*workability*) adukan secara cepat sejalan dengan pertambahan konsentrasi dan aspek rasio *fiber* (Ramakrishnan, 1988)



Penurunan kelecakan adukan dapat dikurangi dengan penurunan diameter maksimal agregat, peninggian faktor air-semen, penambahan semen, ataupun dengan pemakaian bahan tambah. Meski demikian jika konsentrasi dan aspek rasio *fiber* melampaui suatu batas tertentu, tetap akan didapat suatu adukan dengan tingkat kelecakan yang sangat rendah, sehingga sulit diaduk dan dicor dengan cara-cara biasa. Dari hasil penelitian yang dilakukan oleh *Edgington, dkk* (1974), kelecakan adukan akan menurun sejalan dengan peningkatan konsentrasi dan aspek rasio *fiber*. Dengan menggunakan *fiber* beraspek rasio 100, didapatkan hasil kelecakan adukan *fiber* yang cukup meningkat akibat penurunan diameter agregat dari 20 mm ke 10 mm. Penurunan diameter agregat dari 10 mm ke 5 mm juga menghasilkan peningkatan kelecakan adukan. Adukan beton *fiber* dengan diameter agregat maksimum 5 mm dan pasta semen *fiber* menghasilkan nilai kelecakan yang tidak jauh berbeda. Didapatkan bahwa perkiraan konsentrasi *fiber* yang akan menyebabkan adukan mulai sulit dan tidak mungkin dikerjakan adalah

$$PWc_{crit} = 75 \frac{\pi \gamma_f d}{\gamma_c l} K \dots\dots\dots (2.4)$$

dengan,  $PWc_{crit}$  : konsentrasi kritis *fiber* (persen berat adukan)

$\gamma_f$  : berat jenis *fiber*

$\gamma_c$  : berat jenis adukan

$d/l$  : nilai banding diameter dan panjang *fiber*

dimana,  $K = \frac{W_m}{W_m + W_a} \dots\dots\dots (2.5)$

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

*Brigg, dkk.* (1974) meneliti bahwa *fiber* beraspek rasio tinggi ( $l/d > 100$ ) akan menyebabkan *fiber* menggumpal bersama-sama sehingga sangat sulit disebarkan secara merata di dalam adukan, sedang untuk *fiber* beraspek rasio rendah ( $l/d < 50$ ) tidak akan terjadi ikatan yang baik dengan betonnya serta dapat dipencarkan oleh suatu getaran.

Menurut *Muzamil dan Budiono* (1994) dalam penelitiannya memberikan pernyataan bahwa penggunaan bahan tambah *superplasticizer* dapat mengurangi faktor air-semen (fas) dan menambah *workability* tetapi akan memperlambat proses pengeringan apabila penambahan yang dilakukan dalam jumlah besar. Penambahan optimal dicapai pada konsentrasi sebesar 1% dari berat adukan semen.

### 2.3 Kuat Tekan

Sebagaimana telah kita ketahui bahwa beton memiliki kemampuan menahan tekan yang relatif besar, dan selama ini keruntuhan/kegagalan beton sebagian besar disebabkan oleh rusaknya ikatan pasta semen dan agregat. Besarnya kuat tekan beton juga dipengaruhi oleh kekerasan dan bentuk batuan. Batuan yang berbentuk tajam mempunyai kemampuan saling mengunci

sehingga memberikan ikatan yang lebih kompak. Karena fungsi dari penambahan *fiber* yang utama adalah untuk menahan retak yang timbul akibat adanya tegangan tarik, dan ditambah luas penampang *fiber* yang tidak begitu besar maka penambahan *fiber* pada adukan hanya memberikan pengaruh yang kecil pada kuat tekan beton.

Dari hasil penelitian yang dilakukan oleh *Suprianto dan Muhtadin* (1996) dengan menggunakan benda uji kubus 15 x 15 x 15 (cm), serta penambahan *fiber* serat plastik 19 mm sebesar 0.04% dan 1.25% untuk serat bendrat panjang 5 cm yang disebar secara random ditunjukkan bahwa terjadi peningkatan kuat tekan pada beton *fiber* sebesar 2.07% untuk serat plastik dan 7.50% untuk serat bendrat. Dalam lembaran saran peneliti menekankan untuk meneliti lebih lanjut penambahan kekuatan dengan menggunakan serat bendrat pada konsentrasi yang lebih besar.

Dengan menggunakan benda uji kubus 15 x 15 x 15 (cm) dan penambahan serat baja sebesar 2% dan 3% dari berat beton yang disebar dengan orientasi random, *Rahayu dan Trihandoko* (1996) menghasilkan kesimpulan bahwa semakin banyak penambahan serat baja akan meningkatkan kuat tekannya. Dari hasil pengujian didapat bahwa terjadi peningkatan sebesar 22.0036% dan 36.1554% untuk penambahan *fiber* sebesar 2% dan 3%. Akibat penambahan serat baja akan mengakibatkan semakin sulitnya pengerjaan adukan beton (kelecekan), peneliti menyarankan untuk melakukan penelitian lebih lanjut dengan penambahan zat *additive* guna memperoleh *workability* yang lebih baik tanpa mengurangi kekuatan beton.

Dari hasil pengujian yang dilakukan oleh *Santosenengtyas* (1991) dengan menggunakan benda uji kubus 15 x 15 x 15 (cm) dan silinder berdiameter 15 cm tinggi 30 cm memberikan kesimpulan bahwa semakin tinggi konsentrasi *fiber* maka semakin meningkatkan nilai kuat tekannya. Sebagai *fiber* digunakan serat bendrat dengan panjang 3 cm yang disebar secara random dengan variasi penambahan *fiber* 0.25%, 0.5%, 0.75%, 1.0%, dan 1.25% dari berat beton diperoleh peningkatan kuat tekan tertinggi pada konsentrasi *fiber* 1.25% untuk benda uji kubus adalah sebesar 6.68% dan 27.90% untuk benda uji silinder. Penulis menyarankan perlu diadakannya penelitian untuk variasi penambahan *fiber* yang lebih tinggi.

*Sukmawati dan Herawati* (2001) dengan menggunakan benda uji silinder diameter 15 cm dan tinggi 30 cm; dan variasi panjang *fiber* baja lokal 5 cm, 6 cm, 7 cm, 8 cm, dan 9 cm serta variasi konsentrasi *fiber* sebesar 0.75% dan 1.5% diperoleh hasil bahwa kuat desak tertinggi didapat pada benda uji dengan variasi *fiber* panjang 9 cm dan konsentrasi sebesar 0.75%. Penurunan yang terjadi pada konsentrasi *fiber* 1.5% adalah akibat sebaran *fiber* yang tidak merata pada adukan beton sehingga perlu adanya usaha tambahan untuk penyebaran yang lebih merata.

Hasil yang ditunjukkan oleh *Ramakrishnan, dkk* (1988) seperti terlihat pada tabel 2.1 dan 2.2, yaitu kuat tekan beton *fiber* agak lebih kecil dibanding dengan kuat tekan beton non *fiber*. Hal ini dimungkinkan oleh campuran beton *fiber* memerlukan lebih banyak air pada saat proses *shortcreting* untuk

mencapai *workability* yang sama seperti beton non *fiber*. Dengan penambahan air, fas akan lebih besar sehingga kuat tekan menjadi lebih rendah.

Tabel 2.1  
Nilai Kuat Tekan dan Kuat Lentur Untuk Benda Uji dengan Ukuran Kecil

Campuran	Kuat Komposit			Kuat Lentur Retak Pertama			Kuat Lentur Ultimit		
	2 hari	7 hari	28 hari	2 hari	7 hari	28 hari	2 hari	7 hari	28 hari
	Psi	Psi	Psi	Psi	Psi	Psi	Psi	Psi	Psi
N1	3569	5586	5865	671	879	858	671	879	858
N2	-	6299	7494	-	839	908	-	838	908
ZP 30/50 0.6%	4248	5593	7643	666	703	832	677	703	832
ZP 30/50 1.0%	3700	5767	7023	736	977	1017	757	1166	1077
ZP 30/50 1.30%	5018	5316	5674	927	848	838	1180	1040	1087
ZP 30/40 0.6%	-	4837	5273	-	794	859	-	794	859
ZP 30/40 1.0%	-	4013	3010	-	773	878	-	826	923
FC 0.6%	6202	6367	8853	799	811	1086	789	811	1086
FC 1.0%	4897	6939	8957	770	1061	1091	770	1061	1091
TC 1.0%	3297	5210	5813	799	1089	1328	799	1089	1378

Benda Uji: Kubus ukuran (1½ x 1½ x 1½) In ; Balok (1½ x 1½ x 6½) In  
1 In = 25.4 mm , 1 psi = 6.895 kPa

Hasil yang dilaporkan merupakan rata-rata dari 3 percobaan

Sumber : *Ramakrishnan*, 1988

Tabel 2.2  
 Nilai Kuat Tekan dan Kuat Lentur Untuk Benda Uji dengan Ukuran Besar

Campuran	Kuat Komposit			Kuat Lentur Retak Pertama			Kuat Lentur Ultimit		
	7 hari	14 hari	28 hari	7 hari	14 hari	28 hari	7 hari	14 hari	28 hari
	Psi	Psi	Psi	Psi	Psi	Psi	Psi	Psi	Psi
N1	6491	-	8283	514	-	657	514	-	657
N2	7103	-	8032	565	-	732	585	-	732
ZP 30/50 0.6%	6672	-	8974	601	-	769	603	-	828
ZP 30/50 1.0%	5148	6334	6466	661	682	728	663	703	801
ZP 30/50 1.30%	4325	4586	6008	632	705	679	744	800	827
ZP 30/40 0.6%	3734	5562	5475	528	637	617	528	637	617
ZP 30/40 1.0%	4027	4777	5308	481	502	593	525	543	621
FC 0.6%	7379	7541	8192	670	696	842	670	696	842
FC 1.0%	8905	6938	7560	731	739	872	731	739	838
TC 0.6%	7720	8203	9905	676	752	809	676	752	809
TC 1.0%	7191	7397	8867	702	783	783	644	795	766

Benda uji : Kubus ukuran (3 x 3 x 3) in ; Balok (3 x 3 x 12) in  
 1 in = 25.4 mm , 1 psi = 6.895 kPa

Hasil yang dilaporkan adalah rata-rata dari 3 percobaan

Sumber : *Ramakrishnan*, 1988

## 2.4 Kuat Tarik

Kuat tarik merupakan suatu sifat yang sangat penting untuk menahan retak, terutama yang diakibatkan oleh pemuaihan akibat peningkatan temperatur. Kuat tarik beton hanya berkisar 9 – 15% dari kuat tekannya, sehingga dalam perancangan kuat tarik beton dianggap nol (*Dipohusodo*, 1994). Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan bahwa penambahan *fiber* pada adukan beton akan meningkatkan kuat tarik beton sehingga mampu menahan retak yang terjadi akibat adanya tegangan tarik.

Hasil penelitian yang dilakukan oleh *Oktavia dan Prasetyo* (2002) dengan menggunakan benda uji silinder berdimensi diameter 30 cm dan tinggi 15 cm

dengan orientasi penyebaran *fiber nylon* random, mendapatkan hasil bahwa peningkatan kuat tarik beton *fiber nylon* maksimum dengan aspek rasio konstan didapat pada panjang serat 70 mm dan diameter 0.95 mm yaitu sebesar 17.29%.

Dengan benda uji yang sama, *Jati dan Bayu* (2000) mengemukakan bahwa peningkatan kuat tarik pada beton *fiber nylon* seiring dengan pertambahan panjang *fiber nylon*, kuat tarik optimum sebesar 38.059 kg/cm<sup>2</sup> didapat pada rasio *fiber nylon* sebesar 72.73 dengan menggunakan serat *nylon* berdiameter 1.1 mm. Akan tetapi dengan semakin panjang serat maka akan semakin mengurangi kelecakan (*workability*) dari adukan beton *fiber*.

Hasil penelitian *Suhendro* (1997) dalam *Yulianto dan Hamdi* (2000) mendapatkan kesimpulan bahwa penambahan *fiber* baja lokal sebesar 0.7% dari berat beton akan meningkatkan kuat tariknya sebesar 52%.

*Santosenngtyas* (1991) dengan menggunakan benda uji silinder berdiameter 15 cm tinggi 30 cm dan *fiber* kawat bendrat dengan aspek rasio 32,43 memberikan kesimpulan bahwa peningkatan kuat tarik sejalan dengan kenaikan konsentrasi *fiber*. Dengan menggunakan silinder berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm didapatkan peningkatan nilai kuat tarik sebesar 2.106%, 3.855%, 13.767%, dan 28.831% untuk penambahan *fiber* kawat bendrat sebesar 0.5%, 0.75%, 1.0%, dan 1.25%. Penambahan konsentrasi *fiber* akan semakin menurunkan *workability* maka perlu adanya bahan tambah untuk meningkatkan *workability*-nya tersebut.

## 2.5 Kuat Lentur dan Indeks Tahanan Lentur

Penambahan *steel fibers* dengan orientasi *random* akan meningkatkan kuat lentur beton *fiber* sekitar dua sampai 3 kali lipat dibanding kuat lentur beton non *fiber*. Dengan penambahan *fiber* ke dalam adukan beton akan menyebabkan beton lebih liat (*ductile*) dan tidak getas lagi. Oleh karena itu beton *fiber* dapat dipergunakan pada perencanaan bagian-bagian penting struktur (jika tidak semua), yaitu pada kuat lentur ultimit untuk *fiber reinforced concrete* (Swamy dan Al-Noori, 1975).

Dari hasil penelitian yang dilakukan oleh Suprianto dan Muhtadin (1996) dengan benda uji balok 10 x 10 x 40 (cm) dan *fiber* plastik sepanjang 19 mm dengan konsentrasi penambahan sebesar 0.04% didapat kenaikan kuat lentur sebesar 9.90%, sedangkan untuk *fiber* bendrat dengan panjang 5 cm. dan konsentrasi penambahan 1.25% didapat peningkatan kuat lentur sebesar 16.94%. Dari penelitian tersebut disimpulkan bahwa penambahan *fiber* bendrat akan memberikan peningkatan kuat lentur lebih besar dibandingkan dengan *fiber* plastik.

Martopo dan Hadi (1997) dalam penelitiannya dengan menggunakan *fiber* kawat strimin panjang 1.2 mm memberikan kesimpulan bahwa semakin besar konsentrasi kawat strimin maka akan semakin meningkatkan kuat lentur beton *fiber*. Dengan menggunakan benda uji balok 10 x 10 x 50 (cm) dan variasi *fiber* kawat strimin lurus dan silang didapatkan kenaikan kuat lentur untuk *fiber* kawat strimin lurus masing-masing sebesar 1.01%, 4.74%, dan 6.28% dengan konsentrasi penambahan 2.0%, 2.5% dan 3.0%, sedangkan untuk *fiber* kawat



strimin silang didapatkan penambahan kuat tekan sebesar 1.23%, 7.23%, dan 7.93% dengan konsentrasi penambahan *fiber* sama dengan penambahan *fiber* kawat strimin lurus.

*Santosenengtyas* (1991) dari hasil penelitiannya dengan menggunakan benda uji balok berdimensi 10 x 10 x 50 (cm) memberikan hasil adanya peningkatan sebesar 1.007%, 1.405%, 5.034%, dan -3.146% untuk konsentrasi *fiber* sebesar 0.25%, 0.5%, 0.75%, 1.0%, dan 1.25% dengan menggunakan *fiber* kawat bendrat beraspek rasio 32.34. Penurunan pada konsentrasi *fiber* 1.25% dimungkinkan karena semakin sulitnya *fiber dispersion* akibat semakin tingginya konsentrasi *fiber*. Kemungkinan yang lain adalah kurang sempurnanya proses pengerjaan (pengadukan, pengangkutan, dan pengecoran) benda uji, sehingga diperoleh *fiber* yang kurang terdistribusi secara merata dalam adukan beton. Untuk mengatasi hal tersebut perlu dilakukan penelitian dengan penambahan zat *additive* untuk menambah *workability*.

Dalam penelitiannya *Sudarmoko* (1989) juga mengamati bahwa pada kandungan 1.5% *plain steel fibers* (PSF) kuat lentur beton *fiber* akan mencapai kira-kira dua kali dari kuat lentur beton non *fiber*, tetapi kuat lentur yang terbesar akan dicapai dengan penambahan *duoform steel fibres* (DSF) pada kandungan 1.5%. Untuk *plain steel*, *duoform steel*, dan *polypropylene fiber*, diperlihatkan bahwa semakin tinggi kandungan *fiber* maka semakin besar pula kuat lenturnya. Namun, untuk *bronze fibers* diperlihatkan bahwa kuat lentur tertinggi dicapai pada kandungan 1.0% dan untuk kandungan 1.5% *fiber* menghasilkan nilai yang lebih rendah. Hal ini dimungkinkan karena sulitnya

pengadukan dan pematatannya, sehingga distribusi yang baik dari *fiber* tidak tercapai.

## 2.6 Modulus Elastisitas

Untuk menghitung deformasi dan defleksi bagian struktur harus diketahui hubungan antara tegangan dan regangan. Seperti sebagai besar bahan struktur, beton juga berperilaku elastis bila dikenai beban awal. Namun pada pembebanan terus menerus, beton akan terjadi rayapan (*creep*), yaitu regangan terus meningkat sesuai dengan waktu tegangan konstan.

Penambahan *fiber* akan mengakibatkan peningkatan kuat lentur, sehingga kuat lentur dapat digunakan dalam perancangan, seperti pada *plain concrete*, dikarenakan sifat-sifat utama beton *fiber* yang dapat mengendalikan retak sifatnya yang liat (*ductile*). Penambahan *fiber* juga akan memberikan peningkatan modulus elastisitas, sifat-sifat menahan retak pada penulangan *fiber* membuat komposit jauh lebih kaku seperti yang ditunjukkan oleh modulus elastisitasnya (*Swamy dan Al-Noori, 1975*).

Dengan menggunakan balok uji 10 x 10 x 50 (cm) untuk benda uji beton *fiber* dan non *fiber* guna pengujian *uniaxial tensile stress strain*, *Edgington, dkk.* (1974) membuktikan bahwa penambahan *fiber* ke dalam adukan beton hanya memberi peningkatan yang kecil dari nilai modulus elastisitasnya sebagaimana ditunjukkan tabel dibawah ini.

Tabel 2.3  
Pengaruh Penambahan *Fiber* Terhadap *Tensile Modulus of Elasticity*

Matriks	Jumlah Penambahan <i>Fiber</i> (%)	Regangan Modulus Elastisitas (hasil rata-rata dari 3 benda uji) (GN/m <sup>2</sup> )
Pasta Semen	0	26.4
	2.7	28.4
Mortar	0	33.9
	2.34	34.8
10 mm Beton	0	39.7
	1.47	40.9

Sumber : *Edgington, dkk., 1974*

*Sudarmoko* (1989) dengan menggunakan benda uji silinder juga memperlihatkan bahwa hanya sedikit pengaruh penambahan *fiber* terhadap modulus elastisitas. Peningkatan terbesar modulus elastistas ( $E_c$  statik) senilai 136% dari *basic mix* dihasilkan oleh *duoform steel fibers* dengan kandungan *fiber* sebesar 1.0% dan terendah dihasilkan oleh *plain steel fiber* kandungan 1.5% yaitu sebesar 101% dari *basic mix*. Pada tabel di bawah ini diperlihatkan pula kenaikan modulus elastisitas berdasarkan umur pengujian benda uji, menunjukkan hasil bahwa modulus elastistas meningkat secara mencolok pada umur beton 14 hari pertama dan peningkatan secara perlahan setelah umur tersebut. Dari hasil ini dapat disimpulkan bahwa penambahan *fiber* tidak menghasilkan perbedaan yang besar terhadap modulus elastisitas.

Tabel 2.4  
Pengaruh Penambahan *Fiber* Terhadap Kuat Tarik dan  $E_c$  Statik

Spesifikasi		Kuat Tarik ( $N/mm^2$ )			$E_c$ Statik ( $\times 10^4 N/mm^2$ )		
Kode	Detail	3 hari	7 hari	28 hari	3 hari	7 hari	28 hari
B	Basic Mix	1.301	1.933	2.781	1.471	1.736	2.130
PSF 1	0.5% PSF	1.500	2.294	3.167	1.475	1.906	2.156
PSF 2	1.0% PSF	2.208	3.458	5.055	1.669	1.972	2.172
PSF 3	1.5% PSF	3.071	3.824	5.378	1.477	1.955	2.140
BF 1	0.5% BF	1.393	2.012	3.073	1.501	1.803	2.198
BF 2	1.0% BF	1.559	2.250	3.781	1.576	1.877	2.672
BF 3	1.5% BF	2.079	2.948	4.892	2.009	2.301	2.861
DSF 1	0.5% DSF	2.490	3.120	3.951	1.582	1.907	2.431
DSF 2	1.0% DSF	2.757	3.370	4.878	1.601	1.999	2.906
DSF 3	1.5% DSF	2.846	3.509	5.263	1.575	1.801	2.302
PPF 1	0.50% PPF	1.440	2.175	2.791	1.509	1.875	2.302
PPF 2	0.75% PPF	1.662	2.502	3.324	1.653	2.018	2.483
PPF 3	1.00% PPF	1.494	2.251	3.020	1.564	1.926	2.401

Sumber : *Sudarmoko*, 1989

## BAB III

### LANDASAN TEORI

#### 3.1 Umum

Salah satu material yang banyak digunakan untuk struktur teknik sipil adalah beton. Beton dihasilkan dari pencampuran semen *portland*, air, dan agregat pada perbandingan tertentu. Sifat-sifat beton akan sangat bergantung pada sifat-sifat bahan penyusunnya, cara pengadukan, penuangan, pemadatan, dan perawatan beton selama proses pengerasannya. Sejalan dengan perkembangan teknologi dan kebutuhan masyarakat, para ahli yang berkompeten di dalamnya senantiasa berupaya untuk meningkatkan sifat-sifat beton yang meliputi antara lain: *strength*, *workability*, *placebility*, *durability*, *permeability*, dan *corrosivity*.

Keistimewaan beton adalah kemampuannya dalam menahan tegangan tekan yang relatif tinggi, akan tetapi karena beton bersifat getas maka sangat kecil sekali kekuatan yang dimiliki dalam menahan tarik. Kuat tarik yang dimiliki beton hanya berkisar antara 9 – 15% dari kuat tekannya (*Dipohusodo*, 1994), karenanya sering kali dalam perencanaan kuat tarik beton dianggap sama dengan nol. Kelemahan pada kuat tarik ini dapat diatasi dengan menambahkan besi baja sebagai tulangan sehingga tegangan tarik akan disalurkan ke besi baja yang memiliki kuat tarik yang lebih kuat. Adanya penambahan besi baja sebagai tulangan secara linier akan berakibat pada kenaikan biaya yang dibutuhkan dalam proses pembuatan beton. Resiko retak rambut yang ditimbulkan karena

adanya tegangan tarik akan menyebabkan terjadinya kontak antara oksigen dan besi yang berakibat karat pada besi baja sehingga akan menurunkan kualitas kuat tarik dari besi baja tersebut.

Oleh karenanya diupayakan untuk meningkatkan mutu beton dengan penambahan *fiber* yang berupa kawat bendrat yang sangat mudah didapatkan di pasaran secara umum. Kawat bendrat yang berasal dari besi baja akan dicampurkan secara *random* dengan ukuran panjang tertentu akan berfungsi layaknya tulangan sehingga dihasilkan beton yang lebih liat (*ductile*).

Penambahan kawat bendrat pada adukan beton dipastikan akan menurunkan tingkat kelecakan (*workability*) beton, untuk mengatasi hal tersebut maka perlu adanya bahan *additive* berupa *superplasticizer*. Adanya *superplasticizer* akan meningkatkan *workability* tanpa mengurangi kuat tekan beton.

### **3.2 Materi Penyusun Beton**

Beton adalah suatu elemen struktur yang memiliki karakteristik spesifik kuat tekannya yang tinggi akan tetapi kuat tariknya rendah terdiri dari beberapa bahan penyusun sebagai berikut:

#### **3.2.1 Semen *Portland***

Semen *portland* dibuat dari serbuk halus mineral kalsium yang komposisi utamanya terdiri dari kalsium dan alumunium silikat.

*Nilson dan Winter* (1991) mengemukakan bahan baku pembentuk semen adalah kapur (CaO) dari kapur, silika (SiO<sub>2</sub>) dan Alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) dari lempung.

Menurut perbedaan komposisi senyawa kimia yang terkandung dalam semen dapat dibedakan menjadi 5 jenis sebagaimana tercantum dalam *Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia* (1982) yaitu:

- Jenis I : semen *portland* yang tidak memerlukan persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lain.
- Jenis II : semen *portland* yang tahan terhadap sulfat dan menghasilkan panas hidrasi yang rendah.
- Jenis III : semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan pengerasan awal yang tinggi.
- Jenis IV : semen *portland* yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan panas hidrasi yang rendah.
- Jenis V : semen *portland* yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan sangat tahan terhadap sulfat.

### 3.2.2 Agregat

Untuk mendapatkan beton yang mempunyai kekuatan yang tinggi, maka sifat-sifat agregat tidak dapat diabaikan, karena agregat menempati proporsi 70 – 75% pada beton. (*Nilson dan Winter*, 1991)

*Murdock dan Brook* (1991) menyatakan sifat yang paling penting dari suatu agregat (batu-batuan, kerikil, dan pasir) ialah kekuatan hancur dan ketahanan terhadap benturan yang dapat mempengaruhi ikatannya

dengan pasta semen, porositas, dan karakteristik penyerapan air yang mempengaruhi daya tahan terhadap proses pembekuan waktu dingin, dan agresi kimia, serta ketahanan terhadap penyusutan. Agregat yang digunakan tanpa melalui pengujian kekuatan khusus dengan menggunakan mesin Los Angeles, agregat hanya dianalisis dengan menggunakan analisis saringan untuk mendapatkan tingkat gradasinya. Agregat pada umumnya diklasifikasikan dalam 2 jenis yaitu agregat kasar dan agregat halus. Disebut agregat kasar apabila ukurannya sudah melebihi  $\frac{1}{4}$ " (6 mm) dan untuk agregat halus ukurannya bervariasi antara ukuran No. 4 dan No. 100 menurut saringan *British Standard*. Agregat halus yang baik harus bebas dari bahan organik, lempung, partikel yang lebih kecil dari saringan No. 100.

### 3.2.3 Air

Dalam bukunya *Tjokrodimuljo*, 1992 menerangkan bahwa air diperlukan untuk bereaksi dengan semen, serta menjadi bahan pelumas antara butir-butir agregat agar dapat mudah dikerjakan dan dipadatkan. Tambahan air yang berfungsi sebagai pelumas tidak boleh terlalu banyak karena akan menyebabkan kekuatan beton akan menurun.

Dalam pemakaian air untuk beton sebaiknya air memenuhi persyaratan : (*Tjokrodimuljo*, 1992)

- a. Tidak mengandung lumpur (benda melayang lainnya) lebih dari 2 gram/liter.



- b. Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik, dan sebagainya) lebih dari 15 gram/liter.
- c. Tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 0.5 gram/liter.
- d. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter.

#### 3.2.4 Bahan Tambah (*Admixture*)

Bahan tambah adalah bahan selain unsur pokok beton (semen, agregat, dan air) yang ditambahkan pada adukan beton, sebelum, segera, atau selama pengadukan beton dengan tujuan untuk mengubah satu atau lebih sifat-sifat beton sewaktu masih dalam keadaan segar atau setelah mengeras. (*Tjokrodimuljo, 1992*)

Adapun bahan kimia tambahan (*chemical admixture*) adalah bahan tambah yang dicampurkan pada adukan beton dengan maksud agar diperoleh sifat-sifat yang sedikit berbeda pada beton segar atau beton yang dihasilkannya, misalnya sifat pengerjaan lebih mudah, sifat pengikatan lebih cepat, laju kenaikan kekuatan lebih cepat. (*Tjokrodimuljo, 1992*)

Menurut *Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia (1982)* bahan kimia tambahan dapat dibedakan menjadi 5 jenis yaitu:

- a. Bahan kimia tambahan untuk mengurangi jumlah air yang dipakai. Dengan pemakaian bahan ini akan diperoleh adukan dengan faktor air-semen lebih rendah pada nilai *slump* yang sama.
- b. Bahan kimia tambahan untuk memperlambat proses ikatan dan pengerasan beton.

- c. Bahan kimia tambahan untuk mempercepat proses ikatan dan pengerasan beton.
- d. Bahan kimia tambahan yang berfungsi ganda, yaitu untuk mengurangi air dan memperlambat proses ikatan dan pengerasan beton.
- e. Bahan kimia tambahan yang berfungsi ganda, yaitu untuk mengurangi air dan mempercepat proses ikatan dan pengerasan beton.

Salah satu jenis bahan kimia tambahan yang dikenal dengan *superplasticizer* sebenarnya tidak berpengaruh langsung pada kekuatan beton. *Superplasticizer* berfungsi untuk meningkatkan *workability* terutama pada penggunaan faktor air-semen yang rendah. Dengan faktor air-semen yang semakin kecil dan pemadatan yang sempurna maka akan menaikkan kekuatan tekan beton. Dengan adanya bahan tambah berupa *superplasticizer* maka beton dengan faktor air-semen yang rendah akan mudah dikerjakan, dengan demikian pemadatan dapat dilaksanakan dengan mudah. (Nilson dan Winter, 1991)

### 3.3 Modulus Elastisitas

Menurut Murdock dan Brook (1991), tolok ukur yang umum dari sifat suatu bahan adalah modulus elastisitas, yang merupakan perbandingan dari tekanan yang diberikan dengan perubahan bentuk per satuan panjang, sebagai akibat dari tekanan yang diberikan tersebut. Beton adalah bahan yang bukan

benar-benar elastis. Modulus elastisitas tidak berkaitan langsung dengan sifat-sifat beton lainnya, meskipun kekuatan yang lebih tinggi biasanya mempunyai harga modulus elastisitas yang lebih tinggi juga. Modulus elastisitas dapat dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut:

$$E = \frac{f}{\varepsilon} \dots\dots\dots (3.1)$$

dengan  $E$  : modulus elastisitas

$f$  : tekanan/gaya yang diberikan

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

### 3.4 *Slump*

Percobaan *slump* ialah suatu cara untuk mengukur kelecakan adukan beton, yaitu kecairan/kepadatan adukan yang berguna dalam pengerjaan beton. Semakin besar nilai *slump* maka adukan beton semakin encer atau cair. (Tjokrodimuljo, 1992)

### 3.5 *Workability*

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

- a. Kompaktibilitas, atau kemudahan dimana beton dapat dipadatkan dan rongga udara diambil.
- b. Mobilitas, atau kemudahan dimana beton dapat mengalir ke dalam cetakan di sekitar baja dan dituang kembali.

- c. Stabilitas, atau kemampuan beton untuk tetap sebagai massa yang homogen dan stabil selama dikerjakan dan digetarkan tanpa terjadi pemisahan butiran atau bahan-bahan utamanya.

*Jackson dan Dhir* (1983) mengemukakan bahwa *workability* didasarkan atas rasio agregat dan semen (A/C), terbagi atas beberapa tingkatan yaitu: *Low Workability*, *Medium Workability*, dan *Hard Workability*. Tingkat *workability* dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 3.1  
Tingkat *Workability* Berdasarkan Rasio Agregat – Semen

D maks ( mm )	Rasio Agregat - Semen					
	<i>Low Workability</i>		<i>Medium Workability</i>		<i>Hard Workability</i>	
	Batu Alam	Batu Pecah	Batu Alam	Batu Pecah	Batu Alam	Batu Pecah
9.5	5.3	4.8	4.7	4.2	4.4	3.7
19	6.2	5.5	5.4	4.7	4.9	4.4
37.5	7.6	6.4	6.5	5.5	5.9	5.2

Sumber : *Jackson dan Dhir* (1983)

Sedangkan tingkat *workability* yang didasarkan atas nilai *slump* terdiri atas *Medium Workability*, *Low Workability*, dan *Very Low Workability*. Tingkat *workability* dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 3.2  
Tingkat *Workability* Berdasarkan Nilai *Slump*

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

Sumber : *Jackson dan Dhir* (1983)

## 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. (*Sevilla, dkk.*, 1993)

*Sevilla, dkk.* (1993) menyebutkan bahwa 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.

Validitas internal mengarah pada suatu kondisi bahwa perbedaan yang diamati pada variabel terikat adalah semata-mata hasil langsung dari pemanipulasian variabel bebas, bukan dari variabel-variabel lain. Adapun validitas eksternal menunjukkan pada suatu keadaan dimana hasilnya dapat digeneralisasikan, atau diterapkan pada kelompok atau lingkungan lain di luar daerah eksperimen. (*Gay*, 1976)

## 4.2 Bahan Penelitian

### 4.2.1 Semen

Semen sebagai bahan pengikat adukan beton dipilih *portland cement* tipe I dengan merek Semen Gresik (produksi pabrik semen di Gresik, Jawa Timur). Pengamatan dilakukan secara visual terhadap kemasan kantong 50 kg, tertutup rapat, bahan butirannya halus serta tidak terjadi penggumpalan.

### 4.2.2 Bahan Batuan

#### a) Pasir

Untuk penelitian ini pasir diambil dari Sungai Boyong, Kaliurang, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta. Pengambilan langsung dari dasar sungai dan pengamatan yang nampak adalah butirannya kasar dan tidak teratur. Dalam penelitian ini pasir disyaratkan lolos saringan 5 mm. Sehari sebelum dilaksanakan penelitian pasir disiram dengan air dan kemudian ditutup menggunakan karung basah supaya pada saat pasir digunakan dalam keadaan jenuh kering permukaan (*saturated surface dry*).

#### b) Kerikil

Digunakan jenis kerikil *crushed* (batu pecah/*split*) dari Celereng, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta; memiliki ciri-ciri sudut-sudutnya yang tajam dan permukaannya relatif kasar. Pada proses persiapan kerikil diayak untuk memperoleh ukuran yang diinginkan.

Dalam penelitian ini dipakai diameter 5 – 10 mm sebanyak 30% sedang 70% dipakai kerikil dengan diameter 10 – 20 mm.

Sehari sebelum pengadukan beton dilakukan kerikil dicuci dan ditampung disuatu tempat serta ditutupi dengan karung basah. Hal tersebut dimaksudkan supaya pada saat akan pengadukan, kerikil berada dalam keadaan jenuh kering permukaan (*saturated surface dry*).

#### 4.2.3 Air

Air yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari sumur laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Daerah Istimewa Yogyakarta. Pemeriksaan hanya dilakukan secara visual dari penampakannya yaitu jernih, tidak berbau, serta dapat dimanfaatkan sebagai air minum.

#### 4.2.4 Fiber

Pada pengujian bahan tambah *fiber* diperoleh dari kawat bendrat yang dipotong-potong sepanjang 9 cm. Pemotongan dilakukan secara *manual* (tenaga manusia) dan diusahakan tidak terjadi pembengkokan (kait) pada kedua ujung potongan.

Untuk mengetahui berat jenis *fiber* maka digunakan uji laboratorium dengan menggunakan air raksa. Dari hasil pengujian didapatkan berat jenis *fiber* sebesar 4.71993 gr/cm<sup>3</sup> dengan diameter 0.98 mm. Dengan demikian aspek rasio *fiber* yang digunakan adalah 91.837.

#### 4.2.5 *Superplasticizer*

Dalam penelitian ini *admixture* yang digunakan adalah *superplasticizer* dengan merek Sikament<sup>®</sup>-NN produksi PT. Sika Nusa Pratama, Jakarta. Pengamatan dilakukan secara visual terhadap tanggal pembuatan tidak lebih dari 1 tahun dan cairan berwarna coklat tua.

### 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 Kasar

Saringan ini dipakai untuk memperoleh diameter pasir dan kerikil yang diinginkan. Terdiri atas tiga susun ayakan sehingga didapatkan empat jenis diameter agregat. Dari beberapa diameter agregat tersebut hanya digunakan yang mempunyai ukuran sesuai dengan yang diperlukan.

Adapun ayakan yang dibutuhkan adalah:

- a) Ayakan diameter 5 mm
- b) Ayakan diameter 10 mm
- c) Ayakan diameter 20 mm

#### 4.3.3 Saringan/Ayakan Uji Modulus Halus Butiran

Ayakan ini digunakan untuk menganalisis gradasi butir halus. Ayakan ini terdiri dari serangkaian susunan saringan uji dengan ukuran lubang masing-masing 37.5 mm, 20 mm, 9.6 mm, 4.75 mm, 2.36 mm, 1.18 mm, 0.6 mm, 0.3 mm, dan 0.15 mm.



#### 4.3.4 Mesin *Siever*

Mesin ini digunakan untuk mengayak bahan batuan yang sudah dimasukkan dalam suatu susunan saringan uji. Susunan saringan ini diletakkan di atas mesin *siever* kemudian diklem. Mesin ini akan mengayak secara mekanik dengan lama pengayakan yang dapat diatur.

#### 4.3.5 Timbangan

Timbangan digunakan untuk mengukur berat bahan penyusun beton (semen, pasir, kerikil, dan air), *fiber* serta bahan serta bahan uji yang berupa silinder dan balok. Dalam penelitian ini digunakan:

- a) Timbangan merk *O'House*, kapasitas 5 kg dengan ketelitian 0.1 gram.
- b) Timbangan merk *Fagani*, kapasitas 150 kg dengan ketelitian 0.1 kg.

#### 4.3.6 Mesin Aduk Beton (*Rotaring Drum Mixer*)

Mesin ini digunakan untuk mengaduk bahan susun beton seperti semen, pasir, kerikil, air, dan bahan tambah *fiber* serta *superplasticizer*. Kecepatan putaran yang dapat diatur dan tertentu sehingga memudahkan bahan susun beton diaduk menjadi campuran yang homogen.

#### 4.3.7 Mesin Uji Tekan dan Tarik Beton

Mesin merk *Control* ini digunakan untuk menguji kuat tekan beton yang berupa benda uji silinder. Cara pengujian kuat tekan dilakukan dengan meletakkan silinder secara vertikal dan kemudian ditekan dari atas, luas bidang tekan adalah luas alas silinder tersebut. Adapun cara pengujian untuk kuat tarik adalah dengan merebahkan benda uji silinder sehingga

bidang kontak ada pada sisi-sisi selimut silinder tersebut. Kapasitas maksimum mesin uji adalah sebesar 2000 kN.

#### **4.3.8 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.

#### **4.3.9 Cetakan Benda Uji**

Ada dua macam cetakan yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu:

- a) Cetakan silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi cetakan 30 cm
- b) Cetakan balok dengan ukuran 10 x 10 x 50 (cm)

#### **4.3.10 Kerucut *Abrams***

Untuk mengukur kelecakan adukan beton dalam percobaan *slump* (*slump test*) digunakan alat yang bernama "Kerucut *Abrams*". Kerucut ini memiliki lubang pada kedua ujungnya dengan bagian bawah berdiameter 20 cm dan bagian atas berdiameter sebesar 10 cm, dengan tinggi 30 cm. Alat ini juga dilengkapi dengan tongkat baja berdiameter 1.6 cm panjang 60 cm serta dibagian ujung tongkat dibulatkan.

#### 4.3.11 Kerucut Konik

Kerucut konik digunakan untuk memeriksa keadaan jenuh kering muka (*saturated surface dry*) pada pasir. Seperti halnya kerucut Abrams, kerucut konik terbuka dikedua ujungnya dengan diameter atas 3.8 cm dan pada bagian bawah berdiameter 8.9 cm, dengan ketinggian kerucut sebesar 7.6 cm. Pasir yang akan diperiksa dimasukkan ke dalam kerucut sambil ditumbuk dengan menggunakan tongkat baja seberat 336 gram.

#### 4.3.12 Mistar dan Kaliper

Mistar dipakai untuk mengukur penurunan beton segar pada pengujian *slump*, sedang kaliper digunakan untuk mengukur diameter *fiber* dan dimensi benda-benda uji.

#### 4.3.13 Stopwatch

Pengukur waktu ini digunakan untuk mengukur lamanya pengadukan beton dan pengangkatan kerucut Abrams pada *slump test*.

#### 4.3.14 Gelas Ukur

Gelas ukur dipakai untuk mengukur volume air yang akan digunakan dalam pembuatan adukan beton maupun pasta semen. Kapasitas gelas ukur yang digunakan adalah 50 cc, 100 cc, dan 250 cc.

#### 4.3.15 Cetok dan Talam Baja

Talam baja digunakan untuk menampung adukan beton dari mesin pengaduk dan sebagai alas pada pengujian *slump*, sedang cetok digunakan untuk memasukkan adukan beton ke dalam cetakan serta untuk menghaluskan permukaan benda uji pada saat masih basah.

#### 4.3.16 Batu Gosok

Digunakan untuk menghaluskan permukaan benda uji bila dipandang perlu. Terutama sekali pada pengujian kuat lentur beton, karena alat ujinya sangat peka terhadap kehalusan permukaan benda uji.

#### 4.3.17 *Strainometer* dan *Dial Gauge*

Untuk mendapatkan data perpindahan pada pengujian kuat tekan beton digunakan alat *Strainometer*. Alat ini akan menunjukkan suatu angka pada setiap tingkat pembebanan. Tujuan pengujian ini untuk memperoleh hubungan tegangan dan regangan sehingga akan diperoleh nilai modulus elastisitas dari beton.

Untuk mengetahui besar lendutan yang terjadi pada balok (pada pengujian kuat lentur beton) dipakai alat *Dial Gauge*. Alat ini dipasang diantara dua titik pembebanan. Secara bertahap, pada tingkat pembebanan tertentu akan terlihat pula besar lendutan yang terjadi dengan tingkat ketelitian benda uji 0.01 mm

### 4.4 Pelaksanaan Penelitian

Secara garis besar pelaksanaan penelitian ini terdiri atas tahapan yaitu:

#### 4.4.1 Tahapan Persiapan Bahan

Tahap persiapan bahan dimulai dengan pemotongan kawat bendrat sepanjang 9 cm dalam keadaan lurus tidak berkait. Selanjutnya *fiber* diperiksa berat jenis *fiber* untuk mengetahui berat *fiber* yang akan ditambahkan dalam adukan beton untuk tiap percobaannya.

Cara pemeriksaan berat jenis *fiber* dilakukan dengan memasukkan kawat bendrat yang telah dimodifikasi ke dalam mangkok yang berisi air raksa (Hg). Modifikasi kawat bendrat ini dilakukan agar tidak ada udara terperangkap bila dimasukkan ke dalam air raksa. Air raksa harus dalam keadaan rata dengan permukaan mangkok, hal ini dilakukan dengan cara menekankan kaca pada permukaan mangkok. Selanjutnya kawat bendrat ditekan masuk dengan menggunakan kaca sampai air raksa rata dengan permukaan mangkok. Air raksa yang dipindahkan ditimbang beratnya begitu juga dengan kawat bendrat yang dimasukkan kedalam air raksa tadi. Volume sampel kawat bendrat sama dengan volume air raksa yang dipindahkan sehingga diperoleh hubungan:

$$V_{fb} = V_r = \frac{W_r}{\gamma_r} \dots\dots\dots (4.1)$$

$$\gamma_{fb} = \frac{W_{fb}}{V_{fb}} \dots\dots\dots (4.2)$$

dengan,  $V_{fb}$  : volume kawat bendrat (cm<sup>3</sup>)

$V_r$  : volume air raksa (cm<sup>3</sup>)

$W_{fb}$  : berat kawat bendrat (gr)

$W_r$  : berat air raksa (gr)

$\gamma_{fb}$  : berat jenis kawat bendrat (gr/cm<sup>3</sup>)

$\gamma_r$  : berat air raksa (13.6 gr/cm<sup>3</sup>)

Pengujian ini dilakukan untuk memperoleh berat jenis *fiber* rata-rata.

Agregat kasar (kerikil) sebagai bahan penyusun beton disaring dengan ayakan berdiameter 5 – 10 mm dan 10 – 20 mm. Dua kelompok ini kemudian dipisahkan pada tempat yang berbeda. Pencucian dilakukan untuk menghilangkan lumpur yang menempel disekitar kerikil. Agregat kasar yang digunakan diambil dari Celereng dengan diameter butir maksimal 20 mm, gradasi yang diambil adalah tertahan saringan 20 mm, 10 mm, dan 4.75 mm.

Tabel 4.1  
Gradasi Butir Kerikil

Saringan	Berat Lolos disyaratkan %	Berat Tertinggal %	Berat Kumulatif %
40	100	100	0
20	95 - 100	100	0
10	25 - 55	45.5	45.5
4.75	0 - 10	52.5	98
2.36		2	100

Agregat halus digunakan pasir yang diambil secara langsung dari Sungai Boyong, Kaliurang dengan gradasi pasir menurut *British standard* termasuk pada daerah II. Untuk memeriksa gradasi agregat halus (pasir) dilakukan dengan mesin *siever* dengan mengacu pada persyaratan gradasi *British Standard*.

Tabel 4.2  
Gradasi Butir Pasir

Saringan	Berat Lolos Disyaratkan %	Berat Tertinggal %	Berat Kumulatif %
10	100	0	0
4.75	90 - 100	4.8	4.8
2.36	75 - 100	7.5	12.3
1.18	55 - 90	18.5	30.8
0.6	35 - 59	21	51.8
0.3	12 - 30	28.4	80.2
0.15	0 - 10	17.4	97.6

#### 4.4.2 Tahapan Perhitungan Rencana Campuran Beton (*Mix Design*)

Perencanaan adukan beton dilakukan berdasarkan pedoman yang ada dalam *Buku Ajar Teknologi Beton (Tjokrodimulyo, 1992)* dan berdasarkan kebutuhan pembuatan benda uji ditambah dengan kemungkinan tercecernya bahan adukan beton selama proses pembuatan benda uji. Berat *fiber* yang perlu ditambahkan pada setiap percobaan adalah  $W_{fb} = Vf \cdot V_c \cdot \gamma_{fb}$ . Dimana *Vf* adalah *fibers volume fraction*, yaitu persentase volume *fiber* yang perlu ditambahkan pada setiap satuan volume beton.

Dari hasil perhitungan dengan kuat tekan rencana ( $f'_c$ ) sebesar 30 MPa dan tingkat pengerjaan sedang didapatkan komposisi campuran beton berupa PC : Pasir : Kerikil : Air = 1 : 1.14 : 1.45 : 0.41, adapun berat bahan susun adukan beton dengan variasi penambahan *fiber* kawat bendrat dan *superplasticizer* tiap  $m^3$  dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 4.3  
Berat Bahan Susun Adukan Beton tiap m<sup>3</sup>

No.	Kode Benda Uji	Komposisi Berat tiap m <sup>3</sup>						Berat Total kg
		PC	Pasir	Kerikil	Air	KB	SP	
		kg	kg	kg	kg	kg	kg	
1	BN	548.8	623.1	793.1	225	0	0	2190.0
2	BN + KB 1%	548.8	623.1	793.1	225	21.90	0	2211.9
3	BN + KB 2%	548.8	623.1	793.1	225	43.80	0	2233.8
4	BN + KB 3%	548.8	623.1	793.1	225	65.70	0	2255.7
5	BN + KB 1% + SP	548.8	623.1	793.1	225	21.90	5.49	2217.4
6	BN + KB 2% + SP	548.8	623.1	793.1	225	43.80	5.49	2239.3
7	BN + KB 3% + SP	548.8	623.1	793.1	225	65.70	5.49	2261.2

#### 4.4.3 Tahapan Pembuatan Benda Uji

Apabila tahapan persiapan bahan dan *mix design* telah selesai dikerjakan kemudian dilakukan penimbangan terhadap bahan-bahan penyusun beton. Begitu pula dengan berat *fiber*, volume air, dan *superplasticizer* yang akan dipakai. Semua bahan adukan diletakkan di tempat yang terpisah agar tidak tercampur antara satu dengan yang lainnya.

Mesin pengaduk dibasahi dulu dengan air, selanjutnya secara berturut-turut dimasukkan kerikil, pasir, semen, dan air. Dimasukkan pula bahan *fiber* dan *superplasticizer* secara berangsur-angsur agar didapat campuran beton fiber yang merata. Apabila adukan diyakini sudah *homogen*, kemudian dilakukan pengujian *slump* dengan menggunakan kerucut *Abrams*. Batas nilai *slump* yang diizinkan dalam penelitian ini adalah 60 – 180 mm sebagai jaminan homogenitas adukan.



Beton segar yang sudah *homogen* dan sudah memenuhi persyaratan nilai *slump*nya dituangkan dari mesin pengaduk ke talam baja, kemudian dimasukkan ke dalam cetakan kubus, silinder, dan balok yang sebelumnya telah diolesi dengan minyak pelumas (oli) yang dimaksudkan agar mempermudah dalam melepas beton dari cetakannya sehari sesudahnya. Pada saat memasukkan ke dalam cetakan setiap sepertiga bagian dilakukan penumbukan dengan menggunakan tongkat sebanyak 25 kali tumbukan. Bagian tepi ditusuk-tusuk dengan menggunakan cetok agar diperoleh benda uji yang tidak keropos. Kemudian permukaan benda uji dihaluskan dengan menggunakan cetok setelah kurang lebih satu jam, dengan tujuan menghilangkan lapisan selaput bagian atas beton akibat peristiwa *bleeding*.

Penelitian yang dilakukan terdiri dari 4 variasi penambahan *fiber* kawat bendrat yaitu 0%, 1%, 2%, dan 3% terhadap berat adukan beton. Adapun variasi penambahan *superplasticizer* adalah sebesar 0% dan 1% terhadap berat semen. Tiap variasi digunakan 9 buah benda uji yang terdiri 6 buah benda uji silinder diameter 15 cm tinggi 30 cm, dan 3 buah benda uji balok 10 x 10 x 50 (cm). Jumlah keseluruhan benda uji sebanyak 63 buah, untuk lebih rinci dapat dilihat pada tabel di bawah ini:



Tabel 4.4  
Variasi Benda uji

No.	Jenis Pengujian	Jenis Benda Uji	Variasi Penambahan		Jumlah Benda Uji		
			KB	SP	Per Variasi	Per Pengujian	Total
1	Kuat Tekan	Silinder	0%	0%	3	21	63
			1%	0%	3		
			2%	0%	3		
			3%	0%	3		
			1%	1%	3		
			2%	1%	3		
			3%	1%	3		
2	Kuat Tarik	Silinder	0%	0%	3	21	63
			1%	0%	3		
			2%	0%	3		
			3%	0%	3		
			1%	1%	3		
			2%	1%	3		
			3%	1%	3		
3	Kuat Lentur	Balok	0%	0%	3	21	63
			1%	0%	3		
			2%	0%	3		
			3%	0%	3		
			1%	1%	3		
			2%	1%	3		
			3%	1%	3		

Setelah 24 jam kemudian cetakan beton dilepas. Beton yang sudah jadi kemudian dibiarkan diudara terbuka selama 28 hari tanpa adanya perawatan terhadap betonnya.

#### 4.4.4 Tahapan Pengujian

Pada tahap pengujian ini benda uji sebelum dilakukan pengujian ditimbang dan diukur dimensinya. Apabila diperlukan pada bagian-bagian tertentu dihaluskan dengan menggunakan *carborondum* (batu gosok) dan semua data menyangkut benda uji dicatat dalam formulir yang telah disediakan. Pengujian dilakukan dalam tiga tahapan yaitu:

##### 1) Pengujian Kuat Tekan

Pada tahapan ini pengujian dilakukan dengan menggunakan benda uji silinder beton. Benda uji ditekan dengan menggunakan mesin uji tekan (*compressed testing machine*) dengan kecepatan 265 kN/menit untuk benda uji silinder. Beban yang memecahkan (F) dibagi dengan luas sisi yang terdesak (A) maka akan diperoleh nilai kuat tekan beton tersebut, sebagaimana disajikan dalam rumus di bawah ini:

$$\sigma_{tk} = \frac{F}{A} \dots\dots\dots (4.3)$$

dimana,  $\sigma_{tk}$  : kuat tekan beton (kg/cm<sup>2</sup>)

F : beban maksimum (kg)

A : luas bidang tekan (cm<sup>2</sup>)

Hasil dari pengujian setiap percobaan dicatat dan dirata-rata sehingga didapat kuat tekan rata-ratanya.

## 2) Pengujian Kuat Tarik

Untuk pengujian kuat tarik dilakukan dengan menggunakan uji belah silinder (*tensile splitting cylinder test*). Benda uji silinder 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 silinder terbelah oleh karena beban tarik horizontal. Kuat tarik dihitung berdasarkan formula *Method for Determation of Tensile Splitting (British Standard Institution, 1983)* sebagaimana tersaji dalam rumus di bawah ini:

$$\sigma_r = \frac{2 F}{\pi l d} \dots\dots\dots (4.4)$$

- dimana,  $\sigma_r$  : kuat tarik beton (kg/cm<sup>2</sup>)  
 F : beban maksimum (kg)  
 l : tinggi silinder (cm)  
 d : diameter silinder (cm)

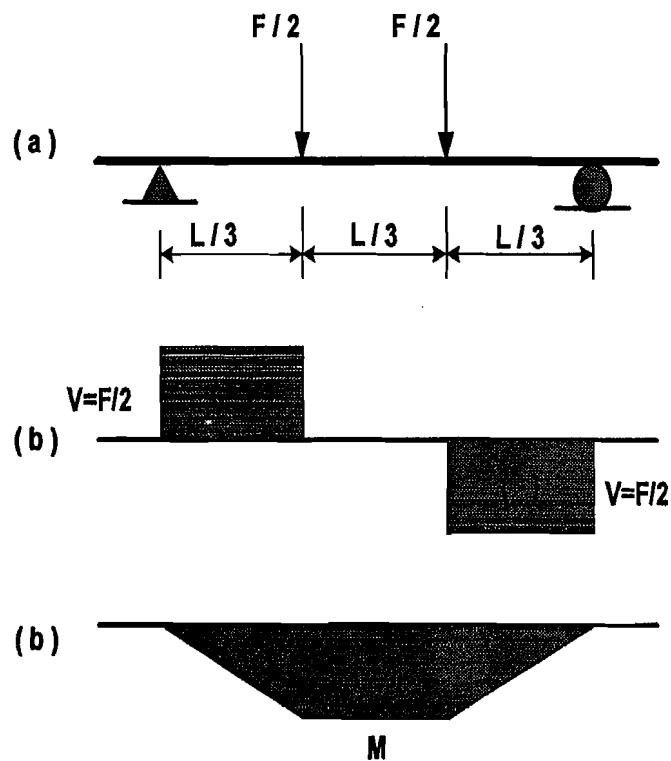
Benda uji silinder yang digunakan mempunyai dimensi tinggi 30 cm dan diameter 15 cm.

## 3) Pengujian Kuat Lentur

Benda uji yang dipakai adalah sebuah balok yang memiliki dimensi 10 x 10 x 50 (cm). Balok diletakkan di atas dua tumpuan dimana jarak antar tumpuan sepanjang 30 cm. Di antara dua tumpuan

tersebut dikenakan dua beban setempat sehingga seolah-olah balok terbagi menjadi 3 buah bagian yang sama panjang.

Beban dinaikkan dengan kecepatan 2000 N/menit. Beban maksimum yang terjadi digunakan sebagai dasar perhitungan kuat lenturnya. Untuk perhitungannya digunakan formula *Method of Flexure Strength* (British Standard Institution, 1983).



Gambar 4.1

Balok dengan daerah pusat berada dalam keadaan lentur murni

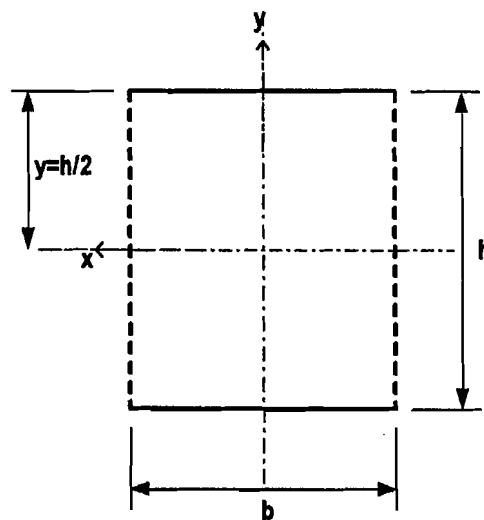
- (a) balok dengan dua buah gaya simetris ( $F/2$ )
- (b) diagram gaya lintang
- (c) diagram momen

Daerah di antara beban-beban  $F/2$  tidak memiliki gaya lintang dan hanya dikenakan suatu momen lentur ( $M$ ) konstan sebesar:

$$M = \frac{F}{2} \cdot \frac{L}{3} \dots\dots\dots (4.5)$$

karena itu daerah pusat dari balok ini berada dalam keadaan lentur murni. Daerah-daerah yang panjangnya  $L/3$  berada dalam keadaan lentur tak merata karena 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 4.2  
Bentuk Penampang Balok

Nilai tegangan lentur dapat dinyatakan dalam rumus:

$$\sigma_u = \frac{M.y}{I} \dots\dots\dots (4.6)$$

$$\text{dimana, } I = \frac{1}{12} b h^3 \dots\dots\dots (4.7)$$

dengan mensubtitusikan persamaan ( 4.5 ) dan persamaan ( 4.7 ) pada persamaan ( 4.6 ) maka akan didapatkan hasil sebagai berikut:

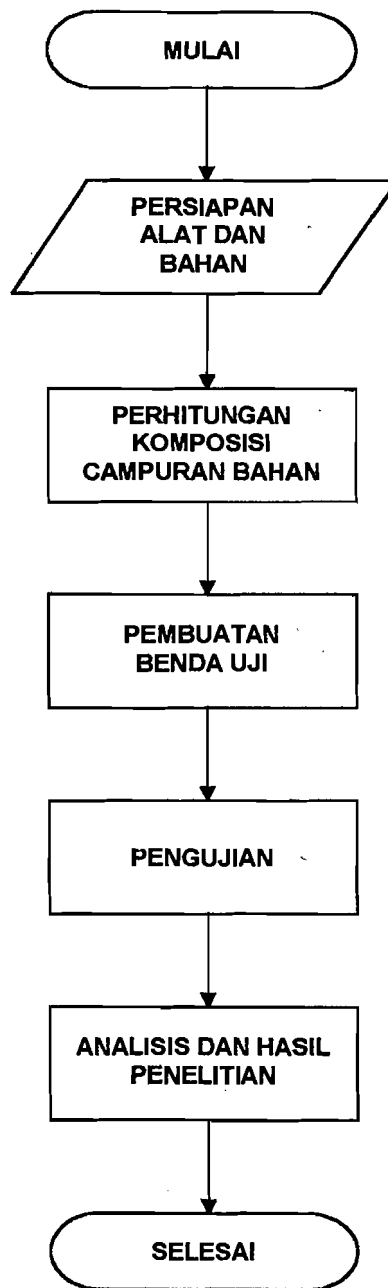
$$\sigma_u = \frac{\left(\frac{F L}{2}\right)\left(\frac{h}{3}\right)}{\frac{1}{12} b h^3} \dots\dots\dots (4.8)$$

$$\sigma_u = \frac{F L}{b h^2} \dots\dots\dots (4.9)$$

- dimana,  $\sigma_u$  : kuat lentur beton ( $\text{kg/cm}^2$ )  
 F : beban maksimum (kg)  
 l : jarak antara tumpuan (cm)  
 b : lebar balok (cm)  
 h : tinggi balok (cm)

#### 4.5 Flow Chart Metode Penelitian

Untuk mempermudah penjelasan diatas maka penelitian ini dapat disajikan dalam bentuk bagan alir (*flow chart*) sebagaimana ditunjukkan di bawah ini:



Gambar 4.3  
*Flow Chart Metode Penelitian*



#### 4.6 Keaslian Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan menambahkan kawat bendrat sepanjang 9 cm merupakan jenis *steels fiber* ke dalam adukan beton dengan konsentrasi penambahan 0%, 1%, 2%, dan 3% dari berat adukan beton. Untuk mengurangi terjadinya *balling effect* akibat penambahan *fiber* kawat bendrat maka perlu ditambahkan zat *additive* berupa *superplasticizer* yang akan menyebabkan beton menjadi lebih mudah dikerjakan sehingga *fiber dispersion* akan semakin mudah dan lebih merata. Pada penelitian ini jumlah penambahan *superplasticizer* ditetapkan sebesar 0% dan 1% dari berat semen adukan beton.

## BAB V

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 5.1 Umum

Pengkajian terhadap kuat tekan, kuat tarik, dan kuat lentur beton yang diperbaiki oleh adanya penambahan *fiber* dilakukan dengan menggunakan benda-benda uji berskala kecil. Dengan mengikuti prosedur yang berlaku diharapkan benda-benda uji tersebut cukup mewakili sifat-sifat beton yang diselidiki.

Pada dasarnya beton yang *brittle* akan tertingkatkan kekuatannya oleh adanya *fiber* karena retak-retak yang sering terjadi pada beton akan ditahan oleh kuat tarik yang dimiliki oleh *fiber* tersebut, sehingga pada daerah beton yang sudah retak peranan kuat *fiber* akan sangat dominan. Retak yang terjadi pada beton tersebut ditahan oleh *fiber* dengan dua cara yaitu lekatan antara *fiber* dengan pasta semen (*bond strength*) dan kekuatan dari *fiber* itu sendiri. Bentuk geometri *fiber* yang lurus tanpa kait mengakibatkan *pull out resistance* hanya mengandalkan pada lekatan antara *fiber* dengan betonnya.

Pada tampang pecah banyak sekali terlihat *fiber* yang tercabut dari beton dengan posisi *fiber* sembarang (*random*). Begitu pula dengan panjang *fiber* tercabut serta posisi *retak* yang tidak teratur. Perbandingan jumlah *fiber* pada tampang pecah sudah cukup proporsional paling tidak untuk konsentrasi *fiber* 1%, 2%, dan 3% sehingga teknik pencampuran dan pengadukan beton *fiber* sudah relatif baik.

## 5.2 Workability

Pada penelitian ini beton normal sebelum ditambahkan *fiber* kawat bendrat dan *superplasticizer* ditetapkan memiliki nilai *slump* sebesar 60 - 180 mm dengan faktor air semen sebesar 0.41.

Selama proses pengadukan, adanya penambahan *fiber* ke dalam adukan akan mempersulit proses pengerjaan beton. Hal tersebut dapat dilihat dari penurunan nilai *slump* akibat adanya penambahan *fiber* sebagaimana tersaji pada tabel 5.1 di bawah ini:

Tabel 5.1  
 Nilai *Slump* Adukan Beton Akibat  
 Penambahan *Fiber* Kawat Bendrat dan *Superplasticizer*

No.	Kode Benda Uji	Variasi Penambahan		<i>Slump</i> mm
		KB	SP	
1	BN	0%	0%	120
2	KB 1%	1%	0%	85
3	KB 2%	2%	0%	50
4	KB 3%	3%	0%	20
5	KB 1% SP	1%	1%	260
6	KB 2% SP	2%	1%	200
7	KB 3% SP	3%	1%	150

Keterangan

- BN : Beton Normal
- KB : Kawat Bendrat
- SP : *Superplasticizer*

Dari tabel di atas terlihat bahwa dengan semakin meningkatnya konsentrasi penambahan *fiber* kawat bendrat akan semakin menurunkan nilai *slump*, dengan demikian dapat disimpulkan bahwa penambahan *fiber* kawat bendrat akan menurunkan kelecakan adukan sangat besar, sehingga akan mempersulit proses, pengadukan, pengangkutan, dan pengecoran beton. Hal

tersebut disebabkan sifat adhesi *fiber* kawat bendrat akan mengikat semen yang dapat menyebabkan *balling effect* sehingga semen tidak berfungsi maksimal sebagai pengikat agregat pada adukan beton. Pada proses pengadukan belum nampak terjadi *balling effect* (*fiber* yang ditambahkan cenderung menggumpal menjadi satu) yang cukup berarti, walaupun pada penambahan *fiber* 3% tanpa *superplasticizer* ada sebagian kecil *fiber* yang nampak mulai menggumpal. Hal tersebut dimungkinkan karena aspek rasio *fiber* sebesar 91.837 sudah mendekati batas kritis (100) sehingga *fiber* sudah mulai sulit disebarkan oleh alat pengaduk beton. Sesuai dengan rumus ( 2.4 ) dan ( 2.5 ) maka berat *fiber* yang akan menyebabkan adukan mulai sulit dan tidak mungkin diaduk adalah:

$$\begin{aligned} PW_{crit} &= 75 \frac{\pi \gamma_f}{\gamma_c} \frac{d}{l} K \\ &= 75 \frac{\pi 4.72}{2.4} \frac{0.98}{90} K \\ &= 5.04778 K \end{aligned}$$

dimana

$$\begin{aligned} K &= \frac{W_m}{W_m + W_a} \\ &= \frac{550 + 225 + 625}{795 + 550 + 225 + 625} \\ &= 0.63781 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{sehingga } PW_{crit} &= 5.04778 \times 0.63781 \\ &= 3.21952 \% \text{ (terhadap adukan beton)} \end{aligned}$$

Berat adukan beton ( $W_c$ ) untuk tiap pengujian menggunakan benda uji silinder adalah 70.08 kg, sehingga berat kandungan *fiber* kritis adalah sebesar :

$$\begin{aligned} W_{fb} &= 3.28391\% \times 70.08 \text{ kg} \\ &= 2.30135 \text{ kg} \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas dapat disimpulkan bahwa penambahan *fiber* sebesar 3% dari adukan beton atau seberat 2.1024 kg ( $3\% \times 70.08 \text{ kg}$ ) sudah hampir mendekati batas kritis kemudahan dalam proses pengadukan beton.

Penambahan *superplasticizer* pada adukan beton sebesar 1% dari berat semen, secara drastis menaikkan nilai *slump* pada konsentrasi *fiber* yang sama sebagaimana tersaji pada Tabel 5.1 dan Gambar 5.1 sehingga pada saat pengadukan *fiber* dapat terdistribusi dengan baik.



Gambar 5.1  
Grafik Hubungan Antara Kandungan *Fiber* Dengan Nilai *Slump*

### 5.3 Kuat Tekan

Sebagaimana ditunjukkan dalam tabel 5.2 dan serta gambar 5.2, penambahan *fiber* kawat bendrat ke dalam adukan beton akan meningkatkan kuat tekannya. Hal tersebut dimungkinkan karena *fiber* kawat bendrat dalam beton akan membatasi ukuran retak sehingga keruntuhan beton akan lebih lama karena tertahan oleh kuat lekatan (*bond strength*) antara *fiber* kawat bendrat dan beton. Peningkatan kuat tekan terbesar terjadi pada konsentrasi penambahan *fiber* sebesar 3% dari berat adukan beton dan *superplasticizer* sebesar 1% dari berat semen, yaitu sebesar 37.450%.

Contoh penghitungan untuk mencari kuat tekan benda uji beton silinder sebagaimana tersaji dalam Tabel 5.2 adalah sebagai berikut:

Dari data pengamatan dan pengujian benda uji BN-1 (Beton Normal) didapat:

$$F = 640 \text{ KN}$$

$$= 64000 \text{ kg}$$

$$d = 14.960 \text{ cm}$$

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

$$= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (14.960 \text{ cm})^2$$

$$= 175.684 \text{ cm}^2$$

$$\sigma_{tk} = \frac{F}{A}$$

$$= \frac{64000}{175.684}$$

$$= 364.28990 \text{ kg/cm}^2$$

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

Adapun contoh penghitungan untuk persentase penambahan kuat tekan dengan atau tanpa zat *additive superplasticizer* terhadap beton normal sebagaimana dapat dilihat pada tabel 5.3 dan 5.4 adalah sebagai berikut:

Dari tabel 5.2 didapatkan data:

$$\begin{aligned} \text{Kuat tekan BN} &= 364.18003 \text{ kg/cm}^2 \\ \text{Kuat tekan BN + KB 1\%} &= 425.67944 \text{ kg/cm}^2 \\ \text{Penambahan Kuat tekan} &= \frac{(425.67944 - 364.18003)}{364.18003} 100\% \\ &= 16.887\% \end{aligned}$$

demikian seterusnya untuk variabel yang berbeda dengan pengurang dan pembagi tetap yaitu kuat tekan beton normalnya.

Sedangkan untuk penghitungan tabel 5.5 didapatkan dari penambahan kuat tekan beton *fiber* dengan *superplasticizer* terhadap kuat tekan beton *fiber* tanpa *superplasticizer*. Contoh penghitungan untuk tabel 5.5 dapat disajikan sebagai berikut:

Dari tabel 5.3 dan tabel 5.4 didapatkan data:

$$\begin{aligned} \text{Kuat tekan beton BN + KB 1\%} &= 425.67944 \text{ kg/cm}^2 \\ \text{Kuat tekan beton BN + KB 1\% + SP} &= 437.41005 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Penambahan kuat tekan akibat zat *additive superplasticizer* adalah sebesar

$$= \frac{(437.41005 - 425.67944)}{425.67944} 100\%$$

$$= 2.756 \%$$

Tabel 5.2  
Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

No.	Variasi Penambahan		Kuat Tekan (kg/cm <sup>2</sup> )
	KB	SP	
1	0%	0%	364.18003
2	1%	0%	425.67944
3	2%	0%	467.08792
4	3%	0%	490.22080
5	1%	1%	437.41005
6	2%	1%	476.65026
7	3%	1%	500.56407

Tabel 5.3  
Persentase Perubahan Kuat Tekan Beton *Fiber* Tanpa *Superplasticizer*  
Terhadap Beton Non *Fiber*

No.	Kode Benda Uji	Kuat Tekan	Penambahan
		(kg/cm <sup>2</sup> )	(%)
1	BN	364.18003	0
2	BN + KB 1%	425.67944	16.887
3	BN + KB 2%	467.08792	28.257
4	BN + KB 3%	490.22080	34.609

Tabel 5.4  
Persentase Perubahan Kuat Tekan Beton *Fiber* Dengan *Superplasticizer*  
Terhadap Beton Non *Fiber*

No.	Kode Benda Uji	Kuat Tekan	Penambahan
		(kg/cm <sup>2</sup> )	(%)
1	BN	364.18003	0
2	BN -- KB 1% + SP	437.41005	20.108
3	BN -- KB 2% + SP	476.65026	30.883
4	BN -- KB 3% + SP	500.56407	37.450



Tabel 5.5  
 Persentase Perubahan Kuat Tekan Beton *Fiber*  
 Akibat Penambahan *Superplasticizer*

No.	Variasi Fiber	Kuat Tekan Beton Fiber	Kuat Tekan Beton Fiber-SP	Penambahan
		(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )	(%)
1	1%	425.67944	437.41005	2.756
2	2%	467.08792	476.65026	2.047
3	3%	490.22080	500.56407	2.110
<b>Penambahan Rata-Rata</b>				2.304

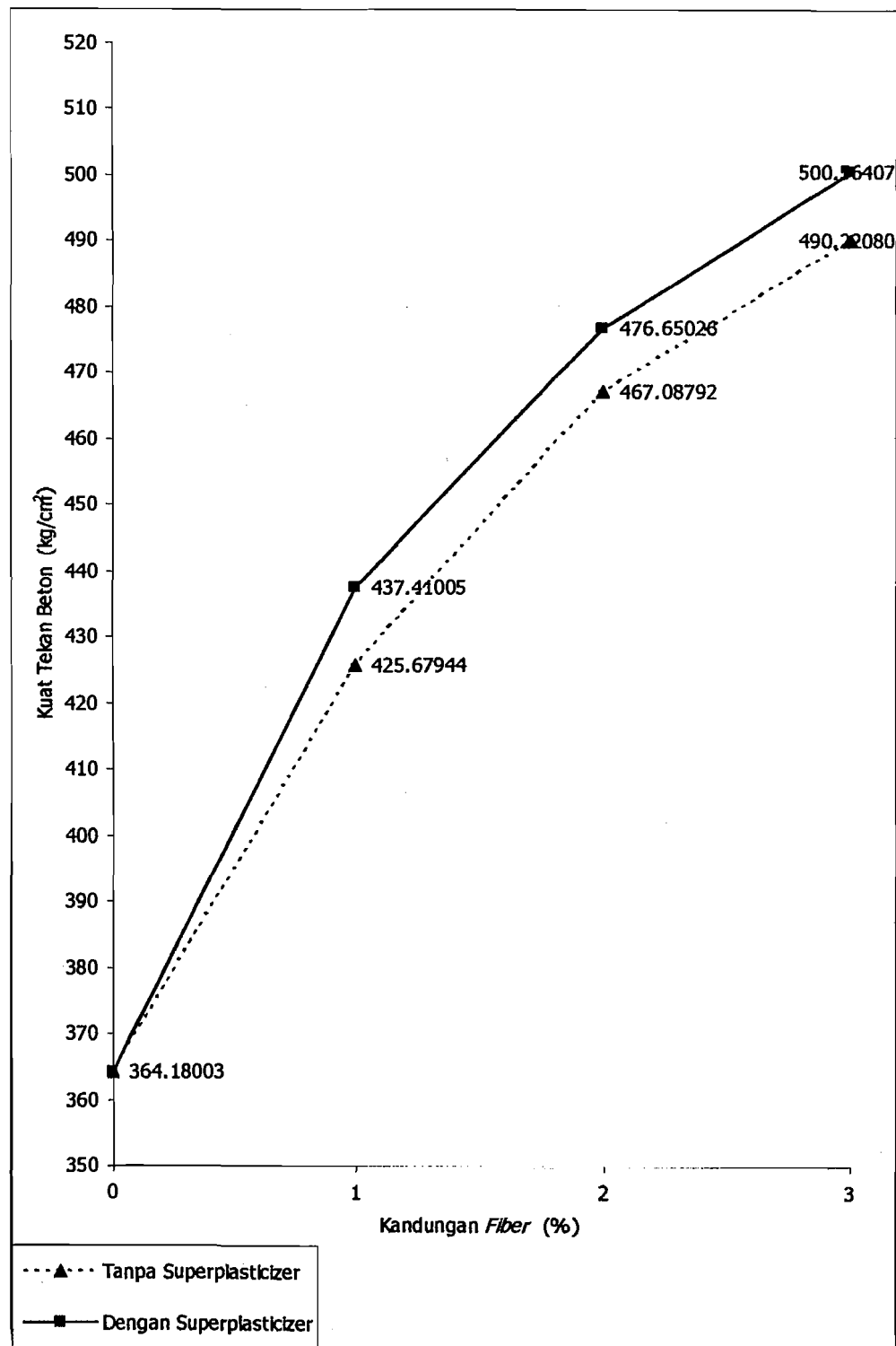
Dari Tabel 5.3 dan Tabel 5.4 dapat dilihat bahwa seiring dengan penambahan konsentrasi *fiber* kawat bendrat akan semakin meningkatkan kuat tekan beton tersebut. Pada tampang pecah dan retak terlihat bahwa benda uji beton non *fiber* memiliki ukuran retak yang cukup besar dan arah retak yang relatif beraturan. Sedangkan untuk benda uji beton *fiber*, ukuran retak relatif kecil dan arah retak yang sembarang. Hal tersebut disebabkan oleh orientasi random dari sebaran *fiber* akan dapat menghalangi ukuran retak yang berlebihan akibat pembebanan.

Pada tabel 5.5 dapat dilihat bahwa penggunaan *superplasticizer* akan meningkatkan kuat tekan beton *fiber* rata-rata sebesar 2.304%. Peningkatan terbesar dicapai pada kandungan *fiber* 1% yaitu sebesar 2.756%, selanjutnya pada kandungan *fiber* 3% sebesar 2.110%, dan terakhir adalah kandungan *fiber* 2% sebesar 2.047%. Peningkatan kuat tekan akibat adanya penambahan *superplasticizer* ini dimungkinkan terjadi karena semakin meratanya *fiber dispersion* pada adukan beton sehingga *fiber* berfungsi layaknya tulangan pada beton.

Hasil yang sama ditunjukkan oleh *Rahayu dan Trihandoko* (1996) dengan menggunakan benda uji kubus 15 x 15x 15 (cm) dan jenis *steel fibers* berupa kawat bendrat yang dipotong sepanjang 5 cm mendapatkan hasil peningkatan kuat tekan sebesar 22.0036% dan 36.1554% dari kuat tekan beton normal untuk konsentrasi penambahan *fiber* sebesar 2% dan 3% dari berat betonnya.

Penelitian yang dilakukan oleh *Santosenengtyas* (1991) dengan menggunakan benda uji silinder diameter 15 cm dan tinggi 30 cm juga menunjukkan peningkatan kuat tekan sebesar 27.090% dari beton normal pada penambahan *fiber* kawat bendrat panjang 5 cm dengan orientasi penyebaran random sebesar 1.25% dari berat betonnya.

Dengan membandingkan hasil-hasil penelitian sebelumnya didapatkan kesimpulan bahwa penambahanan *fiber* kawat bendrat akan meningkatkan kuat tekan beton.



Gambar 5.2  
Grafik Hubungan Kuat Tekan Silinder Beton  
Pada Tiap Kenaikan Kandungan *Fiber*

#### 5.4 Kuat Tarik

Pengujian kuat tarik dilakukan dengan metode uji belah silinder (*tensile splitting cylinder test*). Peningkatan kuat tarik tertinggi sebesar 67.297% sebagaimana tersaji dalam tabel 5.5 dan Tabel 5.7 dicapai oleh beton dengan kandungan *fiber* sebesar 3% dari berat adukan beton dengan penambahan *superplasticizer* sebesar 1% dari berat semen.

Adapun contoh penghitungan untuk mencari kuat tarik benda uji beton silinder sebagaimana tersaji dalam Tabel 5.6 dengan menggunakan rumus ( 4.4 ) adalah sebagai berikut:

Dari data pengamatan dan pengujian benda uji BN-1 (Beton Normal) didapat:

$$F = 230 \text{ KN}$$

$$= 23000 \text{ kg}$$

$$l = 30.000 \text{ cm}$$

$$d = 14.980 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{tr} &= \frac{2 F}{\pi l d} \\ &= \frac{2 \cdot 23000}{\pi \cdot 30 \cdot 14.980} \\ &= 32.59831 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

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

Adapun untuk penghitungan Tabel 5.7, Tabel 5.8, dan Tabel 5.9 sama seperti penghitungan secara berurutan untuk Tabel 5.3, Tabel 5.4, dan Tabel 5.5.

Tabel 5.6  
Hasil Pengujian Kuat Tarik

No.	Variasi Penambahan		Kuat Tarik (kg/cm <sup>2</sup> )
	KB	SP	
1	0%	0%	32.34189
2	1%	0%	40.35611
3	2%	0%	46.21567
4	3%	0%	50.75478
5	1%	1%	42.94993
6	2%	1%	47.35727
7	3%	1%	54.10710

Tabel 5.7  
Persentase Perubahan Kuat Tarik Beton *Fiber* Tanpa *Superplasticizer*  
Terhadap Beton Non *Fiber*

No.	Kode Benda Uji	Kuat Tarik	Penambahan
		(kg/cm <sup>2</sup> )	(%)
1	BN	32.34189	0
2	BN + KB 1%	40.35611	24.780
3	BN + KB 2%	46.21567	42.897
4	BN + KB 3%	50.75478	56.932

Tabel 5.8  
Persentase Perubahan Kuat Tarik Beton *Fiber* Dengan *Superplasticizer*  
Terhadap Beton Non *Fiber*

No.	Kode Benda Uji	Kuat Tarik	Penambahan
		(kg/cm <sup>2</sup> )	(%)
1	BN	32.34189	0
2	BN + KB 1% + SP	42.94993	32.800
3	BN + KB 2% + SP	47.35727	46.427
4	BN + KB 3% + SP	54.10710	67.297

Tabel 5.9  
 Persentase Perubahan Kuat Tarik Beton *Fiber*  
 Akibat Penambahan *Superplasticizer*

No.	Variasi Fiber	Kuat Tekan Beton Fiber	Kuat Tarik Beton Fiber SP	Penambahan
		(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )	(%)
1	1%	40.35611	42.94993	6.427
2	2%	46.21567	47.35727	2.470
3	3%	50.75478	54.10710	6.605
<b>Penambahan Rata-Rata</b>				5.167

Sejalan dengan kenaikan kandungan *fiber* menunjukkan kuat tarik beton *fiber* semakin meningkat (tabel 5.6 dan gambar 5.3). Kenaikan kuat tarik beton tersebut disebabkan semakin tinggi konsentrasi penambahan *fiber* berarti jumlah *fiber* tiap satuan volume untuk menahan tarikan akan meningkat, sehingga untuk konsentrasi *fiber* tinggi beton *fiber* akan lebih mampu menahan tarikan.

Penambahan *superplasticizer* pada adukan beton akan mengakibatkan kenaikan nilai *slump* beton *fiber* sehingga adukan beton lebih mudah dikerjakan. Dengan semakin mudahnya pengerjaan adukan beton maka *fiber* dalam beton *fiber* dapat tersebar merata pada seluruh bagian beton sehingga akan berfungsi layaknya tulangan yang mampu menahan tarik.

Pada pengujian kuat tarik ini silinder beton akan pecah/retak searah dengan panjang silinder. Pada pengujian kuat tarik beton non *fiber*, pecahnya benda uji terjadi secara tiba-tiba tanpa suatu tanda awal dengan diiringi bunyi letusan. Benda uji terbelah sempurna dan tiap bagian akan rebah ke samping. Hasil berbeda ditunjukkan oleh beton *fiber*, yaitu benda uji silinder akan retak secara perlahan karena energi tarikan akan ditahan oleh *fiber* yang ada didalam

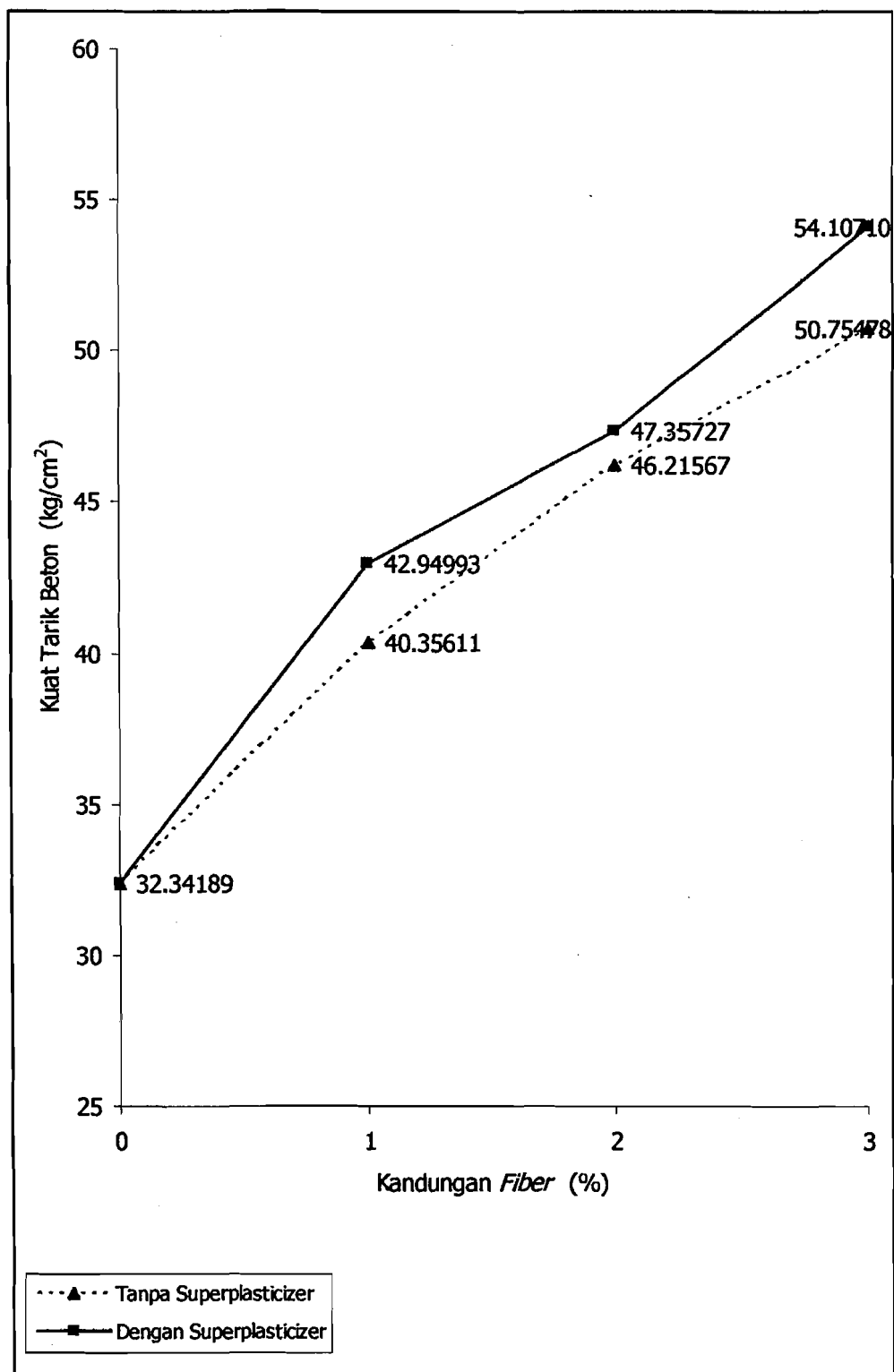
beton, sehingga retak benda uji tidak diiringi bunyi letusan. Pada benda uji beton *fiber*, *fiber* yang ada sudah mampu menahan tarikan sehingga tidak diperoleh belah yang sempurna dan pecahan silinder masih tetap dalam posisi bergandengan ditahan oleh *fiber* yang ada.

Pemeriksaan tampang pecah terlihat bahwa beberapa *fiber* tercabut dari betonnya dan ada sebagian yang terputus. Hal ini menunjukkan bahwa kuat tarik serat kawat bendrat mampu menahan tegangan tarik yang terjadi, sedang retak/pecahnya benda uji silinder diakibatkan oleh karena tegangan lekat (*bond strength*) antara *fiber* dengan beton serta kuat tarik yang dimiliki *fiber* kawat bendrat telah dilampaui oleh tegangan tarik akibat pembebanan.

Pengujian yang dilakukan oleh *Santosenengtyas* (1991) juga memperlihatkan peningkatan kuat tarik akibat adanya penambahan *fiber* kawat bendrat sepanjang 5 cm tanpa pembengkokan dikedua ujungnya. Konsentrasi penambahan *fiber* sebesar 0.5%, 0.75%, 1.0%, dan 1.25% dari berat betonnya akan meningkatkan kuat tarik beton sebesar 2.106%, 3.855%, 13.767%, dan 28.831% terhadap kuat tarik beton normalnya.

Demikian halnya yang pada penelitian yang dilakukan oleh *Suhendro* (1997) dalam *Yulianto dan Hamdi* (2000) memberikan hasil adanya peningkatan sebesar 52% pada beton *fiber* dengan konsentrasi penambahan sebesar 0.7% dari berat betonnya.

Merujuk dari dua penelitian di atas dapat diberikan kesimpulan bahwa penambahan *fiber* kawat bendrat akan meningkatkan kuat tarik beton seiring dengan penambahan konsentrasi *fiber* kawat bendrat dalam betonnya..



Gambar 5.3  
Grafik Hubungan Kuat Tarik Beton Pada Tiap Kenaikan Kandungan *Fiber*



## 5.5 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 di tengah-tengah bentang.

Pada pengujian balok uji beton non *fiber*, pada saat beban mencapai maksimum dan terjadi retak pertama maka balok akan segera runtuh. Sedangkan pada balok uji beton *fiber*, secara umum beban masih dapat meningkat setelah terjadi retak pertama meskipun peningkatan tersebut tidak begitu besar. Keruntuhan akan terjadi secara perlahan diawali suatu retak kecil yang makin lama makin bertambah besar. Adapun keruntuhan balok uji beton *fiber* tidak terjadi secara total karena retak-retak akan tertahan oleh serat kawat bendrat yang ada.

Hasil pengujian kuat lentur sebagaimana ditunjukkan oleh Tabel 5.10 dan Gambar 5.4 bahwa peningkatan kuat lentur balok uji beton seiring dengan naiknya konsentrasi *fiber* terhadap adukan beton. Kenaikan lebih tinggi didapat pada balok uji beton *fiber* dengan tambahan zat *additive superplasticizer* sebesar 1% dari berat semen.

Penambahan *superplasticizer* akan meningkatkan nilai *slump* dan *workability* sehingga *fiber* dapat tersebar dengan merata pada setiap bagian balok uji beton. Dengan semakin tingginya konsentrasi *fiber* terhadap adukan beton maka jumlah *fiber* tiap satuan volume akan semakin tinggi pula sehingga akan lebih mampu menahan kuat lentur yang terjadi.

Adapun contoh penghitungan untuk mencari kuat lentur benda uji balok beton sebagaimana tersaji dalam Tabel 5.10 digunakan rumus ( 4.5 ) adalah sebagai berikut:

Dari data pengamatan dan pengujian benda uji BN-1 (Beton Normal) didapat:

$$F = 1702.5 \text{ kg}$$

$$L = 30.00 \text{ cm}$$

$$b = 9.90 \text{ cm}$$

$$h = 10.50 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{tr} &= \frac{F L}{b h^2} \\ &= \frac{1702.5 \cdot 30}{9.90 (10.50)^2} \\ &= 46.79448 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

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

Adapun untuk penghitungan Tabel 5.11, Tabel 5.12, dan Tabel 5.13 sama seperti penghitungan secara berurutan untuk Tabel 5.3, Tabel 5.4, dan Tabel 5.5.

Tabel 5.10  
Hasil Pengujian Kuat Lentur

No.	Variasi Penambahan		Kuat Lentur (kg/cm <sup>2</sup> )
	KB	SP	
1	0%	0%	47.42903
2	1%	0%	56.00569
3	2%	0%	61.14537
4	3%	0%	66.44269
5	1%	1%	59.35838
6	2%	1%	63.91476
7	3%	1%	72.09465

Tabel 5.11  
Persentase Penambahan Kuat Lentur Beton *Fiber* Tanpa *Superplasticizer*  
Terhadap Beton Non *Fiber*

No.	Kode: Benda Uji	Kuat Lentur	Penambahan
		(kg/cm <sup>2</sup> )	(%)
1	BN	47.42903	0
2	BN + KB 1%	56.00569	18.083
3	BN + KB 2%	61.14537	28.920
4	BN + KB 3%	66.44269	40.089

Tabel 5.12  
Persentase Penambahan Kuat Lentur Beton *Fiber* Dengan *Superplasticizer*  
Terhadap Beton Non *Fiber*

No.	Kode: Benda Uji	Kuat Lentur	Penambahan
		(kg/cm <sup>2</sup> )	(%)
1	BN	47.42903	0
2	BN + KB 1% + SP	59.35838	25.152
3	BN + KB 2% + SP	63.91476	34.759
4	BN + KB 3% + SP	72.09465	52.005

Tabel 5.13  
 Persentase Perubahan Kuat Lentur Beton *Fiber*  
 Akibat Penambahan *Superplasticizer*

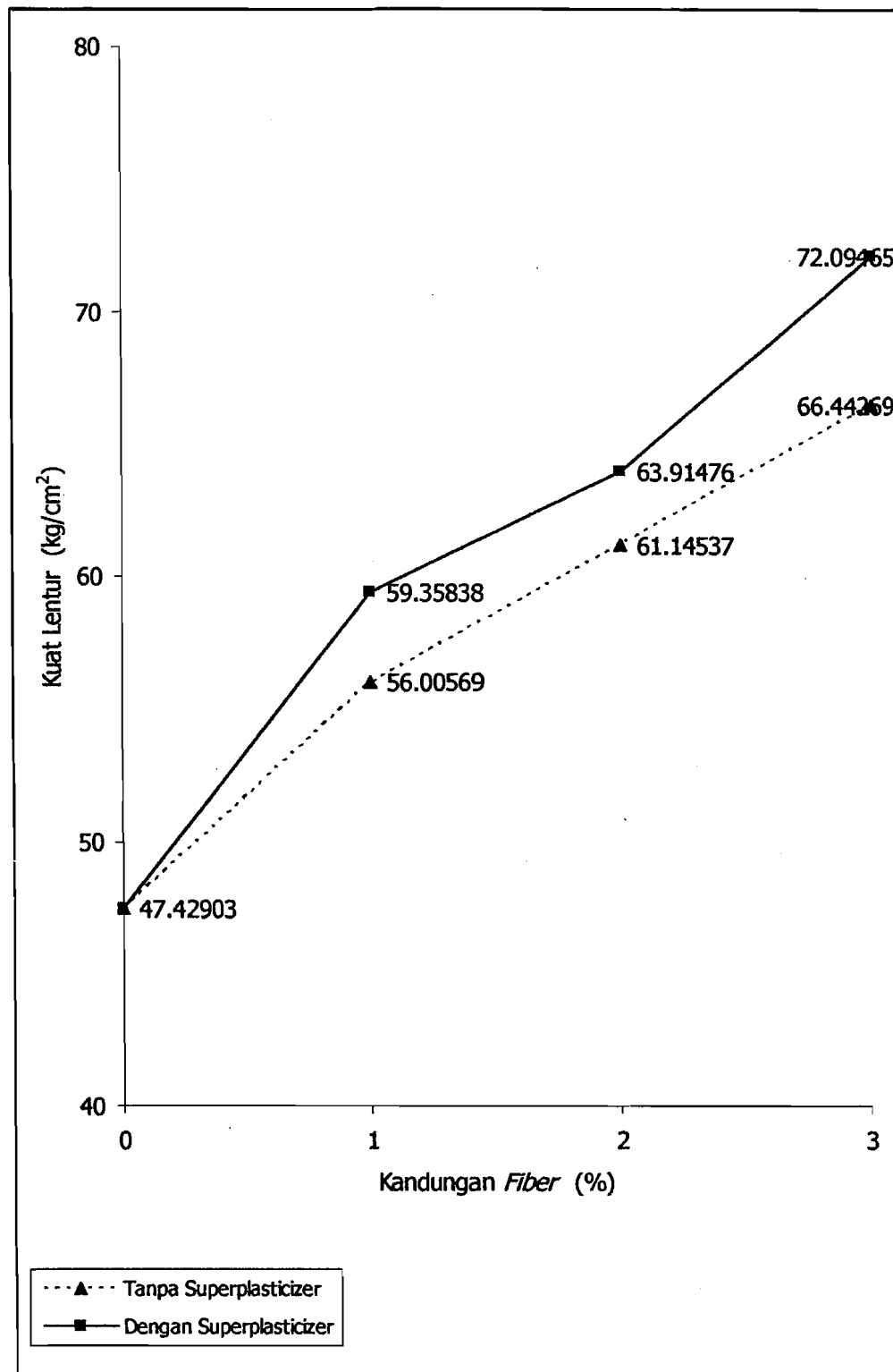
No.	Variasi Fiber	Kuat Tekan Beton Fiber	Kuat Lentur Beton Fiber SP	Penambahan
		(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )	(%)
1	1%	56.00569	59.35838	5.986
2	2%	61.14537	63.91476	4.529
3	3%	66.44269	72.09465	8.507
<b>Penambahan Rata-Rata</b>				<b>6.341</b>

Pada tampang pecah balok uji beton non *fiber*, retakan yang terjadi hampir tepat di tengah-tengah bentang. Adapun balok uji beton *fiber*, retakan yang terjadi tidak pasti tepat di tengah-tengah bentang dan terlihat banyaknya *fiber* yang tercabut dan terputus dengan panjang yang bervariasi. Hal tersebut menunjukkan bahwa posisi retakan pada beton *fiber* sangat ditentukan oleh posisi *fiber* dalam beton.

*Santosenengtyas* (1991) memberikan kesimpulan bahwa dengan adanya penambahan *fiber* kawat bendrat beraspek rasio 32.34 ke dalam adukan beton sebesar 0.5%, 0.75%, 1.0%, dan 1.25% dari berat adukan beton akan meningkatkan kuat lentur beton sebesar 1.007%, 1.405%, 5.034%, dan -3.146% terhadap beton normalnya.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan *fiber* kawat bendrat sebesar 1%, 2%, dan 3% dari berat beton akan meningkatkan kuat lentur beton sebesar 18.083%, 28.920%, dan 40.089% dari beton normalnya.

Penurunan yang terjadi pada penelitian yang dilakukan oleh Santosonengtyas (1991) dimungkinkan semakin sulitnya penyebaran *fiber* karena semakin tingginya konsentrasi *fiber*. Hal lain yang menyebabkan semakin sulitnya penyebaran *fiber* tersebut juga karena nilai *slump* yang digunakan dalam perencanaan hanya berkisar 30 – 60 mm sehingga saat ditambahkan *fiber* kawat bendrat dengan konsentrasi 1.25% dari berat beton sudah menyebabkan *balling effect* yang akan mempersulit proses pendistribusian *fiber* kawat bendrat pada adukan beton. Namun demikian aspek rasio *fiber* pada penelitian Santosonengtyas (1991) hanya 32.34, seharusnya berdasarkan teori yang dikemukakan Brigg, dkk (1974) masih relatif mudah dalam pengerjaannya walaupun tidak akan terjadi ikatan yang baik dengan betonnya serta dapat dipencarkan oleh suatu getaran, sehingga dapat dikatakan bahwa proses pengerjaan (pengadukan, pengangkutan, dan pengecoran) benda uji kurang sempurna.



Gambar 5.4  
Grafik Hubungan Kuat Lentur Beton Pada Tiap Kenaikan Kandungan *Fiber*

## 5.6 Modulus Elastisitas

Kemampuan bahan untuk menahan beban yang didukung dan perubahan bentuk (deformasi) yang terjadi sangat tergantung pada sifat tegangan dan regangannya. Secara teoritis penambahan *fiber* ke dalam adukan beton akan meningkatkan kekakuan beton, yaitu ketahanan terhadap perubahan bentuk. Hal ini dapat ditunjukkan dengan semakin meningkatnya modulus elastisitas pada diagram tegangan-regangan beton *fiber*.

Hasil yang diperoleh dalam penelitian ini menunjukkan bahwa akibat penambahan *fiber* ke dalam adukan akan meningkatkan nilai modulus elastisitas meskipun peningkatan yang terjadi tidak begitu besar. Modulus elastisitas terbesar dicapai oleh kandungan *fiber* 2% dengan tambahan *superplasticizer*, yaitu sebesar 167865.057 kg/cm<sup>2</sup>.

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

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

Untuk benda uji beton *fiber* kawat bendrat 1% - 1 (KB 1% - 1) didapatkan data

$$\sigma_{maks} : 433.17431 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{maks \frac{1}{2}} : 216.58716 \text{ kg/cm}^2$$

$$\varepsilon_{\frac{1}{2}} : 1.37333 \times 10^{-3}$$

$$\begin{aligned}
 E &= \frac{\frac{1}{2}\sigma_{maks}}{\epsilon_{\frac{1}{2}}} \\
 &= \frac{216.58716}{1.37333 \times 10^{-3}} \\
 &= 157709.476
 \end{aligned}$$

dari ketiga benda uji dicari masing-masing nilai modulus elastisitasnya kemudian dirata-rata sehingga didapatkan modulus elastisitas benda uji pada variabel tersebut.

Tabel 5.14  
Modulus Elastisitas Beton

No.	Variasi Penambahan		Modulus Elastisitas (kg/cm <sup>2</sup> )
	KB	SP	
1	0%	0%	137723.940
2	1%	0%	155538.554
3	2%	0%	164373.526
4	3%	0%	163251.490
5	1%	1%	159681.896
6	2%	1%	167865.057
7	3%	1%	161112.005



## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 6.1 Kesimpulan

Penambahan *fiber* kawat bendrat ke dalam adukan beton dengan bentuk geometri lurus, panjang 9 cm, dan beraspect rasio 91.84, serta *superplasticizer* sebesar 1% dari berat semen akan mempengaruhi sifat struktural dan *workability* beton. Dari hasil penelitian dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- a. Peningkatan kuat tekan optimal beton *fiber* tanpa *superplasticizer* diperoleh dari penambahan *fiber* kawat bendrat sebesar 3% dari berat adukan beton, yaitu sebesar 34.609% terhadap beton normalnya. Diperoleh hubungan bahwa semakin tinggi konsentrasi *fiber* kawat bendrat yang ditambahkan maka semakin tinggi pula nilai kuat tekannya.
- b. Akibat penambahan *superplasticizer* sebesar 1% dari berat semen terhadap beton *fiber* kawat bendrat, akan meningkatkan kuat tekan beton *fiber* secara optimal sebesar 2.756% dari kuat tekan beton *fibernya* pada konsentrasi penambahan *fiber* sebesar 1% dari berat adukan beton. Hal tersebut menunjukkan bahwa penambahan *superplasticizer* sebesar 1% dari berat semen ke dalam beton *fiber* akan meningkatkan kuat tekan beton *fiber*.
- c. Penambahan *fiber* kawat bendrat sebesar 3% dari berat adukan beton akan mendapatkan peningkatan kuat tarik beton terbesar yaitu 56.932% terhadap beton normalnya. Seperti halnya pada kuat tekan beton, peningkatan kuat

tarik sejalan dengan kenaikan konsentrasi *fiber* kawat bendrat yang ditambahkan.

- d. Peningkatan kuat tarik beton optimal akibat penambahan *superplasticizer* sebesar 1% dari berat semen ke dalam beton *fiber* kawat bendrat, didapat pada konsentrasi penambahan fiber sebesar 3% dari berat adukan beton, yaitu sebesar 6.605% terhadap kuat tarik beton *fiber* kawat bendrat. Dari data yang ada disimpulkan bahwa penambahan *superplasticizer* sebesar 1% akan meningkatkan kuat tarik beton *fiber*.
- e. Kuat lentur beton akan meningkat secara optimal sebesar 40.089% dari beton normalnya akibat adanya penambahan *fiber* kawat bendrat sebesar 3% dari berat adukan beton. Diperoleh hubungan bahwa kuat lentur beton akan meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi *fiber* kawat bendrat dalam adukan betonnya.
- f. Adanya penambahan *superplasticizer* sebesar 1% dari berat semen ke dalam beton *fiber* kawat bendrat dengan konsentrasi 3% dari berat adukan beton secara optimal akan meningkatkan kuat lentur sebesar 8.507% dari kuat lentur beton fibernya. Diperoleh hubungan bahwa penambahan *superplasticizer* sebesar 1% akan meningkatkan kuat lentur beton *fiber*.
- g. Adanya penambahan *fiber* kawat bendrat ke dalam adukan beton akan menjadikan beton menjadi lebih liat (*ductile*) sehingga mampu menahan tegangan tarik dan tegangan lentur lebih besar.

- h. Meskipun dapat memperbaiki *performance* beton, penambahan *fiber* akan menurunkan kelecikan adukan (*workability*) sejalan dengan bertambahnya konsentrasi *fiber*. Peningkatan kelecikan adukan dapat dilakukan dengan penambahan *superplasticizer* pada adukan beton.

## 6.2 Saran

Dengan adanya peningkatan dari sifat dan perilaku beton akibat adanya penambahan *fiber* kawat bendrat dan *superplasticizer* ke dalam adukan beton, ada beberapa saran yang diharapkan mampu melengkapi penelitian lebih lanjut, antara lain:

- a. Perlu pengkajian lebih lanjut terhadap pengaruh geometri *fiber* (misal pembengkokan dikedua ujung untuk memperbesar *pull out resistance*), pengaruh diameter agregat, dan jumlah kandungan pasir sehingga didapat nilai yang optimum untuk *fiber* kawat bendrat.
- b. Perlu adanya penelitian lebih lanjut terhadap kemungkinan pengurangan air akibat luas permukaan penambahan *fiber* kawat bendrat ke dalam adukan beton dengan mengkondisikan *fiber* kawat bendrat pada keadaan jenuh kering permukaan (*saturated surface dry*)
- c. Perlu pengkajian lebih lanjut terhadap penambahan konsentrasi *fiber* kawat bendrat terhadap berat adukan beton dengan tambahan *superplasticizer* sehingga didapat jumlah optimum penambahan *fiber* kawat bendrat terhadap berat adukan betonnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- ACI (American Concrete Institute) Committee 544, 1982, *State of The Art Report on Fiber Reinforced Concrete*, Concrete International (May), page 9 – 25.
- Anonim, 1998, *Panduan Praktikum Bahan Konstruksi Teknik*, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Anonim, 1982, *Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia (PUBI-1982)*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Pemukiman, Badan Penelitian dan Pengembangan Dinas Pekerjaan Umum, Bandung.
- British Standard Institution, 1983, *Method for Determation of Tensile Splitting Strength*, BS 1881 : Part 117.
- British Standard Institution, 1983, *Method for Determation of Flexural Strength*, BS 1881 : Part 118.
- Dipohusodo, Istimawan, 1994, *Struktur Beton Bertulang: berdasarkan SK SNI T-15-1991-03 Departemen Pekerjaan Umum RI*, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Djuhari., Lestijono, Hartadi., dan Kuswanto, Evan, 1994, *Teknik Menyusun Karya Tulis dan Sinopsis*, PT. Bina Ilmu, Surabaya.
- Edgington, J., Hannant, D. J., dan Williams, R. I. T., 1974, *Steel Fibers Reinforced Concrete*, Building Research Establishment, Current Paper CP 69/74, United Kingdom (UK).
- Gay, L. R., 1976, *Educational Research*, Charles E. Merrill Publishing Company, Columbus-Ohio.
- Jackson, N., dan Dhir, R. K., 1983, *Civil Engineering Materials*, Third Edition, Macmilan Publisher Ltd., England.
- Jati dan Bayu, 2000, *Karakteristik Beton Pasir Dengan Penambahan Serat Nylon*, Tugas Akhir Strata 1, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Jogjakarta.
- Martopo, dan Hadi, Yanuar, 1997, *Pengaruh Penambahan Fiber Kawat Strimin Terhadap Kuat Lentur Beton*, Tugas Akhir Strata 1, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Murdock, L. J., dan Brook, K. M., 1986, *Bahan dan Praktek Beton*, Erlangga, Jakarta

- Muzamil dan Budiono, 1994, *Pengaruh Pemakaian Bahan Tambah Super Plasticizer Terhadap Kuat Desak Beton*, Tugas Akhir Strata 1, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Narayan, R., dan Kareem – Palanjan, A. S., 1983, *Factors Influencing The Workability of Steel Fiber Reinforced Concrete*, Magazine of Concrete, No. 10/1982 and No. 2/1983, The Journal of The Concrete Society, London.
- Nilson, Arthur H., Winter, Goerge, 1991, *Design of Concrete Structures*, McGraw – Hill Book Corporation, Singapore.
- Oktavia, Lira dan Prasetyo, M. Eko, 2002, *Pengaruh Penggunaan Serat Plastik Nylon Dengan Variasi Diameter Dan Panjang Pada L/D Konstan Pada Kuat Tarik Beton*, Tugas Akhir Strata 1, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Jogjakarta.
- Rahayu, Tanjung dan Trihandoko, M. Nur, 1996, *Pengaruh Kawat Baja Lurus Dan Berkait Terhadap Kuat Lentur Dan Kuat Desak Beton Fiber*, Tugas Akhir Strata 1, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Ramakrishnan, V., 1988, *Material and Properties of Fiber Reinforced Concrete*, Magazine of Civil Engineering, No. 4/1988, American Concrete Institute, Detroit, Michigan.
- Rifai, Mien A., 2001, *Pegangan Gaya Penulisan, Penyuntingan, dan Penerbitan Karya Ilmiah Indonesia*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Santosenengtyas, Pratomo, 1991, *Pengaruh Penambahan Fiber Terhadap Sifat Struktural Beton*, Tugas Akhir Strata 1, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Sevilla, Consuelo G., Ochave, Jesus A., Regala, Bella P., dan Uriarte, Gabriel G., (diterjemahkan oleh Alimuddin Tuwu), 1993, *Pengantar Metode Penelitian*, Penerbit Universitas Indonesia (UI-Press), Jakarta.
- Sourosnian, P., dan Bayasi, Z., 1987, *Concept of Fiber Reinforced Concrete*, Proceeding of The International Seminar on Fiber Reinforced Concrete (February), Michigan..
- Sourosnian, P., Lee, C. D., dan Bayasi, Z., 1987, *Fiber Reinforced Concrete – Theoretical Concept and Structural Design*, Proceeding of The International Seminar on Fiber Reinforced Concrete (February), Michigan..

Sudarmoko, 1989, *The Effect of Fiber Reinforcements on The Structural Properties of Concrete Mixes*, M.Sc. Theses, University of Strathclyde, Glasgow.

Sukmawati, Erna dan Herawati, Ari, 2001, *Pengaruh Variasi Panjang Dan Prosentase Serat Terhadap Kuat Geser Pada Beton Bertulang*, Tugas Akhir Strata 1, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Suprianto dan Muhtadin, M. Ali, 1996, *Studi Komparasi Beton Serat Bendrat Dan Serat Plastik Pada Uji Lentur*, Tugas Akhir Strata 1, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Susetiarto, Rumpoko Hadi dan Priyatna, Erwin, 2003, *Pengaruh Variasi Penambahan Silica Fume Terhadap Kuat Desak Beton Pasca Bakar*, Tugas Akhir Strata 1, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Jogjakarta.

Swamy, R. N., dan Al – Noori, K., 1975, *Flexural Properties of Steel Fiber Reinforced Concrete*, Magazine of Concrete No. 6/1975, The Journal of The Concrete Society, London.

Tjokrodimuljo, Kardiyono, 1992, *Buku Ajar: Teknologi Beton*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Yulianto, M. Arif dan Hamdi, Fauzan, 2000, *Kuat Lentur Balok Beton Fiber Kawat Bendrat Pasca Bakar*, Tugas Akhir Strata 1, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Jogjakarta.

Website:

[http://www.egr.msu.edu/age/aenewsletter/ae\\_9\\_99/fiber\\_reinforced\\_concrete.htm](http://www.egr.msu.edu/age/aenewsletter/ae_9_99/fiber_reinforced_concrete.htm)

**LAMPIRAN I**

**DATA PEMERIKSAAN  
BERAT JENIS AGREGAT**

Alat-alat :

1. Gelas ukur kap 1000 ml
2. Timbangan ketelitian 0.01 gram
3. Piring, Sendok, Lap, dan lain-lain

$$BJ = \frac{W}{V_2 - V_1}$$

<b>AGREGAT HALUS</b>	<b>BENDA UJI I</b>	<b>BENDA UJI II</b>
Berat Agregat (W)	400 gram	400 gram
Volume Air (V1)	500 cc	500 cc
Volume Air + Agregat (V2)	670 cc	665 cc
Berat Jenis (BJ)	2.35294	2.42424
Berat Jenis Rata-Rata	<b>2.38859</b>	

<b>AGREGAT KASAR</b>	<b>BENDA UJI I</b>	<b>BENDA UJI II</b>
Berat Agregat (W)	400 gram	400 gram
Volume Air (V1)	500 cc	500 cc
Volume Air + Agregat (V2)	680 cc	675 cc
Berat Jenis (BJ)	2.22222	2.28571
Berat Jenis Rata-Rata	<b>2.25397</b>	



**LAMPIRAN 2**

**DATA PEMERIKSAAN  
BERAT VOLUME AGREGAT "SSD"**

Alat-alat :

1. Tabung silinder (Ø 15 cm dan tinggi 30 cm)
2. Tongkat penumbuk Ø 16 cm, panjang 60 cm
3. Timbangan kapasitas 20 kg
4. Kaliper
5. Serok/sekop, Lap, dan lain-lain

$$BJ = \frac{W_2 - W_1}{V}$$

<b>AGREGAT HALUS</b>	<b>BENDA UJI I</b>		<b>BENDA UJI II</b>	
Berat Tabung ( $W_1$ )	7.45	kg	7.30	kg
Berat Tabung + Agregat ( $W_2$ )	15.6	kg	15.30	kg
Volume Tabung ( $V$ )	5303.57143	cm <sup>3</sup>	5303.57143	cm <sup>3</sup>
Berat Volume (BV)	1.53670	t/m <sup>3</sup>	1.50842	t/m <sup>3</sup>
Berat Volume Rata-Rata	<b>1.52256 t/m<sup>3</sup></b>			

<b>AGREGAT KASAR</b>	<b>BENDA UJI I</b>		<b>BENDA UJI II</b>	
Berat Tabung ( $W_1$ )	7.35	kg	7.42	kg
Berat Tabung + Agregat ( $W_2$ )	15.45	kg	15.55	kg
Volume Tabung ( $V$ )	5303.57143	cm <sup>3</sup>	5303.57143	cm <sup>3</sup>
Berat Volume (BV)	1.52727	t/m <sup>3</sup>	1.53293	t/m <sup>3</sup>
Berat Volume Rata-Rata	<b>1.53010 t/m<sup>3</sup></b>			

**LAMPIRAN 3**

**DATA PEMERIKSAAN**  
**BERAT JENIS KAWAT BENDRAT**

Alat-alat :

1. Air raksa
2. Container Ring
3. Timbangan dengan tingkat ketelitian 0.02 gram
4. Kaca, Lap, dan lain-lain

$$V_{fb} = V_r = \frac{W_r}{\gamma_r}$$

$$\gamma_{fb} = \frac{W_{fb}}{V_{fb}}$$

	<b>BENDA UJI I</b>		<b>BENDA UJI II</b>	
Berat Jenis Air Raksa ( $\gamma_r$ )	13.6	gr/cm <sup>3</sup>	13.6	gr/cm <sup>3</sup>
Berat Air Raksa ( $W_r$ )	24.35	gr	25.20	gr
Volume Fiber ( $V_{fb}$ )	1.79044	cm <sup>3</sup>	1.85294	cm <sup>3</sup>
Berat Fiber ( $W_{fb}$ )	8.35	gr	8.85	gr
Berat Jenis Fiber ( $\gamma_{fb}$ )	4.66366	gr/cm <sup>3</sup>	4.77620	gr/cm <sup>3</sup>
Berat Jenis Fiber Rata-Rata	<b>4.71993 gr/cm<sup>3</sup></b>			

**LAMPIRAN 4**

## Modulus Halus Butir Agregat

### Hitungan Modulus Halus Butir Pasir

Saringan		Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Kumulatif (%)
No.	Ø Lubang Saringan			
1	40	0	0	0
2	20	0	0	0
3	10	0	0	0
4	4.75	48	4.8	4.8
5	2.36	75	7.5	12.3
6	1.18	185	18.5	30.8
7	0.60	210	21.0	51.8
8	0.30	284	28.4	80.2
9	0.15	174	17.4	97.6
10	Pan	24	2.4	-----
<b>Jumlah</b>		1000	100.0	277.5

$$\text{Modulus Butir Pasir} = \frac{277.5}{100} = 2.775 \approx 2.8$$

### Hitungan Modulus Halus Butir Kerikil

Saringan		Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Kumulatif (%)
No.	Ø Lubang Saringan			
1	40	0	0	0
2	20	0	0	0
3	10	455	45.5	45.5
4	4.75	525	52.5	98.0
5	2.36	20	2.0	100
6	1.18	0	0	100
7	0.60	0	0	100
8	0.30	0	0	100
9	0.15	0	0	100
10	Pan	0	0	-----
<b>Jumlah</b>		1000	100	643.5

$$\text{Modulus Butir Pasir} = \frac{643.5}{100} = 6.435 \approx 6.4$$

Hubungan antara Modulus Halus Butir Pasir, Modulus Halus Butir Kerikil, dan Modulus Halus Butir Campuran:

$$W = \frac{K - C}{C - P} \times 100\%$$

Dimana: W = Persentase berat pasir terhadap berat kerikil  
 K = Modulus Halus Butir Kerikil  
 P = Modulus Halus Butir Pasir  
 C = Modulus Halus Butir Campuran

Diambil: C = 5.0

$$W = \frac{6.4 - 5.0}{5.0 - 2.8} \times 100\% = 63.64\%$$

Persentase berat pasir terhadap berat kerikil adalah sebesar 63.64% atau perbandingan berat antara pasir dan kerikil adalah sebesar 63,64 : 100 atau 1 : 1.57

#### Hitungan Campuran Pasir dan Kerikil

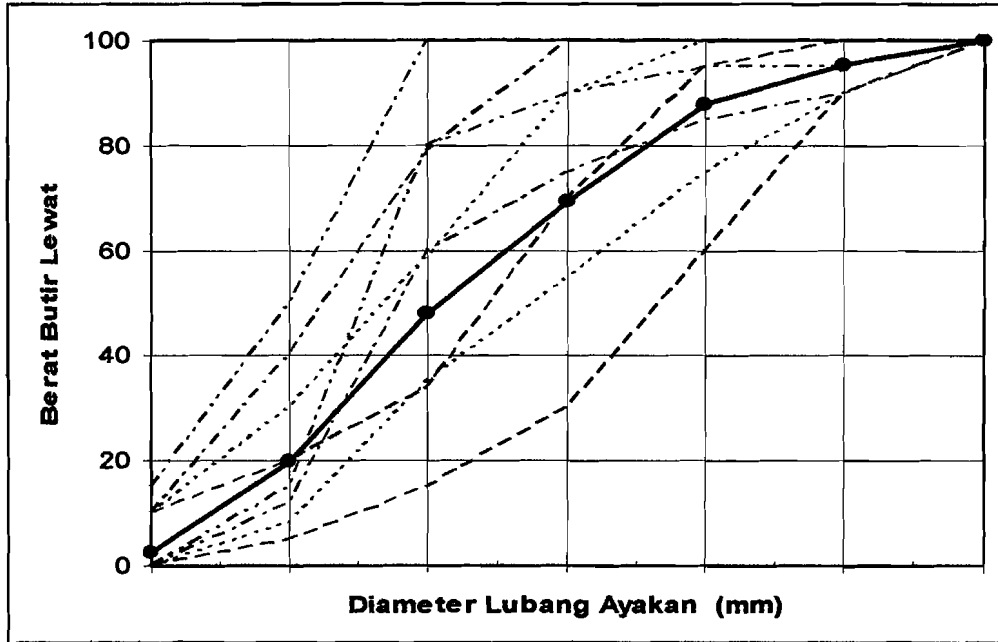
Lubang Ayakan (mm)	Berat Butir Lewat		(2) x P	(3) x K	(4) + (5)	(6) / (P + K)
	Pasir (%)	Kerikil (%)				
1	2	3	4	5	6	7
40	100	100	100	157	257	100
20	100	100	100	157	257	100
10	100	54.50	100	85.565	185.565	72.20428
4.75	95.20	2	95.20	3.140	98.340	38.26459
2.36	87.70	0	87.70	0	87.700	34.12451
1.18	69.20	0	69.20	0	69.200	26.92607
0.60	48.20	0	48.20	0	48.200	18.75486
0.30	19.80	0	19.80	0	19.800	7.70428
0.15	2.40	0	2.40	0	2.400	0.93385
Pan	0	0	0	0	0	0

**LAMPIRAN 5**

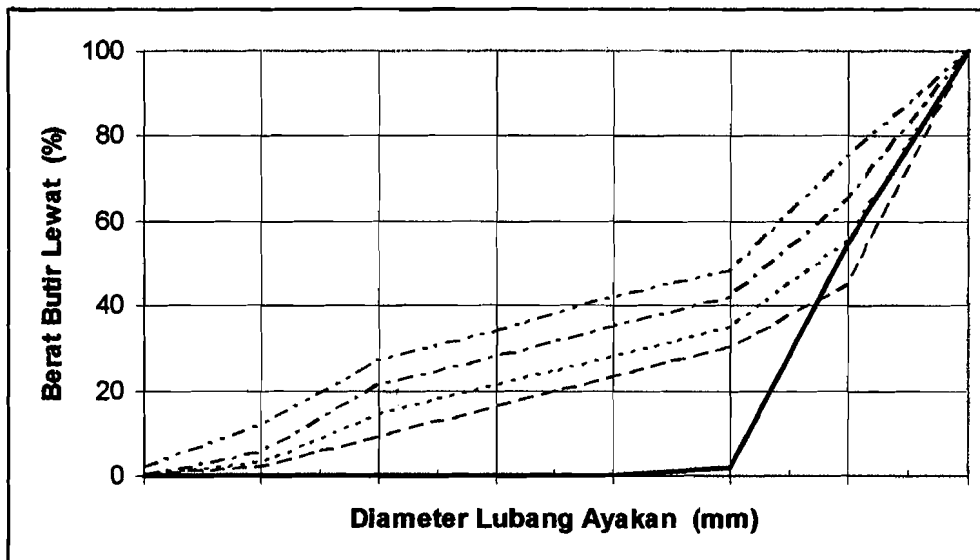


# GRADASI BUTIR AGREGAT

## Gradasi Butir Agregat Halus



## Gradasi Butir Agregat Kasar dengan D max 20 mm



**LAMPIRAN 6**

**Perhitungan Mix Design  
Dengan Metode British Standard**

No.	Uraian	
1	Kuat tekan yang disyaratkan ( $f_c$ ), pada umur 28 hari	: 30 MPa
2	Deviasi standar (s)	: 5.6 MPa
3	Nilai tambah (m)	: 9.184 MPa
4	Kuat tekan rata-rata yang direncanakan ( $f_{cr}$ )	: 39.184 MPa
5	Jenis Semen (biasa/cepat keras)	: Biasa
6	Jenis Agregat kasar (alami/batu pecah)	: Batu Pecah
	Jenis Agregat halus (alami/pecahan)	: Alami
7	Faktor Air Semen	: 0.41
8	Faktor Air Semen Maksimum	: 0.55
	>>> dipakai faktor air semen yang terendah	: 0.41
9	Nilai Slump	: 60 - 180 mm
10	Ukuran maksimum agregat kasar	: 20 mm
11	Kebutuhan air	: 225 ltr
12	Kebutuhan semen Portland	: 548.78 kg
13	Kebutuhan semen Portland minimum	: 325 kg
	>>> dipakai kebutuhan semen portland	: 548.78 kg
	>>> penyesuaian kebutuhan semend portland	: -
14	Daerah gradasi agregat halus (1/2/3/4)	: 2
15	Persen berat agregat halus terhadap agregat campuran	: 44 %
16	Berat jenis agregat campuran	: 2.4 t/m <sup>3</sup>
17	Berat jenis beton	: 2190 kg/m <sup>3</sup>
18	Kebutuhan agregat	: 1416.22 kg/m <sup>3</sup>
19	Kebutuhan agregat halus	: 623.1368 kg/m <sup>3</sup>
20	Kebutuhan agregat kasar	: 793.0832 kg/m <sup>3</sup>

Didapatkan perbandingan PC : Pasir : Kerikil : Air = 1 : 1.14 : 1.45 : 0.41

**Kebutuhan Bahan Penyusun Beton**

	Berat Kebutuhan Beton				
	Total	Semen	Air	Agregat Halus	Agregat Kasar
	kg	kg	kg	kg	kg
per m <sup>3</sup>	2190	550	225	625	795
per trial cylinder mix of 0.032 m <sup>3</sup>	70.08	17.6	7.2	20	25.44
per trial beam mix of 0.015 m <sup>3</sup>	32.85	8.25	3.375	9.375	11.925

**LAMPIRAN 2**

**DATA BENDA UJI SILINDER  
UNTUK PENGUJIAN KUAT DESAK BETON**

No.	Kode Silinder	Diameter (d) cm	Tinggi (t) cm	Luas (A <sub>0</sub> ) cm <sup>2</sup>	Volume (V) cm <sup>3</sup>	W kg	W rata-rata kg	Keterangan
1	BN - 1	14.960	29.950	175.684	5261.743	12.360		Beton Normal
2	BN - 2	14.985	29.980	176.272	5284.632	12.305		
3	BN - 3	15.000	30.000	176.625	5298.750	12.250		
						36.915	12.305	
4	KB 1% - 1	14.950	29.940	175.449	5252.957	12.325		Beton Normal Kawat Bendrat 1%
5	KB 1% - 2	15.020	29.875	177.096	5290.752	12.410		
6	KB 1% - 3	14.975	29.870	176.037	5258.217	12.350		
						37.085	12.362	
7	KB 2% - 1	14.980	29.955	176.154	5276.702	12.450		Beton Normal Kawat Bendrat 2%
8	KB 2% - 2	15.000	29.890	176.625	5279.321	12.585		
9	KB 2% - 3	15.020	29.940	177.096	5302.264	12.490		
						37.525	12.508	
10	KB 3% - 1	14.950	30.005	175.449	5264.361	12.535		Beton Normal Kawat Bendrat 3%
11	KB 3% - 2	14.975	29.980	176.037	5277.581	12.770		
12	KB 3% - 3	15.010	29.975	176.861	5301.396	12.620		
						37.925	12.642	

**DATA BENDA UJI SILINDER  
UNTUK PENGUJIAN KUAT DESAK BETON**

No.	Kode Silinder	Diameter (d) cm	Tinggi (t) cm	Luas (A <sub>0</sub> ) cm <sup>2</sup>	Volume (V) cm <sup>3</sup>	W kg	W rata-rata kg	Keterangan
13	KB 1% SP - 1	14.970	29.850	175.919	5251.188	12.250	12.320	Beton Normal Kawat Bendrat 1% Super Plasticizer
14	KB 1% SP - 2	14.975	29.950	176.037	5272.300	12.405		
15	KB 1% SP - 3	14.980	30.000	176.154	5284.629	12.305		
						36.960		
16	KB 2% SP - 1	14.970	29.975	175.919	5273.178	12.560	12.582	Beton Normal Kawat Bendrat 2% Super Plasticizer
17	KB 2% SP - 2	14.965	29.980	175.802	5270.535	12.535		
18	KB 2% SP - 3	14.970	29.900	175.919	5259.984	12.650		
						37.745		
19	KB 3% SP - 1	14.965	30.010	175.802	5275.809	12.775	12.678	Beton Normal Kawat Bendrat 3% Super Plasticizer
20	KB 3% SP - 2	14.960	29.975	175.684	5266.136	12.620		
21	KB 3% SP - 3	14.970	29.980	175.919	5274.058	12.640		
						38.035		

**DATA BENDA UJI SILINDER  
UNTUK PENGUJIAN KUAT TARIK BETON**

No.	Kode Silinder	Diameter (d) cm	Tinggi (t) cm	Luas (A <sub>0</sub> ) cm <sup>2</sup>	Volume (V) cm <sup>3</sup>	W kg	W rata-rata kg	Keterangan
1	BN - 1	14.980	30.000	176.154	5284.629	12.320		Beton Normal
2	BN - 2	14.915	29.855	174.629	5213.546	12.485		
3	BN - 3	15.010	29.875	176.861	5283.710	12.340		
						37.145	12.382	
4	KB 1% - 1	15.000	29.850	176.625	5272.256	12.350		Beton Normal Kawat Bendrat 1%
5	KB 1% - 2	15.020	29.990	177.096	5311.118	12.480		
6	KB 1% - 3	15.000	29.870	176.625	5275.789	12.550		
						37.380	12.460	
7	KB 2% - 1	14.860	30.000	173.343	5200.302	12.460		Beton Normal Kawat Bendrat 2%
8	KB 2% - 2	15.025	29.985	177.214	5313.769	12.575		
9	KB 2% - 3	15.055	29.990	177.923	5335.900	12.485		
						37.520	12.507	
10	KB 3% - 1	15.000	29.980	176.625	5295.218	12.545		Beton Normal Kawat Bendrat 3%
11	KB 3% - 2	15.025	30.005	177.214	5317.313	12.680		
12	KB 3% - 3	15.030	30.010	177.332	5321.740	12.675		
						37.900	12.633	

**DATA BENDA UJI SILINDER  
UNTUK PENGUJIAN KUAT TARIK BETON**

No.	Kode Silinder	Diameter (d) cm	Tinggi (t) cm	Luas (A <sub>0</sub> ) cm <sup>2</sup>	Volume (V) cm <sup>3</sup>	W kg	W rata-rata kg	Keterangan
13	KB 1% SP - 1	14.880	30.000	173.810	5214.309	12.360	12.378	Beton Normal Kawat Bendrat 1% Super Plasticizer
14	KB 1% SP - 2	14.970	29.980	175.919	5274.058	12.450		
15	KB 1% SP - 3	14.990	30.010	176.390	5293.451	12.325		
						37.135		
16	KB 2% SP - 1	14.970	30.005	175.919	5278.456	12.550	12.580	Beton Normal Kawat Bendrat 2% Super Plasticizer
17	KB 2% SP - 2	14.990	30.020	176.390	5295.215	12.545		
18	KB 2% SP - 3	15.000	29.990	176.625	5296.984	12.645		
						37.740		
19	KB 3% SP - 1	15.002	30.005	176.672	5301.046	12.770	12.702	Beton Normal Kawat Bendrat 3% Super Plasticizer
20	KB 3% SP - 2	14.975	30.000	176.037	5281.102	12.655		
21	KB 3% SP - 3	14.980	30.020	176.154	5288.153	12.680		
						38.105		



**DATA BENDA UJI BALOK  
UNTUK PENGUJIAN KUAT LENTUR BETON**

No.	Kode Silinder	b cm	h cm	L cm	Volume (V) cm <sup>3</sup>	W kg	W rata-rata kg	Keterangan
1	BN - 1	9.900	10.500	50.500	5249.475	11.800		Beton Normal
2	BN - 2	10.360	10.780	50.800	5673.385	12.700		
3	BN - 3	10.500	10.470	49.500	5441.783	11.700		
						36.200	12.067	
4	KB 1% - 1	10.140	10.520	50.000	5333.640	12.500		Beton Normal Kawat Bendrat 1%
5	KB 1% - 2	10.300	10.250	51.000	5384.325	12.200		
6	KB 1% - 3	10.580	10.400	50.000	5501.600	12.200		
						36.900	12.300	
7	KB 2% - 1	10.400	10.870	50.500	5708.924	13.200		Beton Normal Kawat Bendrat 2%
8	KB 2% - 2	10.270	10.060	59.700	6167.977	11.700		
9	KB 2% - 3	10.350	10.430	50.000	5397.525	11.900		
						36.800	12.267	
10	KB 3% - 1	10.280	10.260	50.000	5273.640	11.900		Beton Normal Kawat Bendrat 3%
11	KB 3% - 2	10.170	10.500	50.000	5339.250	12.000		
12	KB 3% - 3	10.280	10.190	50.600	5300.512	12.300		
						36.200	12.067	

**DATA BENDA UJI SILINDER  
UNTUK PENGUJIAN KUAT LENTUR BETON**

No.	Kode Silinder	b cm	h cm	L cm	Volume (V) cm <sup>3</sup>	W kg	W rata-rata kg	Keterangan
13	KB 1% SP - 1	10.260	10.330	51.000	5405.276	12.100		Beton Normal Kawat Bendrat 1% Super Plasticizer
14	KB 1% SP - 2	10.100	9.860	50.500	5029.093	12.600		
15	KB 1% SP - 3	10.150	10.290	51.000	5326.619	12.600		
						37.300	12.433	
16	KB 2% SP - 1	10.290	10.260	50.000	5278.770	12.000		Beton Normal Kawat Bendrat 2% Super Plasticizer
17	KB 2% SP - 2	10.250	10.600	50.000	5432.500	12.300		
18	KB 2% SP - 3	10.480	10.400	50.500	5504.096	12.100		
						36.400	12.133	
19	KB 3% SP - 1	10.430	10.400	50.500	5477.836	11.800		Beton Normal Kawat Bendrat 3% Super Plasticizer
20	KB 3% SP - 2	10.080	10.080	50.800	5161.605	11.900		
21	KB 3% SP - 3	10.120	10.290	50.000	5206.740	11.500		
						35.200	11.733	

**LAMPYRAN 8**

### HASIL PENGUJIAN KUAT TEKAN

NO.	KODE BENDA UJI	d	A <sub>0</sub>	BEBAN MAKSIMAL	BEBAN MAKSIMAL	KUAT DESAK
		( cm )	( cm <sup>3</sup> )	KN	KG	( kg/cm <sup>2</sup> )
1	BN - 1	14.960	175.684	640	64000	364.28990
2	BN - 2	14.985	176.272	635	63500	360.23887
3	BN - 3	15.000	176.625	650	65000	368.01132
Kuat Desak Rata-Rata						364.18003
4	KB 1% - 1	14.950	175.449	760	76000	433.17317
5	KB 1% - 2	15.020	177.096	750	75000	423.49837
6	KB 1% - 3	14.975	176.037	740	74000	420.36679
Kuat Desak Rata-Rata						425.67944
7	KB 2% - 1	14.980	176.154	820	82000	465.50095
8	KB 2% - 2	15.000	176.625	825	82500	467.09130
9	KB 2% - 3	15.020	177.096	830	83000	468.67153
Kuat Desak Rata-Rata						467.08792
10	KB 3% - 1	14.950	175.449	870	87000	495.86929
11	KB 3% - 2	14.975	176.037	860	86000	488.53438
12	KB 3% - 3	15.010	176.861	860	86000	486.25873
Kuat Desak Rata-Rata						490.22080
13	KB 1% SP - 1	14.970	175.919	775	77500	440.54314
14	KB 1% SP - 2	14.975	176.037	770	77000	437.40869
15	KB 1% SP - 3	14.980	176.154	765	76500	434.27832
Kuat Desak Rata-Rata						437.41005
16	KB 2% SP - 1	14.970	175.919	840	84000	477.49192
17	KB 2% SP - 2	14.965	175.802	835	83500	474.96693
18	KB 2% SP - 3	14.970	175.919	840	84000	477.49192
Kuat Desak Rata-Rata						476.65026
19	KB 3% SP - 1	14.965	175.802	880	88000	500.56395
20	KB 3% SP - 2	14.960	175.684	880	88000	500.89861
21	KB 3% SP - 3	14.970	175.919	880	88000	500.22963
Kuat Desak Rata-Rata						500.56407

### HASIL PENGUJIAN KUAT TARIK

NO.	KODE BENDA UJI	DIMENSI		BEBAN MAKSIMAL KN	BEBAN MAKSIMAL KG	KUAT TARIK ( kg/cm <sup>2</sup> )
		d	t			
		( cm )	( cm )			
1	BN	14.980	30.000	230	23000	32.59831226
2	BN	14.915	29.855	225	22500	32.18418622
3	BN	15.010	29.875	227	22700	32.24316002
Kuat Tarik Rata-Rata						32.34188617
4	KB 1%	15.000	29.850	278	27800	39.54663622
5	KB 1%	15.020	29.990	290	29000	41.00642864
6	KB 1%	15.000	29.870	285	28500	40.51526893
Kuat Tarik Rata-Rata						40.35611126
7	KB 2%	14.860	30.000	320	32000	45.72042531
8	KB 2%	15.025	29.985	330	33000	46.65473786
9	KB 2%	15.055	29.990	328	32800	46.2718609
Kuat Tarik Rata-Rata						46.21567469
10	KB 3%	15.000	29.980	360	36000	50.98940695
11	KB 3%	15.025	30.005	355	35500	50.15573382
12	KB 3%	15.030	30.010	362	36200	51.11918746
Kuat Tarik Rata-Rata						50.75477608
13	KB 1% SP	14.880	30.000	297	29700	42.37723444
14	KB 1% SP	14.970	29.980	310	31000	43.99553595
15	KB 1% SP	14.990	30.010	300	30000	42.47701345
Kuat Tarik Rata-Rata						42.94992795
16	KB 2% SP	14.970	30.005	340	34000	48.21296418
17	KB 2% SP	14.990	30.020	325	32500	46.00143587
18	KB 2% SP	15.000	29.990	338	33800	47.85742452
Kuat Tarik Rata-Rata						47.35727486
19	KB 3% SP	15.002	30.005	370	37000	52.35513448
20	KB 3% SP	14.975	30.000	392	39200	55.57741317
21	KB 3% SP	14.980	30.020	384	38400	54.38874913
Kuat Tarik Rata-Rata						54.10709892

### HASIL PENGUJIAN KUAT LENTUR

NO.	KODE BENDA UJI	b	h	L	BEBAN MAKSIMAL	BEBAN MAKSIMAL	KUAT LENTUR
		( cm )	( cm )	( cm )	N	KG	( kg/cm <sup>2</sup> )
1	BN - 1	9.90	10.50	30.00	1702.5	1702.5	46.79448
2	BN - 2	10.36	10.78	30.00	1905.0	1905.0	47.46997
3	BN - 3	10.50	10.47	30.00	1842.5	1842.5	48.02265
Kuat Lentur Rata-Rata							47.42903
4	KB 1% - 1	10.14	10.52	30.00	2098.5	2098.5	56.09973
5	KB 1% - 2	10.30	10.25	30.00	2088.5	2088.5	57.89896
6	KB 1% - 3	10.58	10.40	30.00	2060.5	2060.5	54.01838
Kuat Lentur Rata-Rata							56.00569
7	KB 2% - 1	10.40	10.87	30.00	2475.0	2475.0	60.42324
8	KB 2% - 2	10.27	10.06	30.00	2152.5	2152.5	62.12952
9	KB 2% - 3	10.35	10.43	30.00	2285.0	2285.0	60.88334
Kuat Lentur Rata-Rata							61.14537
10	KB 3% - 1	10.28	10.26	30.00	2365.0	2365.0	65.56387
11	KB 3% - 2	10.17	10.50	30.00	2480.0	2480.0	66.35496
12	KB 3% - 3	10.28	10.19	30.00	2398.5	2398.5	67.40925
Kuat Lentur Rata-Rata							66.44269
13	KB 1% SP - 1	10.26	10.33	30.00	2095.5	2095.5	57.41970
14	KB 1% SP - 2	10.10	9.86	30.00	1982.5	1982.5	60.57023
15	KB 1% SP - 3	10.15	10.29	30.00	2152.5	2152.5	60.08522
Kuat Lentur Rata-Rata							59.35838
16	KB 2% SP - 1	10.29	10.26	30.00	2245.0	2245.0	62.17668
17	KB 2% SP - 2	10.25	10.60	30.00	2435.5	2435.5	63.44155
18	KB 2% SP - 3	10.48	10.40	30.00	2498.5	2498.5	66.12606
Kuat Lentur Rata-Rata							63.91476
19	KB 3% SP - 1	10.43	10.40	30.00	2685.5	2685.5	71.41598
20	KB 3% SP - 2	10.08	10.08	30.00	2496.5	2496.5	73.12590
21	KB 3% SP - 3	10.12	10.29	30.00	2562.5	2562.5	71.74206
Kuat Lentur Rata-Rata							72.09465

***LAMPIRAN 9***

## TABEL TEGANGAN REGANGAN SILINDER BETON

KODE : BN - 1

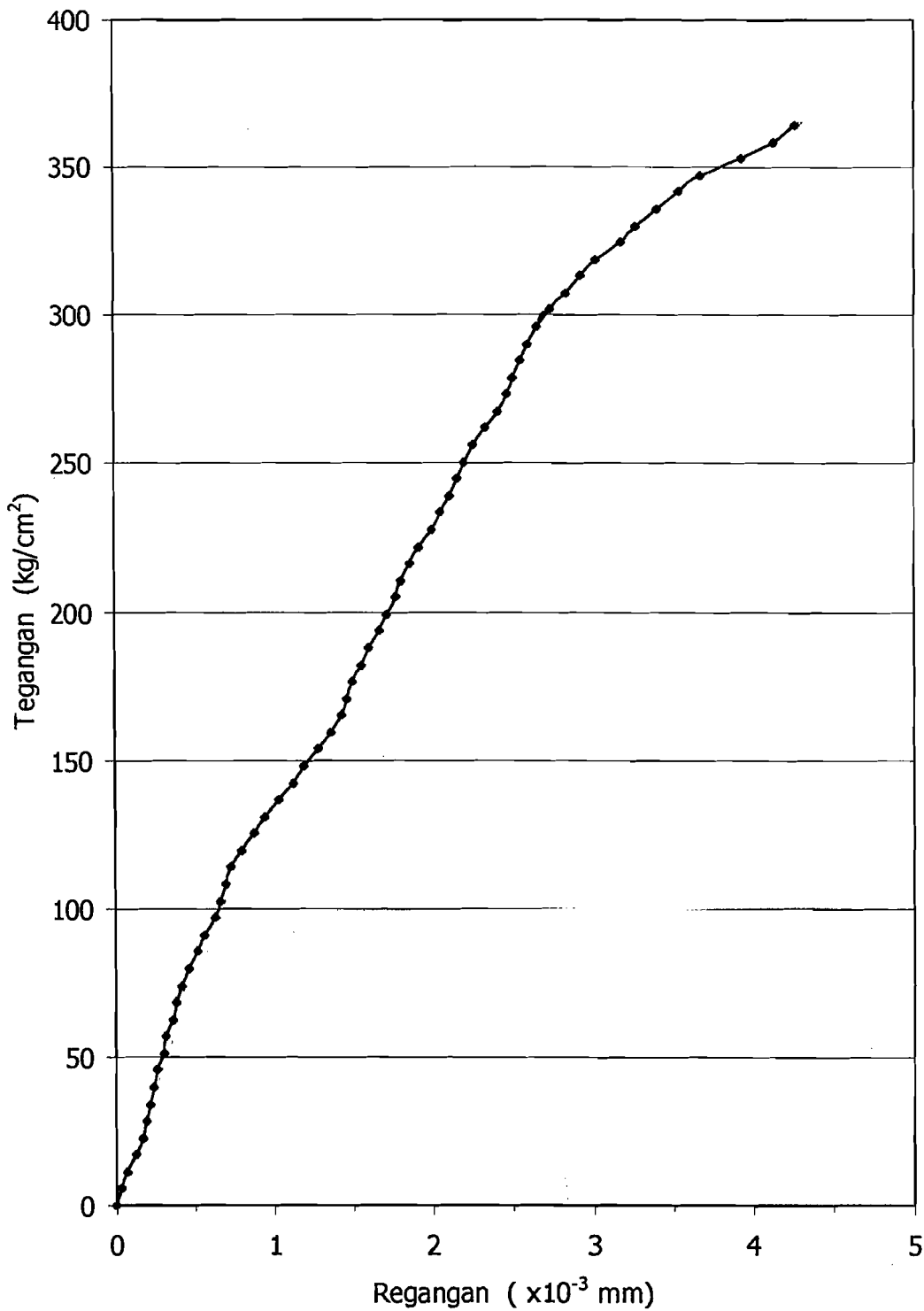
Beban (KN)	Beban (KG)	$\Delta_L$ ( $10^{-3}$ mm)	$\sigma$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\epsilon = \Delta_L/L_0$ ( $10^{-3}$ )	$\epsilon$ Koreksi
0	0	0	0.00000	0.00000	0.00000
10	1000	5	5.69204	0.03333	0.03333
20	2000	10	11.38408	0.06667	0.06667
30	3000	18	17.07611	0.12000	0.12000
40	4000	25	22.76815	0.16667	0.16667
50	5000	28	28.46019	0.18667	0.18667
60	6000	32	34.15223	0.21333	0.21333
70	7000	35	39.84427	0.23333	0.23333
80	8000	39	45.53630	0.26000	0.26000
90	9000	45	51.22834	0.30000	0.30000
100	10000	48	56.92038	0.32000	0.32000
110	11000	54	62.61242	0.36000	0.36000
120	12000	58	68.30446	0.38667	0.38667
130	13000	63	73.99649	0.42000	0.42000
140	14000	70	79.68853	0.46667	0.46667
150	15000	78	85.38057	0.52000	0.52000
160	16000	85	91.07261	0.56667	0.56667
170	17000	94	96.76465	0.62667	0.62667
180	18000	100	102.45668	0.66667	0.66667
190	19000	105	108.14872	0.70000	0.70000
200	20000	110	113.84076	0.73333	0.73333
210	21000	120	119.53280	0.80000	0.80000
220	22000	132	125.22484	0.88000	0.88000
230	23000	143	130.91687	0.95333	0.95333
240	24000	155	136.60891	1.03333	1.03333
250	25000	170	142.30095	1.13333	1.13333
260	26000	180	147.99299	1.20000	1.20000
270	27000	193	153.68503	1.28667	1.28667
280	28000	205	159.37706	1.36667	1.36667
290	29000	215	165.06910	1.43333	1.43333
300	30000	220	170.76114	1.46667	1.46667
310	31000	226	176.45318	1.50667	1.50667
320	32000	234	182.14522	1.56000	1.56000
330	33000	240	187.83725	1.60000	1.60000
340	34000	250	193.52929	1.66667	1.66667
350	35000	258	199.22133	1.72000	1.72000
360	36000	265	204.91337	1.76667	1.76667
370	37000	271	210.60541	1.80667	1.80667
380	38000	280	216.29744	1.86667	1.86667
390	39000	287	221.98948	1.91333	1.91333
400	40000	300	227.68152	2.00000	2.00000



Tabel Tegangan Regangan Silinder Beton Kode BN - 1 (Lanjutan)

Beban ( KN )	Beban ( KG )	$\Delta_L$ ( $10^{-3}$ mm )	$\sigma$ ( kg/cm <sup>2</sup> )	$\epsilon = \Delta_L/L_0$ ( $10^{-3}$ )	$\epsilon$ Koreksi
410	41000	308	233.37356	2.05333	2.05333
420	42000	316	239.06560	2.10667	2.10667
430	43000	324	244.75763	2.16000	2.16000
440	44000	330	250.44967	2.20000	2.20000
450	45000	338	256.14171	2.25333	2.25333
460	46000	350	261.83375	2.33333	2.33333
470	47000	362	267.52578	2.41333	2.41333
480	48000	370	273.21782	2.46667	2.46667
490	49000	375	278.90986	2.50000	2.50000
500	50000	382	284.60190	2.54667	2.54667
510	51000	390	290.29394	2.60000	2.60000
520	52000	398	295.98597	2.65333	2.65333
530	53000	410	301.67801	2.73333	2.73333
540	54000	425	307.37005	2.83333	2.83333
550	55000	438	313.06209	2.92000	2.92000
560	56000	452	318.75413	3.01333	3.01333
570	57000	475	324.44616	3.16667	3.16667
580	58000	490	330.13820	3.26667	3.26667
590	59000	510	335.83024	3.40000	3.40000
600	60000	530	341.52228	3.53333	3.53333
610	61000	550	347.21432	3.66667	3.66667
620	62000	590	352.90635	3.93333	3.93333
630	63000	620	358.59839	4.13333	4.13333
640	64000	640	364.29043	4.26667	4.26667

**Grafik Tegangan Regangan Silinder Beton BN - 1**



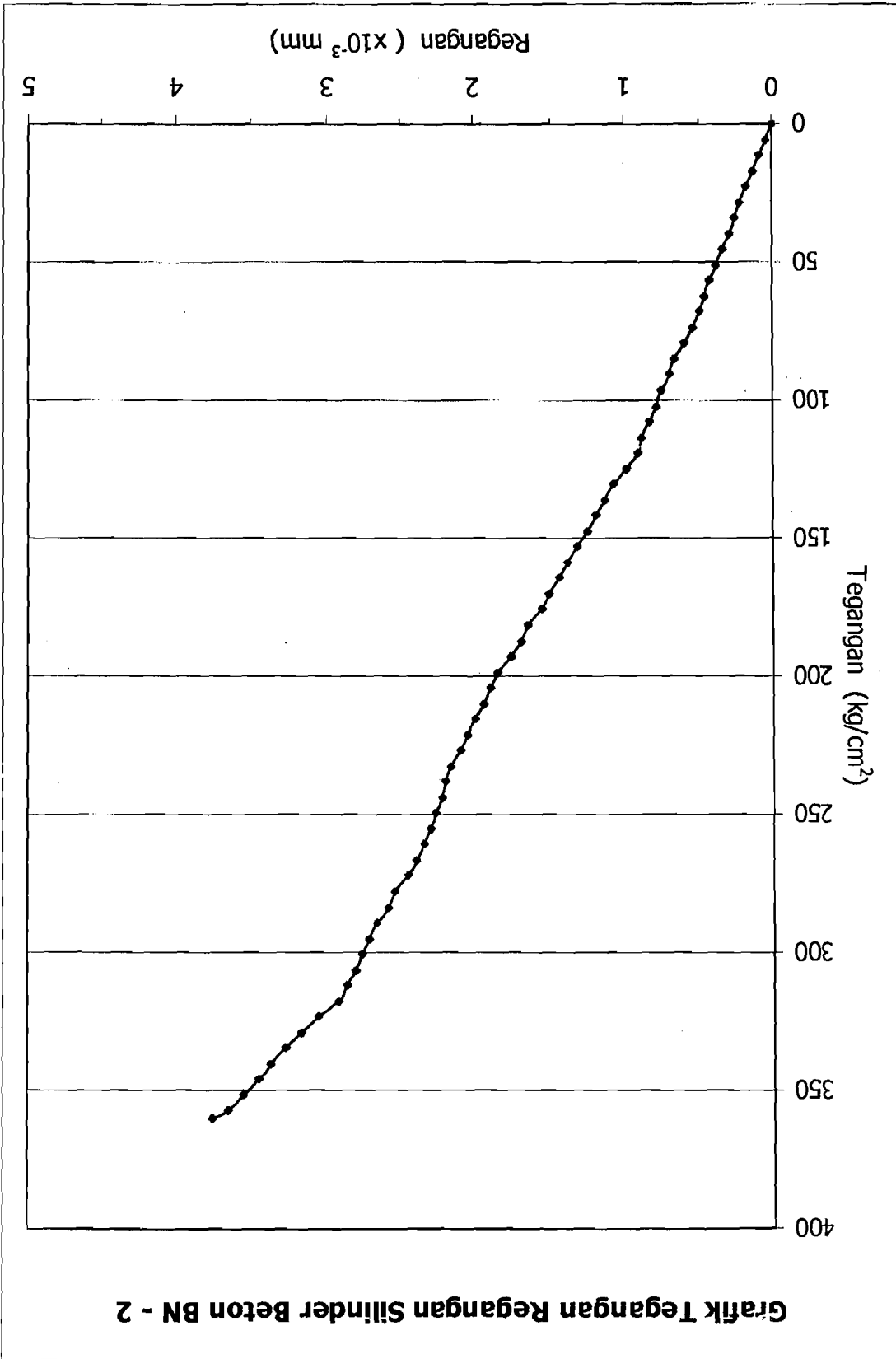
## TABEL TEGANGAN REGANGAN SILINDER BETON

KODE : BN - 2

Beban ( KN )	Beban ( KG )	$\Delta_L$ ( $10^{-3}$ mm )	$\sigma$ ( $\text{kg/cm}^2$ )	$\epsilon = \Delta_L/L_0$ ( $10^{-3}$ )	$\epsilon$ Koreksi
0	0	0	0.00000	0.00667	0.00000
10	1000	8	5.67305	0.05333	0.04666
20	2000	15	11.34610	0.10000	0.09333
30	3000	22	17.01915	0.14667	0.14000
40	4000	28	22.69220	0.18667	0.18000
50	5000	35	28.36525	0.23333	0.22666
60	6000	40	34.03830	0.26667	0.26000
70	7000	45	39.71136	0.30000	0.29333
80	8000	52	45.38441	0.34667	0.34000
90	9000	58	51.05746	0.38667	0.38000
100	10000	65	56.73051	0.43333	0.42666
110	11000	70	62.40356	0.46667	0.46000
120	12000	75	68.07661	0.50000	0.49333
130	13000	82	73.74966	0.54667	0.54000
140	14000	90	79.42271	0.60000	0.59333
150	15000	100	85.09576	0.66667	0.66000
160	16000	105	90.76881	0.70000	0.69333
170	17000	115	96.44186	0.76667	0.76000
180	18000	120	102.11491	0.80000	0.79333
190	19000	126	107.78796	0.84000	0.83333
200	20000	134	113.46101	0.89333	0.88666
210	21000	138	119.13407	0.92000	0.91333
220	22000	150	124.80712	1.00000	0.99333
230	23000	164	130.48017	1.09333	1.08666
240	24000	172	136.15322	1.14667	1.14000
250	25000	180	141.82627	1.20000	1.19333
260	26000	188	147.49932	1.25333	1.24666
270	27000	198	153.17237	1.32000	1.31333
280	28000	208	158.84542	1.38667	1.38000
290	29000	217	164.51847	1.44667	1.44000
300	30000	228	170.19152	1.52000	1.51333
310	31000	234	175.86457	1.56000	1.55333
320	32000	248	181.53762	1.65333	1.64666
330	33000	255	187.21067	1.70000	1.69333
340	34000	265	192.88373	1.76667	1.76000
350	35000	278	198.55678	1.85333	1.84666
360	36000	284	204.22983	1.89333	1.88666
370	37000	292	209.90288	1.94667	1.94000
380	38000	300	215.57593	2.00000	1.99333
390	39000	308	221.24898	2.05333	2.04666
400	40000	316	226.92203	2.10667	2.10000

Tabel Tegangan Regangan Silinder Beton Kode BN - 2 (Lanjutan)

Beban ( KN )	Beban ( KG )	$\Delta_L$ ( $10^{-3}$ mm )	$\sigma$ ( kg/cm <sup>2</sup> )	$\epsilon = \Delta/L_0$ ( $10^{-3}$ )	$\epsilon$ Koreksi
410	41000	325	232.59508	2.16667	2.16000
420	42000	330	238.26813	2.20000	2.19333
430	43000	334	243.94118	2.22667	2.22000
440	44000	340	249.61423	2.26667	2.26000
450	45000	346	255.28728	2.30667	2.30000
460	46000	352	260.96033	2.34667	2.34000
470	47000	360	266.63338	2.40000	2.39333
480	48000	370	272.30644	2.46667	2.46000
490	49000	382	277.97949	2.54667	2.54000
500	50000	390	283.65254	2.60000	2.59333
510	51000	402	289.32559	2.68000	2.67333
520	52000	410	294.99864	2.73333	2.72666
530	53000	416	300.67169	2.77333	2.76666
540	54000	424	306.34474	2.82667	2.82000
550	55000	432	312.01779	2.88000	2.87333
560	56000	440	317.69084	2.93333	2.92666
570	57000	460	323.36389	3.06667	3.06000
580	58000	478	329.03694	3.18667	3.18000
590	59000	492	334.70999	3.28000	3.27333
600	60000	508	340.38304	3.38667	3.38000
610	61000	520	346.05610	3.46667	3.46000
620	62000	535	351.72915	3.56667	3.56000
630	63000	550	357.40220	3.66667	3.66000
635	63500	565	360.23872	3.76667	3.76000



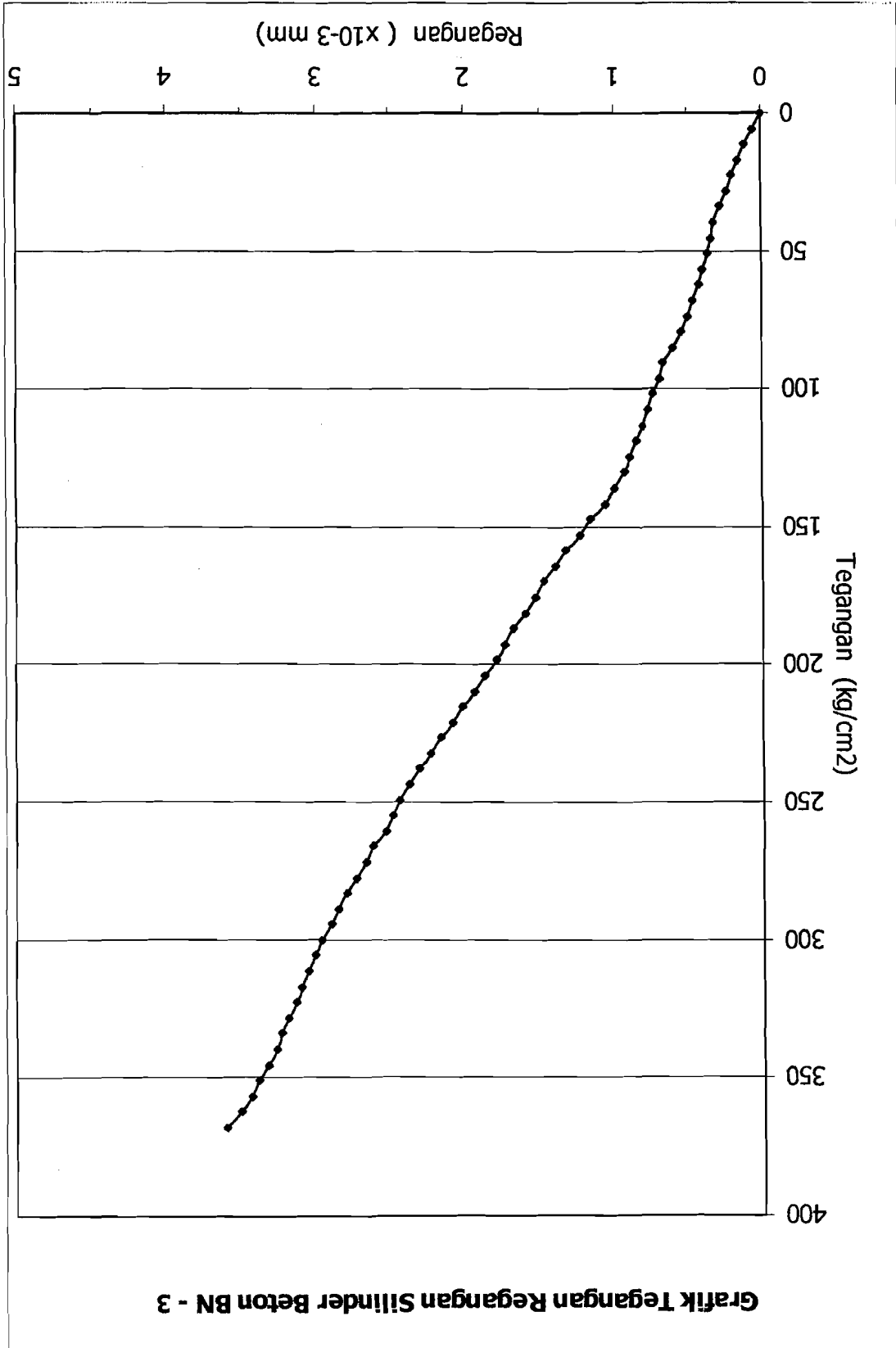
**TABEL TEGANGAN REGANGAN SILINDER BETON NORMAL**

**KODE : BN - 3**

Beban ( KN )	Beban ( KG )	$\Delta_L$ ( $10^{-3}$ mm )	$\sigma$ ( kg/cm <sup>2</sup> )	$\epsilon = \Delta_L/L_0$ ( $10^{-3}$ )	$\epsilon$ Koreksi
0	0	0	0.00000	0.00000	0.00000
10	1000	8	5.66171	0.05333	0.05333
20	2000	16	11.32343	0.10667	0.10667
30	3000	24	16.98514	0.16000	0.16000
40	4000	30	22.64685	0.20000	0.20000
50	5000	36	28.30856	0.24000	0.24000
60	6000	42	33.97028	0.28000	0.28000
70	7000	48	39.63199	0.32000	0.32000
80	8000	52	45.29370	0.34667	0.34667
90	9000	56	50.95541	0.37333	0.37333
100	10000	60	56.61713	0.40000	0.40000
110	11000	64	62.27884	0.42667	0.42667
120	12000	70	67.94055	0.46667	0.46667
130	13000	75	73.60226	0.50000	0.50000
140	14000	82	79.26398	0.54667	0.54667
150	15000	90	84.92569	0.60000	0.60000
160	16000	100	90.58740	0.66667	0.66667
170	17000	104	96.24912	0.69333	0.69333
180	18000	110	101.91083	0.73333	0.73333
190	19000	115	107.57254	0.76667	0.76667
200	20000	121	113.23425	0.80667	0.80667
210	21000	128	118.89597	0.85333	0.85333
220	22000	134	124.55768	0.89333	0.89333
230	23000	140	130.21939	0.93333	0.93333
240	24000	150	135.88110	1.00000	1.00000
250	25000	160	141.54282	1.06667	1.06667
260	26000	175	147.20453	1.16667	1.16667
270	27000	185	152.86624	1.23333	1.23333
280	28000	200	158.52795	1.33333	1.33333
290	29000	210	164.18967	1.40000	1.40000
300	30000	222	169.85138	1.48000	1.48000
310	31000	230	175.51309	1.53333	1.53333
320	32000	240	181.17481	1.60000	1.60000
330	33000	252	186.83652	1.68000	1.68000
340	34000	260	192.49823	1.73333	1.73333
350	35000	268	198.15994	1.78667	1.78667
360	36000	280	203.82166	1.86667	1.86667
370	37000	290	209.48337	1.93333	1.93333
380	38000	302	215.14508	2.01333	2.01333
390	39000	312	220.80679	2.08000	2.08000
400	40000	324	226.46851	2.16000	2.16000

Tabel Tegangan Regangan Silinder Beton Kode BN - 3 (Lanjutan)

Beban ( KN )	Beban ( KG )	$\Delta_L$ ( $10^{-3}$ mm )	$\sigma$ ( kg/cm <sup>2</sup> )	$\epsilon = \Delta_L/L_0$ ( $10^{-3}$ )	$\epsilon$ Koreksi
410	41000	334	232.13022	2.22667	2.22667
420	42000	345	237.79193	2.30000	2.30000
430	43000	355	243.45364	2.36667	2.36667
440	44000	365	249.11536	2.43333	2.43333
450	45000	372	254.77707	2.48000	2.48000
460	46000	380	260.43878	2.53333	2.53333
470	47000	392	266.10050	2.61333	2.61333
480	48000	400	271.76221	2.66667	2.66667
490	49000	410	277.42392	2.73333	2.73333
500	50000	420	283.08563	2.80000	2.80000
510	51000	428	288.74735	2.85333	2.85333
520	52000	435	294.40906	2.90000	2.90000
530	53000	445	300.07077	2.96667	2.96667
540	54000	452	305.73248	3.01333	3.01333
550	55000	458	311.39420	3.05333	3.05333
560	56000	465	317.05591	3.10000	3.10000
570	57000	470	322.71762	3.13333	3.13333
580	58000	478	328.37933	3.18667	3.18667
590	59000	485	334.04105	3.23333	3.23333
600	60000	490	339.70276	3.26667	3.26667
610	61000	498	345.36447	3.32000	3.32000
620	62000	508	351.02619	3.38667	3.38667
630	63000	515	356.68790	3.43333	3.43333
640	64000	525	362.34961	3.50000	3.50000
650	65000	540	368.01132	3.60000	3.60000





## TABEL TEGANGAN REGANGAN SILINDER BETON

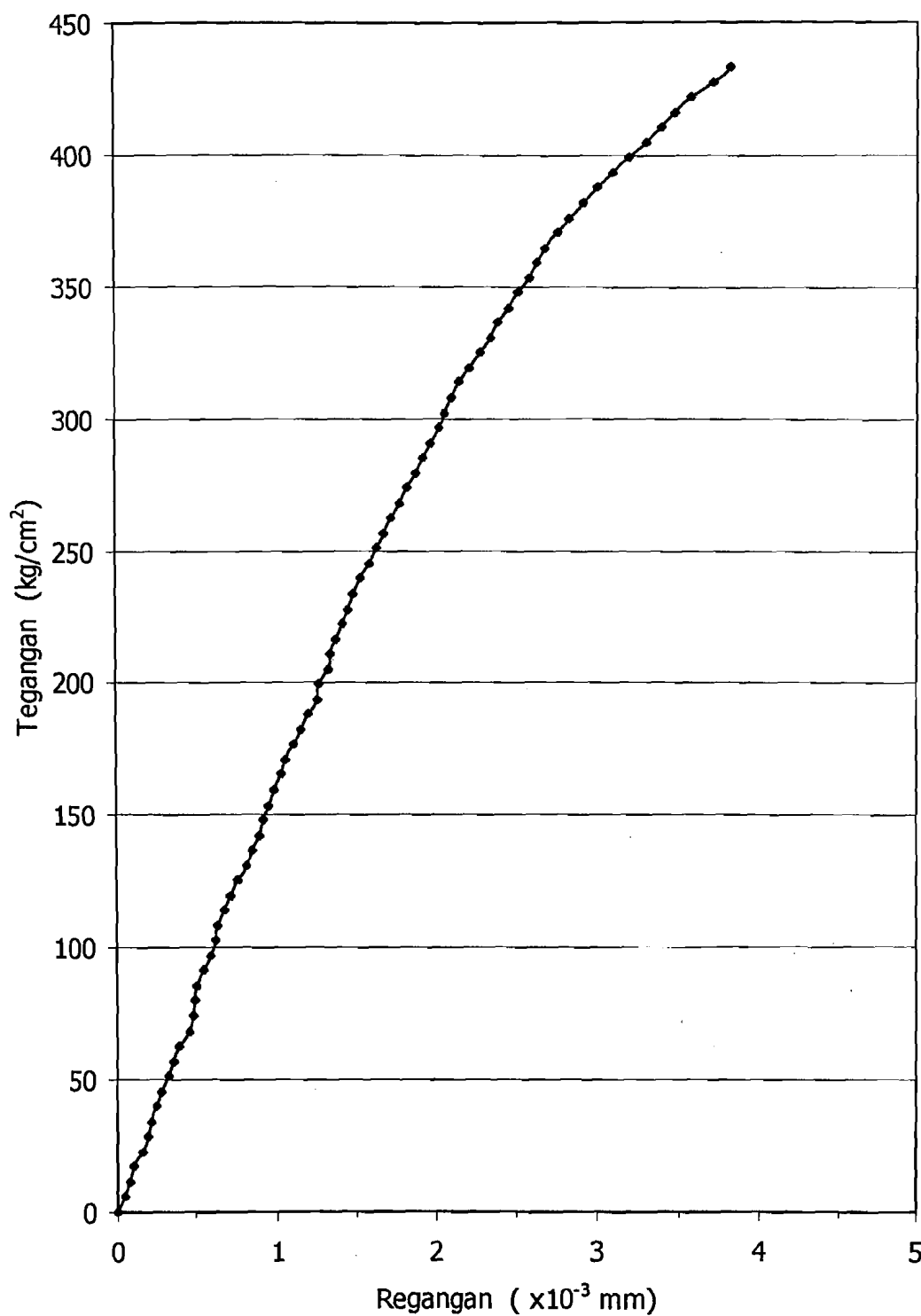
KODE : KB 1% - 1

Beban (KN)	Beban (KG)	$\Delta_L$ ( $10^{-3}$ mm)	$\sigma$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\epsilon = \Delta_L/L_0$ ( $10^{-3}$ )	$\epsilon$ Koreksi
0	0	0	0.00000	0.00667	0.00000
10	1000	7	5.69966	0.04667	0.04000
20	2000	13	11.39932	0.08667	0.08000
30	3000	17	17.09899	0.11333	0.10666
40	4000	25	22.79865	0.16667	0.16000
50	5000	30	28.49831	0.20000	0.19333
60	6000	33	34.19797	0.22000	0.21333
70	7000	38	39.89763	0.25333	0.24666
80	8000	43	45.59730	0.28667	0.28000
90	9000	50	51.29696	0.33333	0.32666
100	10000	55	56.99662	0.36667	0.36000
110	11000	60	62.69628	0.40000	0.39333
120	12000	70	68.39594	0.46667	0.46000
130	13000	73	74.09561	0.48667	0.48000
140	14000	75	79.79527	0.50000	0.49333
150	15000	77	85.49493	0.51333	0.50666
160	16000	84	91.19459	0.56000	0.55333
170	17000	90	96.89425	0.60000	0.59333
180	18000	95	102.59392	0.63333	0.62666
190	19000	98	108.29358	0.65333	0.64666
200	20000	105	113.99324	0.70000	0.69333
210	21000	110	119.69290	0.73333	0.72666
220	22000	116	125.39256	0.77333	0.76666
230	23000	124	131.09223	0.82667	0.82000
240	24000	130	136.79189	0.86667	0.86000
250	25000	136	142.49155	0.90667	0.90000
260	26000	140	148.19121	0.93333	0.92666
270	27000	145	153.89087	0.96667	0.96000
280	28000	150	159.59054	1.00000	0.99333
290	29000	156	165.29020	1.04000	1.03333
300	30000	160	170.98986	1.06667	1.06000
310	31000	168	176.68952	1.12000	1.11333
320	32000	175	182.38918	1.16667	1.16000
330	33000	182	188.08885	1.21333	1.20666
340	34000	190	193.78851	1.26667	1.26000
350	35000	193	199.48817	1.28667	1.28000
360	36000	200	205.18783	1.33333	1.32666
370	37000	203	210.88749	1.35333	1.34666
380	38000	207	216.58716	1.38000	1.37333
390	39000	215	222.28682	1.43333	1.42666
400	40000	220	227.98648	1.46667	1.46000

Tabel Tegangan Regangan Silinder Beton Kode KB 1% - 1 (Lanjutan)

Beban ( KN )	Beban ( KG )	$\Delta_L$ ( $10^{-3}$ mm )	$\sigma$ ( kg/cm <sup>2</sup> )	$\epsilon = \Delta_L/L_0$ ( $10^{-3}$ )	$\epsilon$ Koreksi
410	41000	225	233.68614	1.50000	1.49333
420	42000	232	239.38580	1.54667	1.54000
430	43000	240	245.08547	1.60000	1.59333
440	44000	246	250.78513	1.64000	1.63333
450	45000	253	256.48479	1.68667	1.68000
460	46000	260	262.18445	1.73333	1.72666
470	47000	268	267.88411	1.78667	1.78000
480	48000	275	273.58378	1.83333	1.82666
490	49000	283	279.28344	1.88667	1.88000
500	50000	290	284.98310	1.93333	1.92666
510	51000	298	290.68276	1.98667	1.98000
520	52000	305	296.38242	2.03333	2.02666
530	53000	310	302.08209	2.06667	2.06000
540	54000	318	307.78175	2.12000	2.11333
550	55000	325	313.48141	2.16667	2.16000
560	56000	335	319.18107	2.23333	2.22666
570	57000	345	324.88073	2.30000	2.29333
580	58000	355	330.58040	2.36667	2.36000
590	59000	362	336.28006	2.41333	2.40666
600	60000	372	341.97972	2.48000	2.47333
610	61000	380	347.67938	2.53333	2.52666
620	62000	390	353.37904	2.60000	2.59333
630	63000	398	359.07871	2.65333	2.64666
640	64000	406	364.77837	2.70667	2.70000
650	65000	418	370.47803	2.78667	2.78000
660	66000	428	376.17769	2.85333	2.84666
670	67000	442	381.87735	2.94667	2.94000
680	68000	455	387.57702	3.03333	3.02666
690	69000	468	393.27668	3.12000	3.11333
700	70000	483	398.97634	3.22000	3.21333
710	71000	498	404.67600	3.32000	3.31333
720	72000	512	410.37566	3.41333	3.40666
730	73000	524	416.07533	3.49333	3.48666
740	74000	540	421.77499	3.60000	3.59333
750	75000	560	427.47465	3.73333	3.72666
760	76000	575	433.17431	3.83333	3.82666

**Grafik Tegangan Regangan Silinder Beton KB 1% - 1**



## TABEL TEGANGAN REGANGAN SILINDER BETON

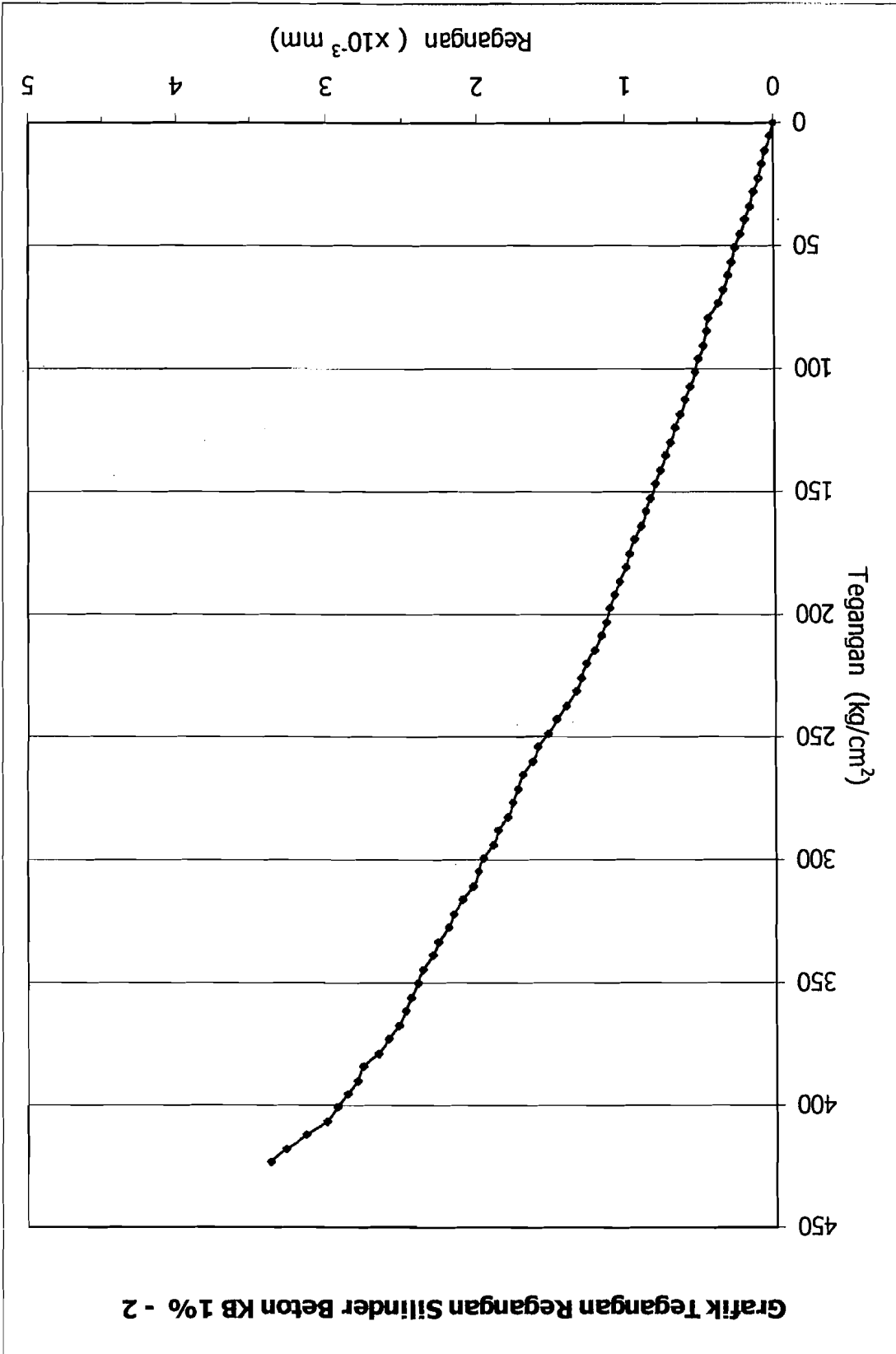
KODE : KB 1% - 2

Beban ( KN )	Beban ( KG )	$\Delta_L$ ( $10^{-3}$ mm )	$\sigma$ ( kg/cm <sup>2</sup> )	$\epsilon = \Delta_L/L_0$ ( $10^{-3}$ )	$\epsilon$ Koreksi
0	0	0	0.00000	0.00000	0.00000
10	1000	4	5.64752	0.02667	0.02667
20	2000	8	11.29503	0.05333	0.05333
30	3000	12	16.94255	0.08000	0.08000
40	4000	16	22.59006	0.10667	0.10667
50	5000	20	28.23758	0.13333	0.13333
60	6000	24	33.88510	0.16000	0.16000
70	7000	29	39.53261	0.19333	0.19333
80	8000	34	45.18013	0.22667	0.22667
90	9000	38	50.82764	0.25333	0.25333
100	10000	42	56.47516	0.28000	0.28000
110	11000	45	62.12268	0.30000	0.30000
120	12000	50	67.77019	0.33333	0.33333
130	13000	55	73.41771	0.36667	0.36667
140	14000	65	79.06522	0.43333	0.43333
150	15000	68	84.71274	0.45333	0.45333
160	16000	70	90.36026	0.46667	0.46667
170	17000	75	96.00777	0.50000	0.50000
180	18000	80	101.65529	0.53333	0.53333
190	19000	85	107.30280	0.56667	0.56667
200	20000	90	112.95032	0.60000	0.60000
210	21000	95	118.59783	0.63333	0.63333
220	22000	100	124.24535	0.66667	0.66667
230	23000	105	129.89287	0.70000	0.70000
240	24000	110	135.54038	0.73333	0.73333
250	25000	115	141.18790	0.76667	0.76667
260	26000	120	146.83541	0.80000	0.80000
270	27000	125	152.48293	0.83333	0.83333
280	28000	130	158.13045	0.86667	0.86667
290	29000	135	163.77796	0.90000	0.90000
300	30000	142	169.42548	0.94667	0.94667
310	31000	146	175.07299	0.97333	0.97333
320	32000	150	180.72051	1.00000	1.00000
330	33000	156	186.36803	1.04000	1.04000
340	34000	162	192.01554	1.08000	1.08000
350	35000	167	197.66306	1.11333	1.11333
360	36000	170	203.31057	1.13333	1.13333
370	37000	175	208.95809	1.16667	1.16667
380	38000	182	214.60561	1.21333	1.21333
390	39000	190	220.25312	1.26667	1.26667
400	40000	195	225.90064	1.30000	1.30000

Tabel Tegangan Regangan Silinder Beton Kode KB 1% - 2

(Lanjutan)

Beban ( KN )	Beban ( KG )	$\Delta_L$ ( $10^{-3}$ mm )	$\sigma$ ( kg/cm <sup>2</sup> )	$\epsilon = \Delta_L/L_0$ ( $10^{-3}$ )	$\epsilon$ Koreksi
410	41000	200	231.54815	1.33333	1.33333
420	42000	210	237.19567	1.40000	1.40000
430	43000	220	242.84319	1.46667	1.46667
440	44000	230	248.49070	1.53333	1.53333
450	45000	240	254.13822	1.60000	1.60000
460	46000	245	259.78573	1.63333	1.63333
470	47000	255	265.43325	1.70000	1.70000
480	48000	260	271.08077	1.73333	1.73333
490	49000	265	276.72828	1.76667	1.76667
500	50000	270	282.37580	1.80000	1.80000
510	51000	280	288.02331	1.86667	1.86667
520	52000	285	293.67083	1.90000	1.90000
530	53000	295	299.31834	1.96667	1.96667
540	54000	300	304.96586	2.00000	2.00000
550	55000	305	310.61338	2.03333	2.03333
560	56000	315	316.26089	2.10000	2.10000
570	57000	325	321.90841	2.16667	2.16667
580	58000	330	327.55592	2.20000	2.20000
590	59000	340	333.20344	2.26667	2.26667
600	60000	345	338.85096	2.30000	2.30000
610	61000	355	344.49847	2.36667	2.36667
620	62000	360	350.14599	2.40000	2.40000
630	63000	367	355.79350	2.44667	2.44667
640	64000	372	361.44102	2.48000	2.48000
650	65000	380	367.08854	2.53333	2.53333
660	66000	390	372.73605	2.60000	2.60000
670	67000	400	378.38357	2.66667	2.66667
680	68000	415	384.03108	2.76667	2.76667
690	69000	420	389.67860	2.80000	2.80000
700	70000	430	395.32612	2.86667	2.86667
710	71000	440	400.97363	2.93333	2.93333
720	72000	450	406.62115	3.00000	3.00000
730	73000	470	412.26866	3.13333	3.13333
740	74000	490	417.91618	3.26667	3.26667
750	75000	505	423.56370	3.36667	3.36667



## TABEL TEGANGAN REGANGAN SILINDER BETON

**KODE : KB 1% - 3**

Beban ( KN )	Beban ( KG )	$\Delta_L$ ( $10^{-3}$ mm )	$\sigma$ ( $kg/cm^2$ )	$\epsilon = \Delta_L/L_0$ ( $10^{-3}$ )	$\epsilon$ Koreksi
0	0	0	0.00000	0.01333	0.00000
10	1000	5	5.68062	0.03333	0.02000
20	2000	8	11.36125	0.05333	0.04000
30	3000	12	17.04187	0.08000	0.06667
40	4000	15	22.72250	0.10000	0.08667
50	5000	20	28.40312	0.13333	0.12000
60	6000	24	34.08374	0.16000	0.14667
70	7000	30	39.76437	0.20000	0.18667
80	8000	35	45.44499	0.23333	0.22000
90	9000	40	51.12562	0.26667	0.25334
100	10000	43	56.80624	0.28667	0.27334
110	11000	48	62.48686	0.32000	0.30667
120	12000	52	68.16749	0.34667	0.33334
130	13000	55	73.84811	0.36667	0.35334
140	14000	60	79.52874	0.40000	0.38667
150	15000	65	85.20936	0.43333	0.42000
160	16000	71	90.88998	0.47333	0.46000
170	17000	76	96.57061	0.50667	0.49334
180	18000	80	102.25123	0.53333	0.52000
190	19000	84	107.93186	0.56000	0.54667
200	20000	90	113.61248	0.60000	0.58667
210	21000	96	119.29310	0.64000	0.62667
220	22000	100	124.97373	0.66667	0.65334
230	23000	104	130.65435	0.69333	0.68000
240	24000	108	136.33498	0.72000	0.70667
250	25000	114	142.01560	0.76000	0.74667
260	26000	120	147.69622	0.80000	0.78667
270	27000	124	153.37685	0.82667	0.81334
280	28000	128	159.05747	0.85333	0.84000
290	29000	134	164.73809	0.89333	0.88000
300	30000	140	170.41872	0.93333	0.92000
310	31000	145	176.09934	0.96667	0.95334
320	32000	150	181.77997	1.00000	0.98667
330	33000	155	187.46059	1.03333	1.02000
340	34000	158	193.14121	1.05333	1.04000
350	35000	162	198.82184	1.08000	1.06667
360	36000	168	204.50246	1.12000	1.10667
370	37000	174	210.18309	1.16000	1.14667
380	38000	180	215.86371	1.20000	1.18667
390	39000	188	221.54433	1.25333	1.24000
400	40000	198	227.22496	1.32000	1.30667

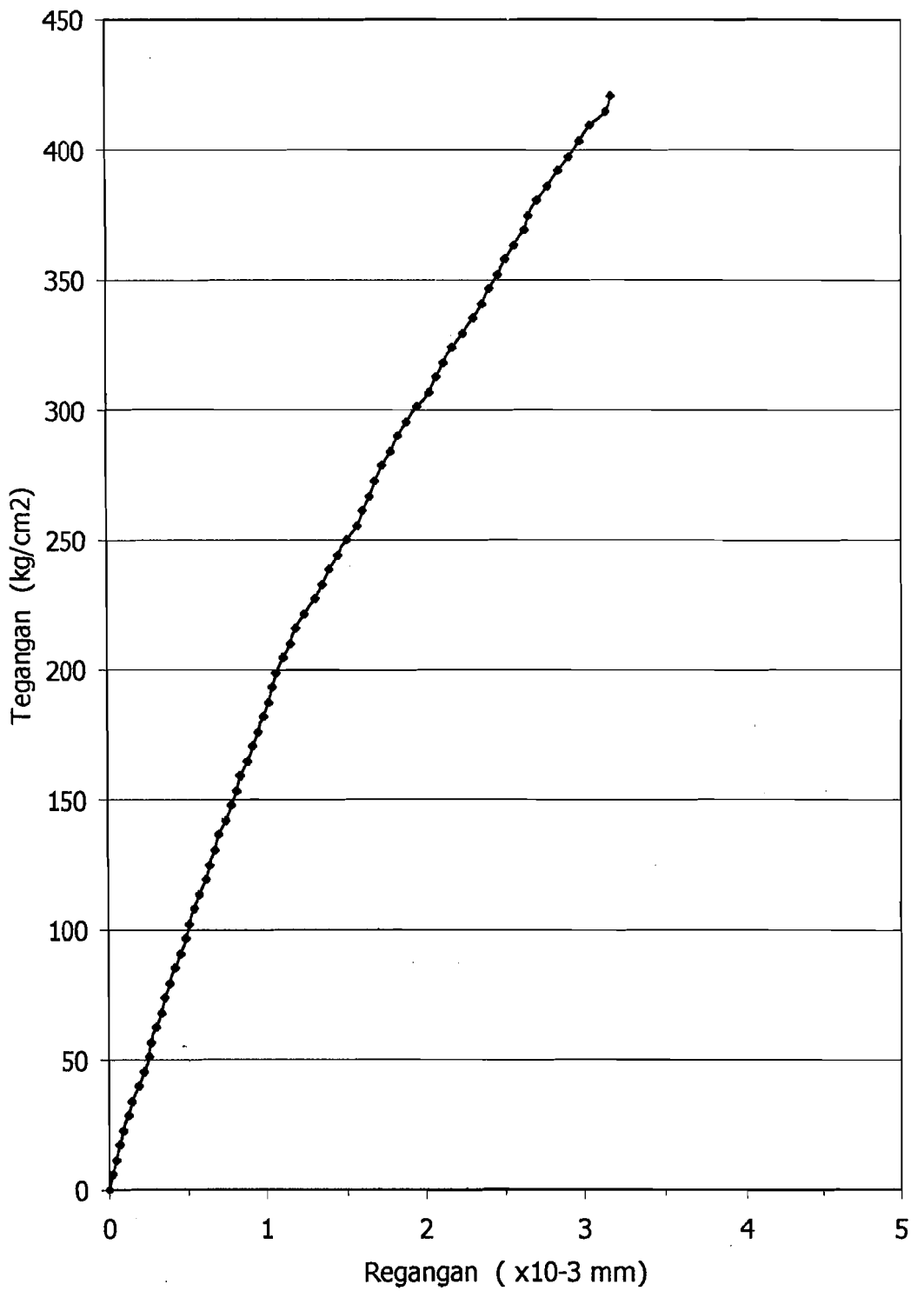
Tabel Tegangan Regangan Silinder Beton Kode KB 1% - 3

(Lanjutan)

Beban ( KN )	Beban ( KG )	$\Delta_L$ ( $10^{-3}$ mm )	$\sigma$ ( kg/cm <sup>2</sup> )	$\epsilon = \Delta/L_0$ ( $10^{-3}$ )	$\epsilon$ Koreksi
410	41000	205	232.90558	1.36667	1.35334
420	42000	212	238.58621	1.41333	1.40000
430	43000	220	244.26683	1.46667	1.45334
440	44000	228	249.94745	1.52000	1.50667
450	45000	238	255.62808	1.58667	1.57334
460	46000	244	261.30870	1.62667	1.61334
470	47000	250	266.98933	1.66667	1.65334
480	48000	256	272.66995	1.70667	1.69334
490	49000	262	278.35057	1.74667	1.73334
500	50000	270	284.03120	1.80000	1.78667
510	51000	278	289.71182	1.85333	1.84000
520	52000	286	295.39245	1.90667	1.89334
530	53000	295	301.07307	1.96667	1.95334
540	54000	307	306.75369	2.04667	2.03334
550	55000	314	312.43432	2.09333	2.08000
560	56000	321	318.11494	2.14000	2.12667
570	57000	330	323.79557	2.20000	2.18667
580	58000	340	329.47619	2.26667	2.25334
590	59000	350	335.15681	2.33333	2.32000
600	60000	358	340.83744	2.38667	2.37334
610	61000	365	346.51806	2.43333	2.42000
620	62000	372	352.19869	2.48000	2.46667
630	63000	380	357.87931	2.53333	2.52000
640	64000	388	363.55993	2.58667	2.57334
650	65000	398	369.24056	2.65333	2.64000
660	66000	402	374.92118	2.68000	2.66667
670	67000	410	380.60181	2.73333	2.72000
680	68000	420	386.28243	2.80000	2.78667
690	69000	430	391.96305	2.86667	2.85334
700	70000	440	397.64368	2.93333	2.92000
710	71000	450	403.32430	3.00000	2.98667
720	72000	460	409.00493	3.06667	3.05334
730	73000	475	414.68555	3.16667	3.15334
740	74000	480	420.36617	3.20000	3.18667



**Grafik Tegangan Regangan Silinder Beton KB 1% - 3**



## TABEL TEGANGAN REGANGAN SILINDER BETON

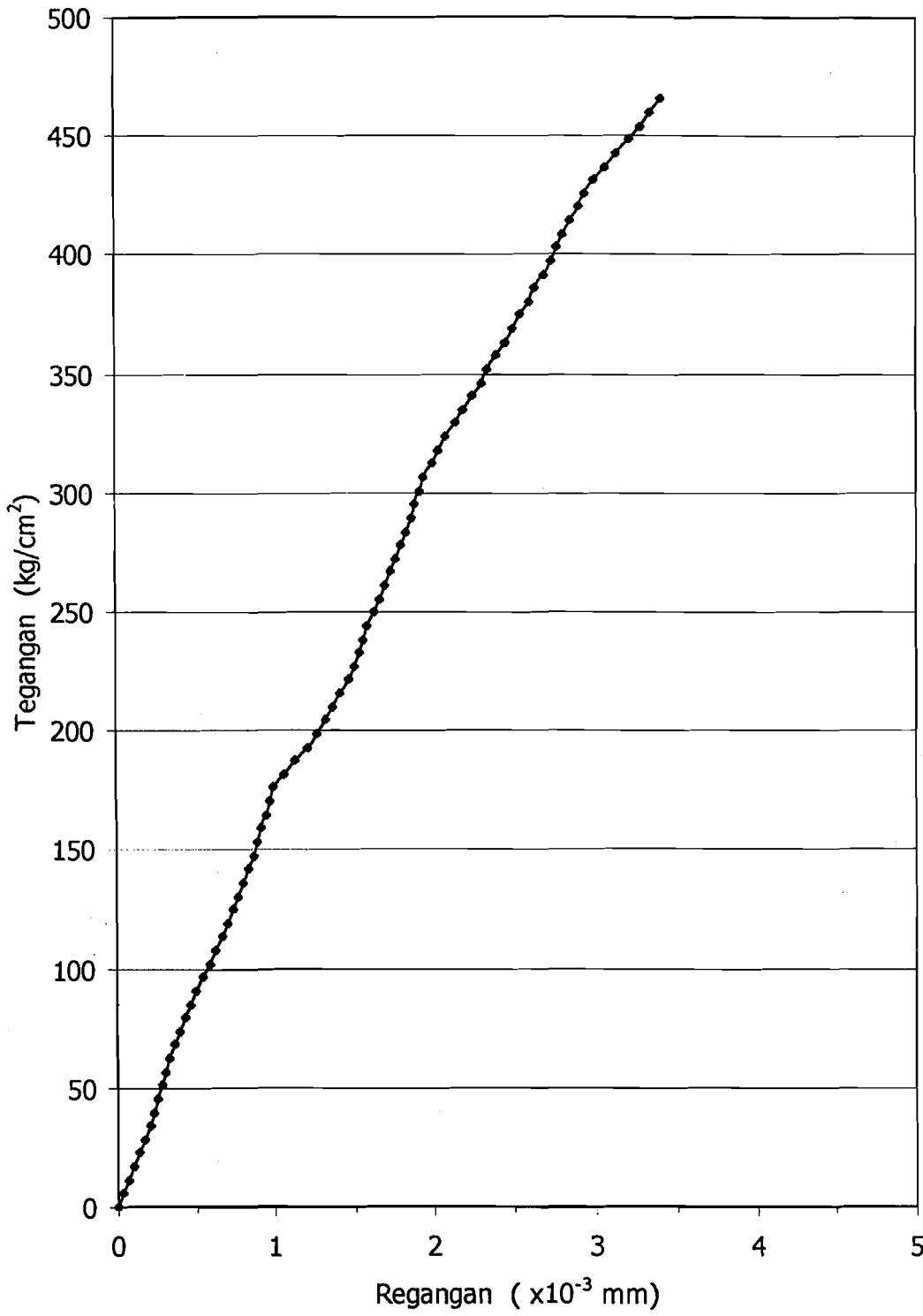
KODE : KB 2% - 1

Beban ( KN )	Beban ( KG )	$\Delta_L$ ( $10^{-3}$ mm )	$\sigma$ ( kg/cm <sup>2</sup> )	$\epsilon = \Delta_L/L_0$ ( $10^{-3}$ )	$\epsilon$ Koreksi
0	0	0	0.00000	0.00000	0.00000
10	1000	5	5.67685	0.03333	0.03333
20	2000	10	11.35370	0.06667	0.06667
30	3000	15	17.03055	0.10000	0.10000
40	4000	20	22.70740	0.13333	0.13333
50	5000	25	28.38425	0.16667	0.16667
60	6000	30	34.06111	0.20000	0.20000
70	7000	34	39.73796	0.22667	0.22667
80	8000	38	45.41481	0.25333	0.25333
90	9000	42	51.09166	0.28000	0.28000
100	10000	46	56.76851	0.30667	0.30667
110	11000	50	62.44536	0.33333	0.33333
120	12000	54	68.12221	0.36000	0.36000
130	13000	60	73.79906	0.40000	0.40000
140	14000	65	79.47591	0.43333	0.43333
150	15000	70	85.15276	0.46667	0.46667
160	16000	75	90.82961	0.50000	0.50000
170	17000	82	96.50647	0.54667	0.54667
180	18000	88	102.18332	0.58667	0.58667
190	19000	94	107.86017	0.62667	0.62667
200	20000	100	113.53702	0.66667	0.66667
210	21000	105	119.21387	0.70000	0.70000
220	22000	110	124.89072	0.73333	0.73333
230	23000	115	130.56757	0.76667	0.76667
240	24000	120	136.24442	0.80000	0.80000
250	25000	125	141.92127	0.83333	0.83333
260	26000	130	147.59812	0.86667	0.86667
270	27000	134	153.27498	0.89333	0.89333
280	28000	138	158.95183	0.92000	0.92000
290	29000	142	164.62868	0.94667	0.94667
300	30000	146	170.30553	0.97333	0.97333
310	31000	150	175.98238	1.00000	1.00000
320	32000	160	181.65923	1.06667	1.06667
330	33000	170	187.33608	1.13333	1.13333
340	34000	182	193.01293	1.21333	1.21333
350	35000	190	198.68978	1.26667	1.26667
360	36000	198	204.36663	1.32000	1.32000
370	37000	205	210.04348	1.36667	1.36667
380	38000	212	215.72034	1.41333	1.41333
390	39000	220	221.39719	1.46667	1.46667
400	40000	225	227.07404	1.50000	1.50000

Tabel Tegangan Regangan Silinder Beton Kode KB 2% - 1 (Lanjutan)

Beban ( KN )	Beban ( KG )	$\Delta_L$ ( $10^{-3}$ mm )	$\sigma$ ( kg/cm <sup>2</sup> )	$\epsilon = \Delta_L/L_0$ ( $10^{-3}$ )	$\epsilon$ Koreksi
410	41000	230	232.75089	1.53333	1.53333
420	42000	234	238.42774	1.56000	1.56000
430	43000	238	244.10459	1.58667	1.58667
440	44000	244	249.78144	1.62667	1.62667
450	45000	250	255.45829	1.66667	1.66667
460	46000	254	261.13514	1.69333	1.69333
470	47000	260	266.81199	1.73333	1.73333
480	48000	265	272.48884	1.76667	1.76667
490	49000	270	278.16570	1.80000	1.80000
500	50000	275	283.84255	1.83333	1.83333
510	51000	280	289.51940	1.86667	1.86667
520	52000	284	295.19625	1.89333	1.89333
530	53000	288	300.87310	1.92000	1.92000
540	54000	292	306.54995	1.94667	1.94667
550	55000	300	312.22680	2.00000	2.00000
560	56000	305	317.90365	2.03333	2.03333
570	57000	312	323.58050	2.08000	2.08000
580	58000	322	329.25735	2.14667	2.14667
590	59000	330	334.93421	2.20000	2.20000
600	60000	338	340.61106	2.25333	2.25333
610	61000	346	346.28791	2.30667	2.30667
620	62000	352	351.96476	2.34667	2.34667
630	63000	360	357.64161	2.40000	2.40000
640	64000	368	363.31846	2.45333	2.45333
650	65000	375	368.99531	2.50000	2.50000
660	66000	382	374.67216	2.54667	2.54667
670	67000	390	380.34901	2.60000	2.60000
680	68000	396	386.02586	2.64000	2.64000
690	69000	403	391.70271	2.68667	2.68667
700	70000	410	397.37957	2.73333	2.73333
710	71000	415	403.05642	2.76667	2.76667
720	72000	420	408.73327	2.80000	2.80000
730	73000	428	414.41012	2.85333	2.85333
740	74000	436	420.08697	2.90667	2.90667
750	75000	442	425.76382	2.94667	2.94667
760	76000	450	431.44067	3.00000	3.00000
770	77000	460	437.11752	3.06667	3.06667
780	78000	470	442.79437	3.13333	3.13333
790	79000	482	448.47122	3.21333	3.21333
800	80000	492	454.14807	3.28000	3.28000
810	81000	500	459.82493	3.33333	3.33333
820	82000	510	465.50178	3.40000	3.40000

**Grafik Tegangan Regangan Silinder Beton KB 2% - 1**



## TABEL TEGANGAN REGANGAN SILINDER BETON

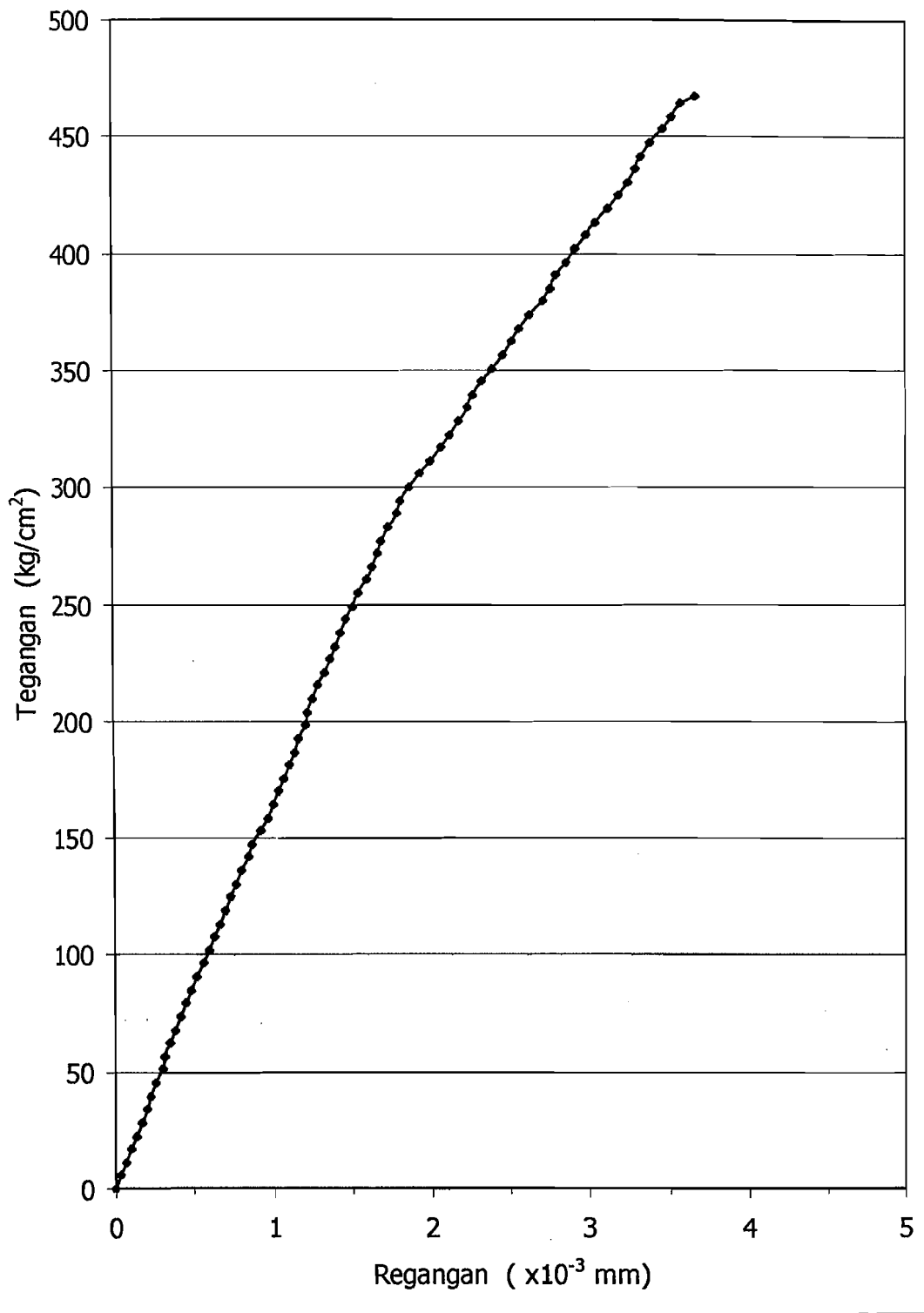
KODE : KB 2% - 2

Beban ( KN )	Beban ( KG )	$\Delta_L$ ( $10^{-3}$ mm )	$\sigma$ ( kg/cm <sup>2</sup> )	$\epsilon = \Delta_L/L_0$ ( $10^{-3}$ )	$\epsilon$ Koreksi
0	0	0	0.00000	0.00000	0.00000
10	1000	5	5.66171	0.03333	0.03333
20	2000	10	11.32343	0.06667	0.06667
30	3000	15	16.98514	0.10000	0.10000
40	4000	21	22.64685	0.14000	0.14000
50	5000	26	28.30856	0.17333	0.17333
60	6000	30	33.97028	0.20000	0.20000
70	7000	34	39.63199	0.22667	0.22667
80	8000	39	45.29370	0.26000	0.26000
90	9000	45	50.95541	0.30000	0.30000
100	10000	48	56.61713	0.32000	0.32000
110	11000	53	62.27884	0.35333	0.35333
120	12000	58	67.94055	0.38667	0.38667
130	13000	63	73.60226	0.42000	0.42000
140	14000	68	79.26398	0.45333	0.45333
150	15000	73	84.92569	0.48667	0.48667
160	16000	78	90.58740	0.52000	0.52000
170	17000	84	96.24912	0.56000	0.56000
180	18000	89	101.91083	0.59333	0.59333
190	19000	95	107.57254	0.63333	0.63333
200	20000	100	113.23425	0.66667	0.66667
210	21000	105	118.89597	0.70000	0.70000
220	22000	110	124.55768	0.73333	0.73333
230	23000	115	130.21939	0.76667	0.76667
240	24000	120	135.88110	0.80000	0.80000
250	25000	126	141.54282	0.84000	0.84000
260	26000	130	147.20453	0.86667	0.86667
270	27000	138	152.86624	0.92000	0.92000
280	28000	145	158.52795	0.96667	0.96667
290	29000	150	164.18967	1.00000	1.00000
300	30000	155	169.85138	1.03333	1.03333
310	31000	160	175.51309	1.06667	1.06667
320	32000	166	181.17481	1.10667	1.10667
330	33000	170	186.83652	1.13333	1.13333
340	34000	174	192.49823	1.16000	1.16000
350	35000	180	198.15994	1.20000	1.20000
360	36000	183	203.82166	1.22000	1.22000
370	37000	188	209.48337	1.25333	1.25333
380	38000	192	215.14508	1.28000	1.28000
390	39000	200	220.80679	1.33333	1.33333
400	40000	205	226.46851	1.36667	1.36667

Tabel Tegangan Regangan Silinder Beton Kode KB 2% - 2 (Lanjutan)

Beban ( KN )	Beban ( KG )	$\Delta_L$ ( $10^{-3}$ mm )	$\sigma$ ( $kg/cm^2$ )	$\epsilon = \Delta_L/L_0$ ( $10^{-3}$ )	$\epsilon$ Koreksi
410	41000	210	232.13022	1.40000	1.40000
420	42000	215	237.79193	1.43333	1.43333
430	43000	220	243.45364	1.46667	1.46667
440	44000	226	249.11536	1.50667	1.50667
450	45000	232	254.77707	1.54667	1.54667
460	46000	240	260.43878	1.60000	1.60000
470	47000	245	266.10050	1.63333	1.63333
480	48000	250	271.76221	1.66667	1.66667
490	49000	254	277.42392	1.69333	1.69333
500	50000	260	283.08563	1.73333	1.73333
510	51000	268	288.74735	1.78667	1.78667
520	52000	272	294.40906	1.81333	1.81333
530	53000	280	300.07077	1.86667	1.86667
540	54000	290	305.73248	1.93333	1.93333
550	55000	300	311.39420	2.00000	2.00000
560	56000	310	317.05591	2.06667	2.06667
570	57000	320	322.71762	2.13333	2.13333
580	58000	328	328.37933	2.18667	2.18667
590	59000	336	334.04105	2.24000	2.24000
600	60000	342	339.70276	2.28000	2.28000
610	61000	350	345.36447	2.33333	2.33333
620	62000	360	351.02619	2.40000	2.40000
630	63000	370	356.68790	2.46667	2.46667
640	64000	378	362.34961	2.52000	2.52000
650	65000	385	368.01132	2.56667	2.56667
660	66000	395	373.67304	2.63333	2.63333
670	67000	408	379.33475	2.72000	2.72000
680	68000	415	384.99646	2.76667	2.76667
690	69000	420	390.65817	2.80000	2.80000
700	70000	430	396.31989	2.86667	2.86667
710	71000	440	401.98160	2.93333	2.93333
720	72000	450	407.64331	3.00000	3.00000
730	73000	458	413.30502	3.05333	3.05333
740	74000	470	418.96674	3.13333	3.13333
750	75000	480	424.62845	3.20000	3.20000
760	76000	488	430.29016	3.25333	3.25333
770	77000	495	435.95188	3.30000	3.30000
780	78000	400	441.61359	2.66667	2.66667
790	79000	408	447.27530	2.72000	2.72000
800	80000	420	452.93701	2.80000	2.80000
810	81000	428	458.59873	2.85333	2.85333
820	82000	438	464.26044	2.92000	2.92000
825	82500	450	467.09130	3.00000	3.00000

**Grafik Tegangan Regangan Silinder Beton KB 2% - 2**



## TABEL TEGANGAN REGANGAN SILINDER BETON

**KODE : KB 2% - 3**

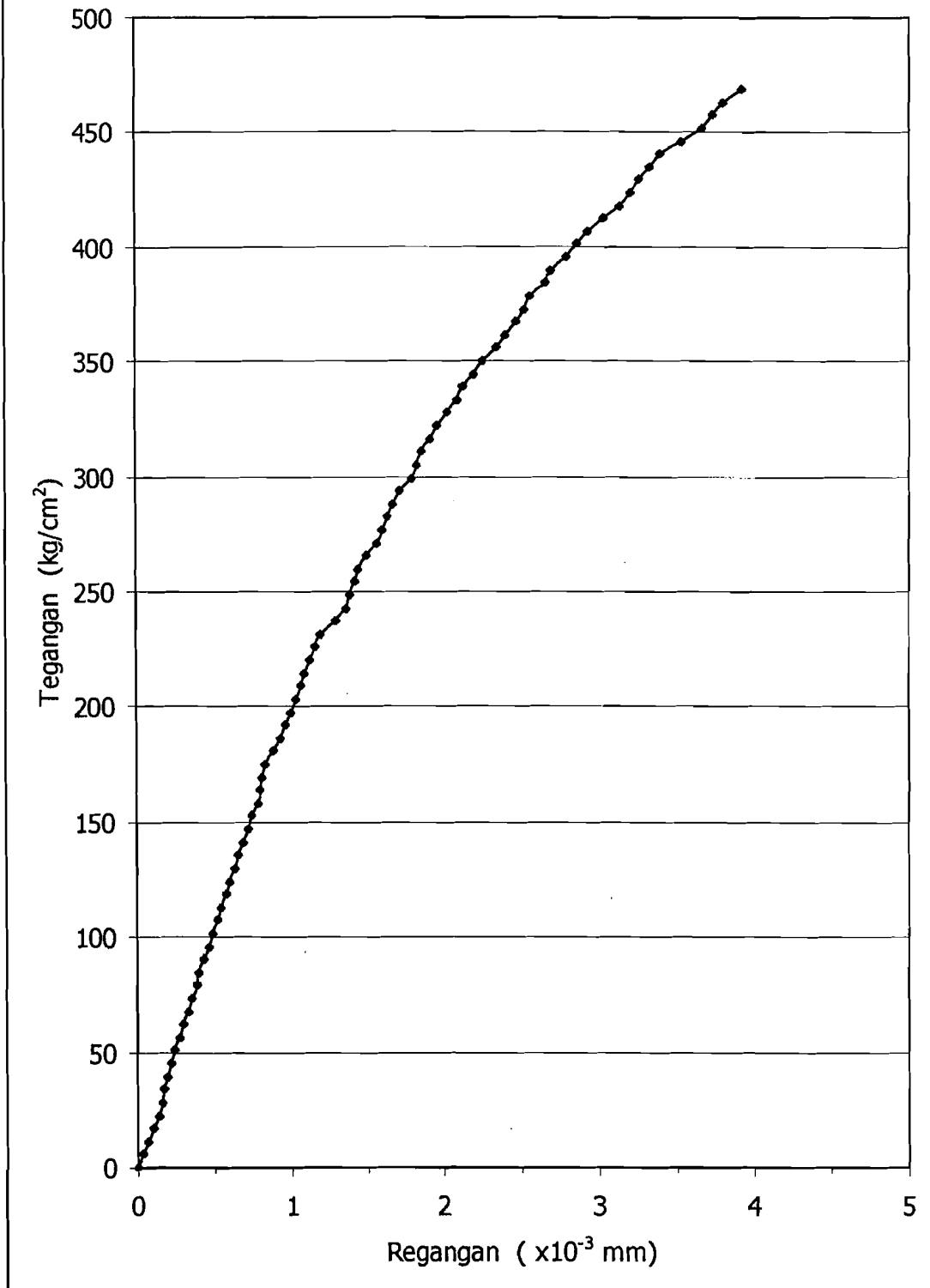
Beban ( KN )	Beban ( KG )	$\Delta_L$ ( $10^{-3}$ mm )	$\sigma$ ( kg/cm <sup>2</sup> )	$\epsilon = \Delta_L/L_0$ ( $10^{-3}$ )	$\epsilon$ Koreksi
0	0	0	0.00000	0.00000	0.00000
10	1000	5	5.64752	0.03333	0.03333
20	2000	10	11.29503	0.06667	0.06667
30	3000	15	16.94255	0.10000	0.10000
40	4000	20	22.59006	0.13333	0.13333
50	5000	23	28.23758	0.15333	0.15333
60	6000	26	33.88510	0.17333	0.17333
70	7000	29	39.53261	0.19333	0.19333
80	8000	33	45.18013	0.22000	0.22000
90	9000	36	50.82764	0.24000	0.24000
100	10000	40	56.47516	0.26667	0.26667
110	11000	44	62.12268	0.29333	0.29333
120	12000	49	67.77019	0.32667	0.32667
130	13000	53	73.41771	0.35333	0.35333
140	14000	57	79.06522	0.38000	0.38000
150	15000	60	84.71274	0.40000	0.40000
160	16000	65	90.36026	0.43333	0.43333
170	17000	70	96.00777	0.46667	0.46667
180	18000	73	101.65529	0.48667	0.48667
190	19000	78	107.30280	0.52000	0.52000
200	20000	82	112.95032	0.54667	0.54667
210	21000	86	118.59783	0.57333	0.57333
220	22000	90	124.24535	0.60000	0.60000
230	23000	94	129.89287	0.62667	0.62667
240	24000	99	135.54038	0.66000	0.66000
250	25000	104	141.18790	0.69333	0.69333
260	26000	108	146.83541	0.72000	0.72000
270	27000	112	152.48293	0.74667	0.74667
280	28000	118	158.13045	0.78667	0.78667
290	29000	120	163.77796	0.80000	0.80000
300	30000	122	169.42548	0.81333	0.81333
310	31000	125	175.07299	0.83333	0.83333
320	32000	134	180.72051	0.89333	0.89333
330	33000	140	186.36803	0.93333	0.93333
340	34000	145	192.01554	0.96667	0.96667
350	35000	150	197.66306	1.00000	1.00000
360	36000	155	203.31057	1.03333	1.03333
370	37000	160	208.95809	1.06667	1.06667
380	38000	165	214.60561	1.10000	1.10000
390	39000	170	220.25312	1.13333	1.13333
400	40000	175	225.90064	1.16667	1.16667



Tabel Tegangan Regangan Silinder Beton Kode KB 2% - 3 (Lanjutan)

Beban (KN)	Beban (KG)	$\Delta_L$ ( $10^{-3}$ mm)	$\sigma$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\epsilon = \Delta_L/L_0$ ( $10^{-3}$ )	$\epsilon$ Koreksi
410	41000	180	231.54815	1.20000	1.20000
420	42000	195	237.19567	1.30000	1.30000
430	43000	205	242.84319	1.36667	1.36667
440	44000	209	248.49070	1.39333	1.39333
450	45000	214	254.13822	1.42667	1.42667
460	46000	217	259.78573	1.44667	1.44667
470	47000	225	265.43325	1.50000	1.50000
480	48000	235	271.08077	1.56667	1.56667
490	49000	240	276.72828	1.60000	1.60000
500	50000	246	282.37580	1.64000	1.64000
510	51000	251	288.02331	1.67333	1.67333
520	52000	258	293.67083	1.72000	1.72000
530	53000	269	299.31834	1.79333	1.79333
540	54000	275	304.96586	1.83333	1.83333
550	55000	280	310.61338	1.86667	1.86667
560	56000	288	316.26089	1.92000	1.92000
570	57000	295	321.90841	1.96667	1.96667
580	58000	305	327.55592	2.03333	2.03333
590	59000	315	333.20344	2.10000	2.10000
600	60000	320	338.85096	2.13333	2.13333
610	61000	330	344.49847	2.20000	2.20000
620	62000	338	350.14599	2.25333	2.25333
630	63000	352	355.79350	2.34667	2.34667
640	64000	360	361.44102	2.40000	2.40000
650	65000	370	367.08854	2.46667	2.46667
660	66000	380	372.73605	2.53333	2.53333
670	67000	385	378.38357	2.56667	2.56667
680	68000	400	384.03108	2.66667	2.66667
690	69000	405	389.67860	2.70000	2.70000
700	70000	420	395.32612	2.80000	2.80000
710	71000	430	400.97363	2.86667	2.86667
720	72000	440	406.62115	2.93333	2.93333
730	73000	455	412.26866	3.03333	3.03333
740	74000	470	417.91618	3.13333	3.13333
750	75000	480	423.56370	3.20000	3.20000
760	76000	490	429.21121	3.26667	3.26667
770	77000	500	434.85873	3.33333	3.33333
780	78000	510	440.50624	3.40000	3.40000
790	79000	530	446.15376	3.53333	3.53333
800	80000	550	451.80128	3.66667	3.66667
810	81000	560	457.44879	3.73333	3.73333
820	82000	570	463.09631	3.80000	3.80000
830	83000	590	468.74382	3.93333	3.93333

**Grafik Tegangan Regangan KB 2% - 3**



## TABEL TEGANGAN REGANGAN SILINDER BETON

KODE : KB 3% - 1

Beban ( KN )	Beban ( KG )	$\Delta_L$ ( $10^{-3}$ mm )	$\sigma$ ( kg/cm <sup>2</sup> )	$\epsilon = \Delta_L/L_0$ ( $10^{-3}$ )	$\epsilon$ Koreksi
0	0	0	0.00000	0.00000	0.00000
10	1000	5	5.69966	0.03333	0.03333
20	2000	10	11.39932	0.06667	0.06667
30	3000	15	17.09899	0.10000	0.10000
40	4000	20	22.79865	0.13333	0.13333
50	5000	24	28.49831	0.16000	0.16000
60	6000	30	34.19797	0.20000	0.20000
70	7000	35	39.89763	0.23333	0.23333
80	8000	40	45.59730	0.26667	0.26667
90	9000	45	51.29696	0.30000	0.30000
100	10000	51	56.99662	0.34000	0.34000
110	11000	56	62.69628	0.37333	0.37333
120	12000	63	68.39594	0.42000	0.42000
130	13000	68	74.09561	0.45333	0.45333
140	14000	73	79.79527	0.48667	0.48667
150	15000	78	85.49493	0.52000	0.52000
160	16000	84	91.19459	0.56000	0.56000
170	17000	89	96.89425	0.59333	0.59333
180	18000	95	102.59392	0.63333	0.63333
190	19000	100	108.29358	0.66667	0.66667
200	20000	105	113.99324	0.70000	0.70000
210	21000	110	119.69290	0.73333	0.73333
220	22000	117	125.39256	0.78000	0.78000
230	23000	122	131.09223	0.81333	0.81333
240	24000	127	136.79189	0.84667	0.84667
250	25000	132	142.49155	0.88000	0.88000
260	26000	138	148.19121	0.92000	0.92000
270	27000	142	153.89087	0.94667	0.94667
280	28000	150	159.59054	1.00000	1.00000
290	29000	156	165.29020	1.04000	1.04000
300	30000	163	170.98986	1.08667	1.08667
310	31000	167	176.68952	1.11333	1.11333
320	32000	172	182.38918	1.14667	1.14667
330	33000	180	188.08885	1.20000	1.20000
340	34000	184	193.78851	1.22667	1.22667
350	35000	190	199.48817	1.26667	1.26667
360	36000	195	205.18783	1.30000	1.30000
370	37000	200	210.88749	1.33333	1.33333
380	38000	205	216.58716	1.36667	1.36667
390	39000	212	222.28682	1.41333	1.41333
400	40000	218	227.98648	1.45333	1.45333

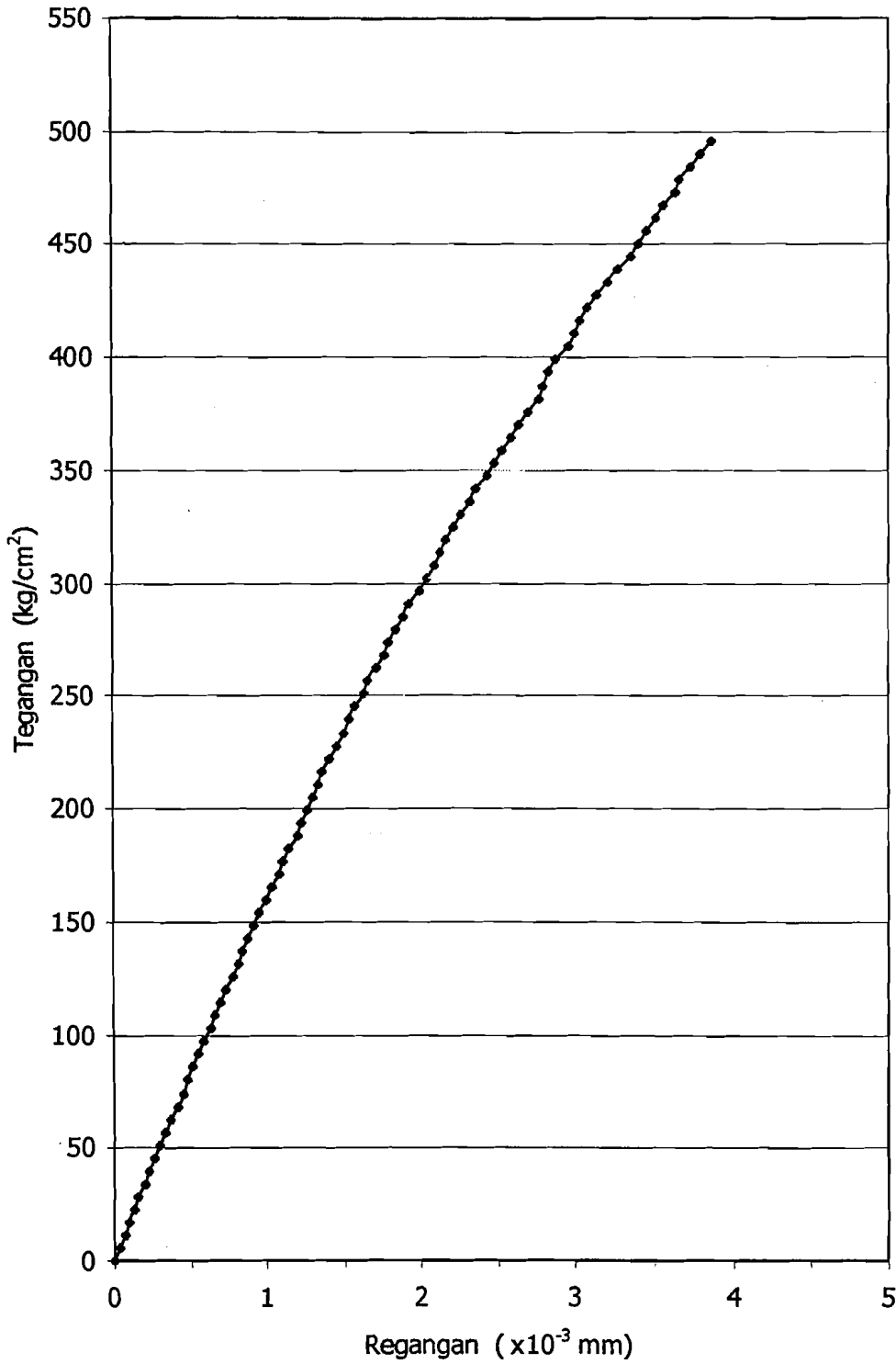
Tabel Tegangan Regangan Silinder Beton Kode KB 3% - 1 (Lanjutan)

Beban ( KN )	Beban ( KG )	$\Delta_L$ ( $10^{-3}$ mm )	$\sigma$ ( $\text{kg/cm}^2$ )	$\epsilon = \Delta_L/L_0$ ( $10^{-3}$ )	$\epsilon$ Koreksi
410	41000	225	233.68614	1.50000	1.50000
420	42000	232	239.38580	1.54667	1.54667
430	43000	237	245.08547	1.58000	1.58000
440	44000	245	250.78513	1.63333	1.63333
450	45000	250	256.48479	1.66667	1.66667
460	46000	258	262.18445	1.72000	1.72000
470	47000	265	267.88411	1.76667	1.76667
480	48000	270	273.58378	1.80000	1.80000
490	49000	277	279.28344	1.84667	1.84667
500	50000	284	284.98310	1.89333	1.89333
510	51000	290	290.68276	1.93333	1.93333
520	52000	300	296.38242	2.00000	2.00000
530	53000	308	302.08209	2.05333	2.05333
540	54000	314	307.78175	2.09333	2.09333
550	55000	320	313.48141	2.13333	2.13333
560	56000	325	319.18107	2.16667	2.16667
570	57000	332	324.88073	2.21333	2.21333
580	58000	340	330.58040	2.26667	2.26667
590	59000	348	336.28006	2.32000	2.32000
600	60000	355	341.97972	2.36667	2.36667
610	61000	365	347.67938	2.43333	2.43333
620	62000	372	353.37904	2.48000	2.48000
630	63000	380	359.07871	2.53333	2.53333
640	64000	388	364.77837	2.58667	2.58667
650	65000	395	370.47803	2.63333	2.63333
660	66000	405	376.17769	2.70000	2.70000
670	67000	415	381.87735	2.76667	2.76667
680	68000	420	387.57702	2.80000	2.80000
690	69000	425	393.27668	2.83333	2.83333
700	70000	432	398.97634	2.88000	2.88000
710	71000	445	404.67600	2.96667	2.96667
720	72000	450	410.37566	3.00000	3.00000
730	73000	455	416.07533	3.03333	3.03333
740	74000	463	421.77499	3.08667	3.08667
750	75000	472	427.47465	3.14667	3.14667
760	76000	482	433.17431	3.21333	3.21333
770	77000	492	438.87397	3.28000	3.28000
780	78000	505	444.57364	3.36667	3.36667
790	79000	512	450.27330	3.41333	3.41333
800	80000	518	455.97296	3.45333	3.45333

Tabel Tegangan Regangan Silinder Beton Kode KB 3% - 1 (Lanjutan)

Beban ( KN )	Beban ( KG )	$\Delta_L$ ( $10^{-3}$ mm )	$\sigma$ ( kg/cm <sup>2</sup> )	$\epsilon = \Delta_L/L_0$ ( $10^{-3}$ )	$\epsilon$ Koreksi
810	81000	528	461.67262	3.52000	3.52000
820	82000	535	467.37228	3.56667	3.56667
830	83000	545	473.07195	3.63333	3.63333
840	84000	550	478.77161	3.66667	3.66667
850	85000	560	484.47127	3.73333	3.73333
860	86000	570	490.17093	3.80000	3.80000
870	87000	580	495.87059	3.86667	3.86667

**Grafik Tegangan Regangan Silinder Beton KB 3% - 1**



## TABEL TEGANGAN REGANGAN SILINDER BETON

KODE : KB 3% - 2

Beban ( KN )	Beban ( KG )	$\Delta_L$ ( $10^{-3}$ mm )	$\sigma$ ( kg/cm <sup>2</sup> )	$\epsilon = \Delta/L_0$ ( $10^{-3}$ )	$\epsilon$ Koreksi
0	0	0	0.00000	0.01333	0.00000
10	1000	5	5.68062	0.03333	0.02000
20	2000	8	11.36125	0.05333	0.04000
30	3000	15	17.04187	0.10000	0.08667
40	4000	20	22.72250	0.13333	0.12000
50	5000	24	28.40312	0.16000	0.14667
60	6000	28	34.08374	0.18667	0.17334
70	7000	33	39.76437	0.22000	0.20667
80	8000	36	45.44499	0.24000	0.22667
90	9000	39	51.12562	0.26000	0.24667
100	10000	43	56.80624	0.28667	0.27334
110	11000	50	62.48686	0.33333	0.32000
120	12000	56	68.16749	0.37333	0.36000
130	13000	61	73.84811	0.40667	0.39334
140	14000	65	79.52874	0.43333	0.42000
150	15000	71	85.20936	0.47333	0.46000
160	16000	76	90.88998	0.50667	0.49334
170	17000	82	96.57061	0.54667	0.53334
180	18000	88	102.25123	0.58667	0.57334
190	19000	94	107.93186	0.62667	0.61334
200	20000	103	113.61248	0.68667	0.67334
210	21000	106	119.29310	0.70667	0.69334
220	22000	109	124.97373	0.72667	0.71334
230	23000	112	130.65435	0.74667	0.73334
240	24000	120	136.33498	0.80000	0.78667
250	25000	125	142.01560	0.83333	0.82000
260	26000	132	147.69622	0.88000	0.86667
270	27000	138	153.37685	0.92000	0.90667
280	28000	145	159.05747	0.96667	0.95334
290	29000	150	164.73809	1.00000	0.98667
300	30000	154	170.41872	1.02667	1.01334
310	31000	159	176.09934	1.06000	1.04667
320	32000	163	181.77997	1.08667	1.07334
330	33000	170	187.46059	1.13333	1.12000
340	34000	175	193.14121	1.16667	1.15334
350	35000	180	198.82184	1.20000	1.18667
360	36000	184	204.50246	1.22667	1.21334
370	37000	188	210.18309	1.25333	1.24000
380	38000	192	215.86371	1.28000	1.26667
390	39000	198	221.54433	1.32000	1.30667
400	40000	205	227.22496	1.36667	1.35334

Tabel Tegangan Regangan Silinder Beton Kode KB 3% - 2 (Lanjutan)

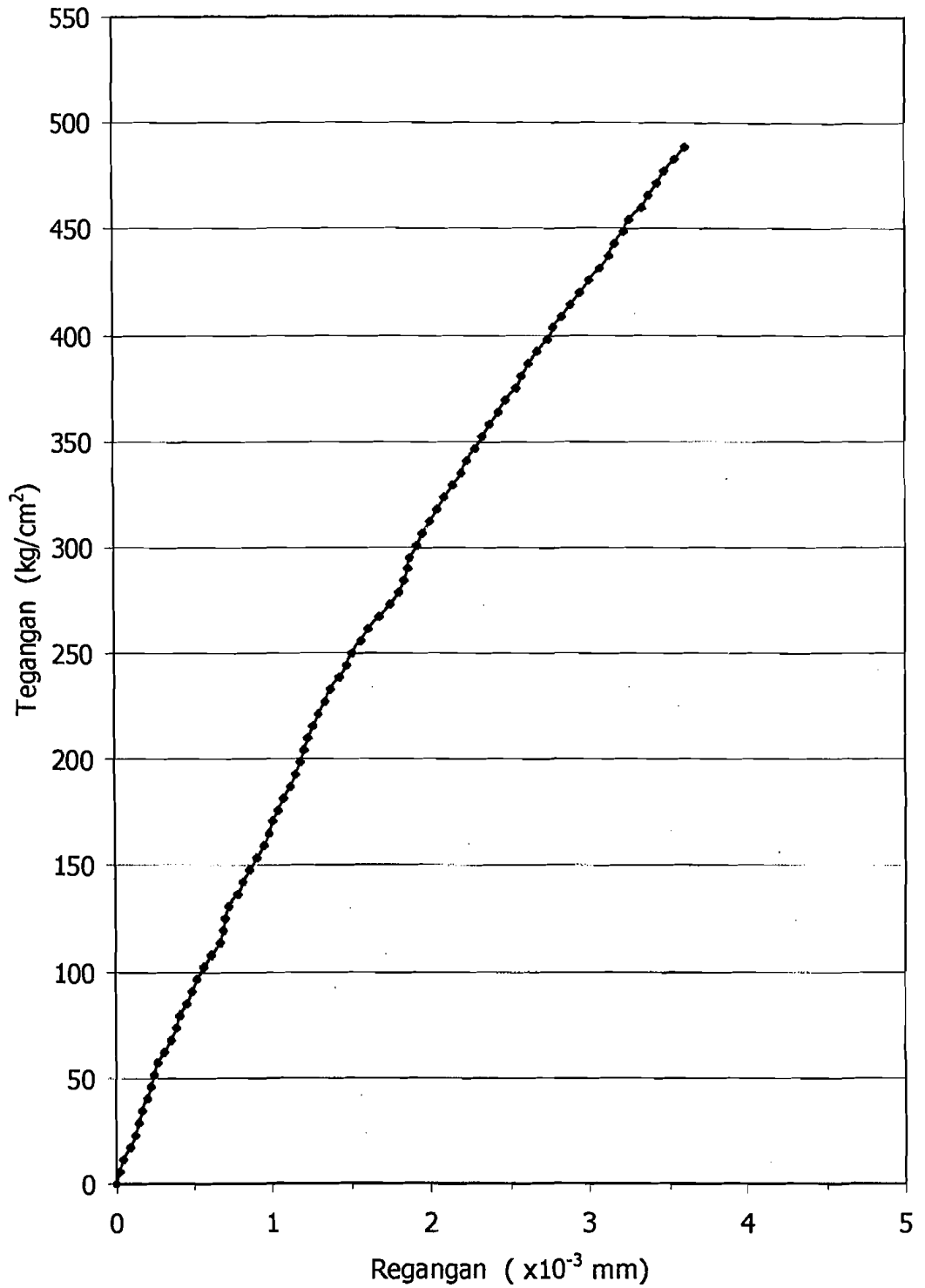
Beban ( KN )	Beban ( KG )	$\Delta_L$ ( $10^{-3}$ mm )	$\sigma$ ( $\text{kg/cm}^2$ )	$\epsilon = \Delta_L/L_0$ ( $10^{-3}$ )	$\epsilon$ Koreksi
410	41000	210	232.90558	1.40000	1.38667
420	42000	218	238.58621	1.45333	1.44000
430	43000	225	244.26683	1.50000	1.48667
440	44000	230	249.94745	1.53333	1.52000
450	45000	238	255.62808	1.58667	1.57334
460	46000	244	261.30870	1.62667	1.61334
470	47000	255	266.98933	1.70000	1.68667
480	48000	265	272.66995	1.76667	1.75334
490	49000	274	278.35057	1.82667	1.81334
500	50000	278	284.03120	1.85333	1.84000
510	51000	281	289.71182	1.87333	1.86000
520	52000	284	295.39245	1.89333	1.88000
530	53000	290	301.07307	1.93333	1.92000
540	54000	295	306.75369	1.96667	1.95334
550	55000	302	312.43432	2.01333	2.00000
560	56000	308	318.11494	2.05333	2.04000
570	57000	316	323.79557	2.10667	2.09334
580	58000	324	329.47619	2.16000	2.14667
590	59000	333	335.15681	2.22000	2.20667
600	60000	338	340.83744	2.25333	2.24000
610	61000	346	346.51806	2.30667	2.29334
620	62000	352	352.19869	2.34667	2.33334
630	63000	360	357.87931	2.40000	2.38667
640	64000	368	363.55993	2.45333	2.44000
650	65000	375	369.24056	2.50000	2.48667
660	66000	385	374.92118	2.56667	2.55334
670	67000	390	380.60181	2.60000	2.58667
680	68000	396	386.28243	2.64000	2.62667
690	69000	405	391.96305	2.70000	2.68667
700	70000	415	397.64368	2.76667	2.75334
710	71000	420	403.32430	2.80000	2.78667
720	72000	429	409.00493	2.86000	2.84667
730	73000	436	414.68555	2.90667	2.89334
740	74000	445	420.36617	2.96667	2.95334
750	75000	453	426.04680	3.02000	3.00667
760	76000	464	431.72742	3.09333	3.08000
770	77000	472	437.40804	3.14667	3.13334
780	78000	478	443.08867	3.18667	3.17334
790	79000	486	448.76929	3.24000	3.22667
800	80000	490	454.44992	3.26667	3.25334



Tabel Tegangan Regangan Silinder Beton Kode KB 3% - 2 (Lanjutan)

Beban ( KN )	Beban ( KG )	$\Delta_L$ ( $10^{-3}$ mm )	$\sigma$ ( kg/cm <sup>2</sup> )	$\epsilon = \Delta_L/L_0$ ( $10^{-3}$ )	$\epsilon$ Koreksi
810	81000	503	460.13054	3.35333	3.34000
820	82000	510	465.81116	3.40000	3.38667
830	83000	518	471.49179	3.45333	3.44000
840	84000	525	477.17241	3.50000	3.48667
850	85000	535	482.85304	3.56667	3.55334
860	86000	545	488.53366	3.63333	3.62000

**Grafik Tegangan Regangan Silinder Beton KB 3% - 2**



## TABEL TEGANGAN REGANGAN SILINDER BETON

**KODE : KB 3% - 3**

Beban ( KN )	Beban ( KG )	$\Delta_L$ ( $10^{-3}$ mm )	$\sigma$ ( kg/cm <sup>2</sup> )	$\epsilon = \Delta_L/L_0$ ( $10^{-3}$ )	$\epsilon$ Koreksi
0	0	0	0.00000	0.00000	0.00000
10	1000	4	5.65416	0.02667	0.02667
20	2000	8	11.30832	0.05333	0.05333
30	3000	12	16.96247	0.08000	0.08000
40	4000	17	22.61663	0.11333	0.11333
50	5000	22	28.27079	0.14667	0.14667
60	6000	25	33.92495	0.16667	0.16667
70	7000	30	39.57910	0.20000	0.20000
80	8000	35	45.23326	0.23333	0.23333
90	9000	40	50.88742	0.26667	0.26667
100	10000	45	56.54158	0.30000	0.30000
110	11000	50	62.19574	0.33333	0.33333
120	12000	54	67.84989	0.36000	0.36000
130	13000	58	73.50405	0.38667	0.38667
140	14000	63	79.15821	0.42000	0.42000
150	15000	69	84.81237	0.46000	0.46000
160	16000	75	90.46652	0.50000	0.50000
170	17000	78	96.12068	0.52000	0.52000
180	18000	83	101.77484	0.55333	0.55333
190	19000	88	107.42900	0.58667	0.58667
200	20000	90	113.08316	0.60000	0.60000
210	21000	95	118.73731	0.63333	0.63333
220	22000	100	124.39147	0.66667	0.66667
230	23000	103	130.04563	0.68667	0.68667
240	24000	105	135.69979	0.70000	0.70000
250	25000	110	141.35394	0.73333	0.73333
260	26000	115	147.00810	0.76667	0.76667
270	27000	120	152.66226	0.80000	0.80000
280	28000	123	158.31642	0.82000	0.82000
290	29000	128	163.97058	0.85333	0.85333
300	30000	133	169.62473	0.88667	0.88667
310	31000	138	175.27889	0.92000	0.92000
320	32000	143	180.93305	0.95333	0.95333
330	33000	148	186.58721	0.98667	0.98667
340	34000	153	192.24136	1.02000	1.02000
350	35000	158	197.89552	1.05333	1.05333
360	36000	162	203.54968	1.08000	1.08000
370	37000	170	209.20384	1.13333	1.13333
380	38000	175	214.85800	1.16667	1.16667
390	39000	180	220.51215	1.20000	1.20000
400	40000	186	226.16631	1.24000	1.24000

Tabel Tegangan Regangan Silinder Beton Kode KB 3% - 3

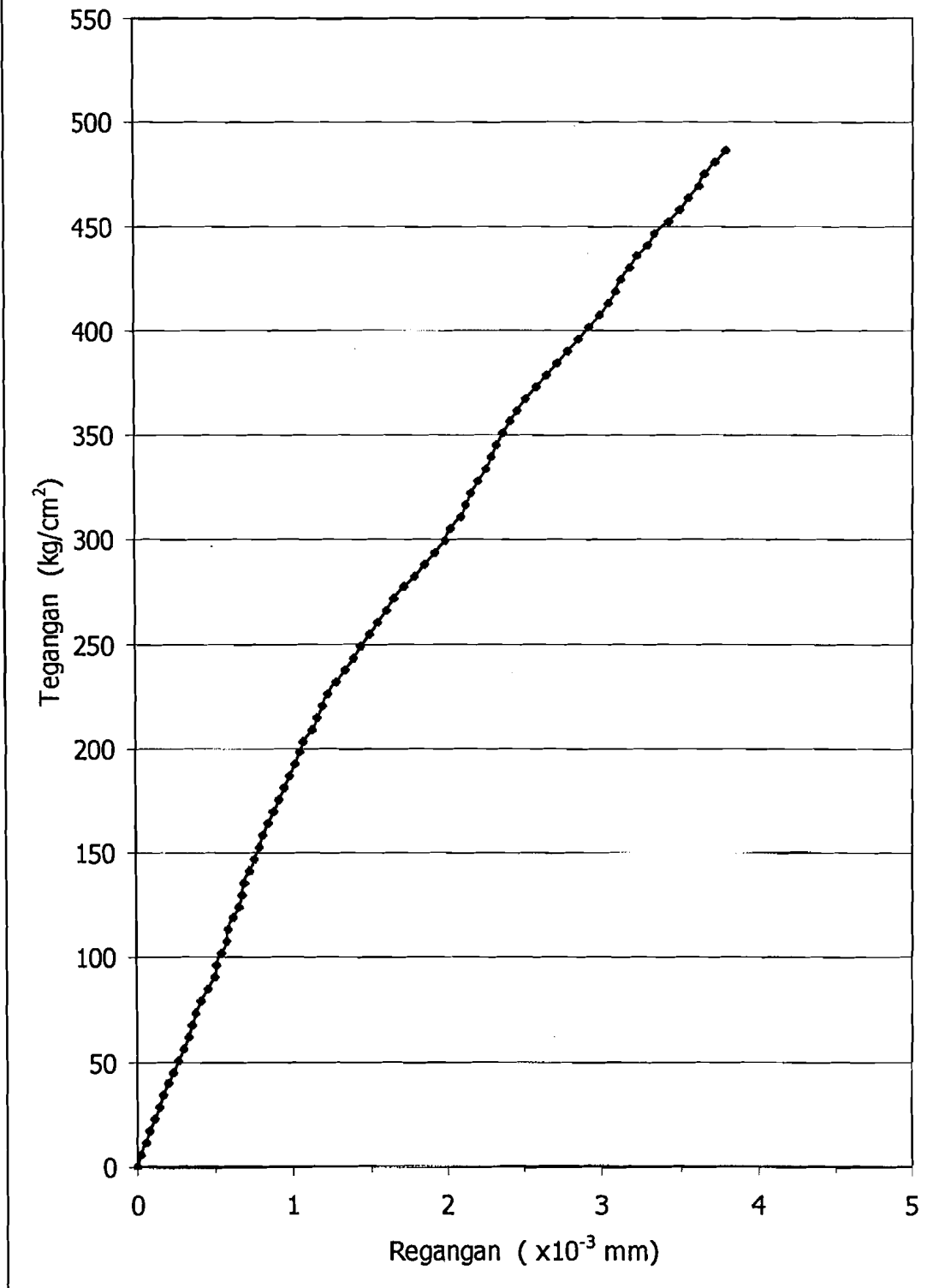
(Lanjutan)

Beban ( KN )	Beban ( KG )	$\Delta_L$ ( $10^{-3}$ mm )	$\sigma$ ( $\text{kg/cm}^2$ )	$\epsilon = \Delta_L/L_0$ ( $10^{-3}$ )	$\epsilon$ Koreksi
410	41000	194	231.82047	1.29333	1.29333
420	42000	202	237.47463	1.34667	1.34667
430	43000	210	243.12878	1.40000	1.40000
440	44000	218	248.78294	1.45333	1.45333
450	45000	226	254.43710	1.50667	1.50667
460	46000	235	260.09126	1.56667	1.56667
470	47000	242	265.74542	1.61333	1.61333
480	48000	250	271.39957	1.66667	1.66667
490	49000	260	277.05373	1.73333	1.73333
500	50000	270	282.70789	1.80000	1.80000
510	51000	280	288.36205	1.86667	1.86667
520	52000	290	294.01620	1.93333	1.93333
530	53000	300	299.67036	2.00000	2.00000
540	54000	305	305.32452	2.03333	2.03333
550	55000	315	310.97868	2.10000	2.10000
560	56000	320	316.63284	2.13333	2.13333
570	57000	326	322.28699	2.17333	2.17333
580	58000	332	327.94115	2.21333	2.21333
590	59000	340	333.59531	2.26667	2.26667
600	60000	345	339.24947	2.30000	2.30000
610	61000	350	344.90362	2.33333	2.33333
620	62000	358	350.55778	2.38667	2.38667
630	63000	364	356.21194	2.42667	2.42667
640	64000	370	361.86610	2.46667	2.46667
650	65000	380	367.52026	2.53333	2.53333
660	66000	390	373.17441	2.60000	2.60000
670	67000	400	378.82857	2.66667	2.66667
680	68000	410	384.48273	2.73333	2.73333
690	69000	420	390.13689	2.80000	2.80000
700	70000	430	395.79104	2.86667	2.86667
710	71000	440	401.44520	2.93333	2.93333
720	72000	450	407.09936	3.00000	3.00000
730	73000	458	412.75352	3.05333	3.05333
740	74000	466	418.40768	3.10667	3.10667
750	75000	470	424.06183	3.13333	3.13333
760	76000	478	429.71599	3.18667	3.18667
770	77000	486	435.37015	3.24000	3.24000
780	78000	495	441.02431	3.30000	3.30000
790	79000	503	446.67847	3.35333	3.35333
800	80000	515	452.33262	3.43333	3.43333

Tabel Tegangan Regangan Silinder Beton Kode KB 3% - 3 (Lanjutan)

Beban ( KN )	Beban ( KG )	$\Delta_L$ ( $10^{-3}$ mm )	$\sigma$ ( $\text{kg/cm}^2$ )	$\epsilon = \Delta_L/L_0$ ( $10^{-3}$ )	$\epsilon$ Koreksi
810	81000	525	457.98678	3.50000	3.50000
820	82000	535	463.64094	3.56667	3.56667
830	83000	545	469.29510	3.63333	3.63333
840	84000	550	474.94925	3.66667	3.66667
850	85000	560	480.60341	3.73333	3.73333
860	86000	570	486.25757	3.80000	3.80000

**Grafik Tegangan Regangan Silinder Beton KB 3% - 3**



## TABEL TEGANGAN REGANGAN SILINDER BETON

KODE : KB 1% SP - 1

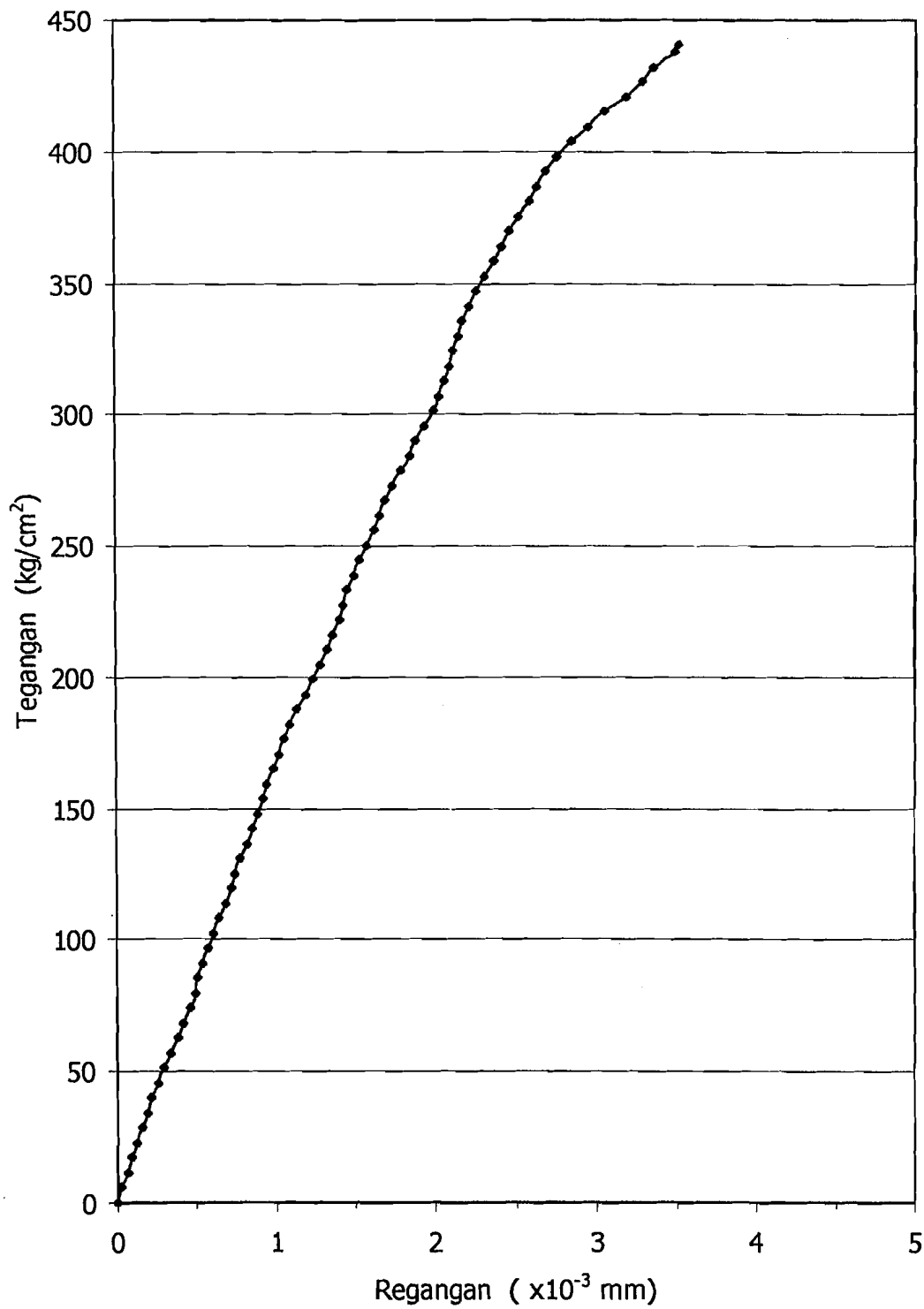
Beban ( KN )	Beban ( KG )	$\Delta_L$ ( $10^{-3}$ mm )	$\sigma$ ( $kg/cm^2$ )	$\epsilon = \Delta_L/L_0$ ( $10^{-3}$ )	$\epsilon$ Koreksi
0	0	0	0.00000	0.00667	0.00000
10	1000	5	5.68443	0.03333	0.02666
20	2000	11	11.36887	0.07333	0.06666
30	3000	15	17.05330	0.10000	0.09333
40	4000	20	22.73774	0.13333	0.12666
50	5000	25	28.42217	0.16667	0.16000
60	6000	30	34.10661	0.20000	0.19333
70	7000	34	39.79104	0.22667	0.22000
80	8000	40	45.47547	0.26667	0.26000
90	9000	45	51.15991	0.30000	0.29333
100	10000	52	56.84434	0.34667	0.34000
110	11000	58	62.52878	0.38667	0.38000
120	12000	64	68.21321	0.42667	0.42000
130	13000	70	73.89765	0.46667	0.46000
140	14000	75	79.58208	0.50000	0.49333
150	15000	78	85.26651	0.52000	0.51333
160	16000	83	90.95095	0.55333	0.54666
170	17000	88	96.63538	0.58667	0.58000
180	18000	92	102.31982	0.61333	0.60666
190	19000	98	108.00425	0.65333	0.64666
200	20000	105	113.68869	0.70000	0.69333
210	21000	110	119.37312	0.73333	0.72666
220	22000	112	125.05755	0.74667	0.74000
230	23000	118	130.74199	0.78667	0.78000
240	24000	124	136.42642	0.82667	0.82000
250	25000	130	142.11086	0.86667	0.86000
260	26000	135	147.79529	0.90000	0.89333
270	27000	140	153.47973	0.93333	0.92666
280	28000	144	159.16416	0.96000	0.95333
290	29000	150	164.84860	1.00000	0.99333
300	30000	155	170.53303	1.03333	1.02666
310	31000	160	176.21746	1.06667	1.06000
320	32000	166	181.90190	1.10667	1.10000
330	33000	172	187.58633	1.14667	1.14000
340	34000	180	193.27077	1.20000	1.19333
350	35000	188	198.95520	1.25333	1.24666
360	36000	194	204.63964	1.29333	1.28666
370	37000	200	210.32407	1.33333	1.32666
380	38000	206	216.00850	1.37333	1.36666
390	39000	212	221.69294	1.41333	1.40666
400	40000	216	227.37737	1.44000	1.43333

Tabel Tegangan Regangan Silinder Beton Kode KB 1% SP - 1 (Lanjutan)

Beban ( KN )	Beban ( KG )	$\Delta_L$ ( $10^{-3}$ mm )	$\sigma$ ( kg/cm <sup>2</sup> )	$\epsilon = \Delta_L/L_0$ ( $10^{-3}$ )	$\epsilon$ Koreksi
410	41000	220	233.06181	1.46667	1.46000
420	42000	226	238.74624	1.50667	1.50000
430	43000	232	244.43068	1.54667	1.54000
440	44000	238	250.11511	1.58667	1.58000
450	45000	244	255.79954	1.62667	1.62000
460	46000	250	261.48398	1.66667	1.66000
470	47000	255	267.16841	1.70000	1.69333
480	48000	262	272.85285	1.74667	1.74000
490	49000	270	278.53728	1.80000	1.79333
500	50000	278	284.22172	1.85333	1.84666
510	51000	284	289.90615	1.89333	1.88666
520	52000	292	295.59058	1.94667	1.94000
530	53000	300	301.27502	2.00000	1.99333
540	54000	305	306.95945	2.03333	2.02666
550	55000	310	312.64389	2.06667	2.06000
560	56000	316	318.32832	2.10667	2.10000
570	57000	320	324.01276	2.13333	2.12666
580	58000	324	329.69719	2.16000	2.15333
590	59000	328	335.38162	2.18667	2.18000
600	60000	335	341.06606	2.23333	2.22666
610	61000	342	346.75049	2.28000	2.27333
620	62000	350	352.43493	2.33333	2.32666
630	63000	358	358.11936	2.38667	2.38000
640	64000	365	363.80380	2.43333	2.42666
650	65000	372	369.48823	2.48000	2.47333
660	66000	380	375.17266	2.53333	2.52666
670	67000	390	380.85710	2.60000	2.59333
680	68000	398	386.54153	2.65333	2.64666
690	69000	405	392.22597	2.70000	2.69333
700	70000	415	397.91040	2.76667	2.76000
710	71000	430	403.59484	2.86667	2.86000
720	72000	445	409.27927	2.96667	2.96000
730	73000	460	414.96370	3.06667	3.06000
740	74000	480	420.64814	3.20000	3.19333
750	75000	495	426.33257	3.30000	3.29333
760	76000	505	432.01701	3.36667	3.36000
770	77000	525	437.70144	3.50000	3.49333
775	77500	530	440.54366	3.53333	3.52666



**Grafik Tegangan Regangan Silinder Beton KB 1% SP - 1**



## TABEL TEGANGAN REGANGAN SILINDER BETON

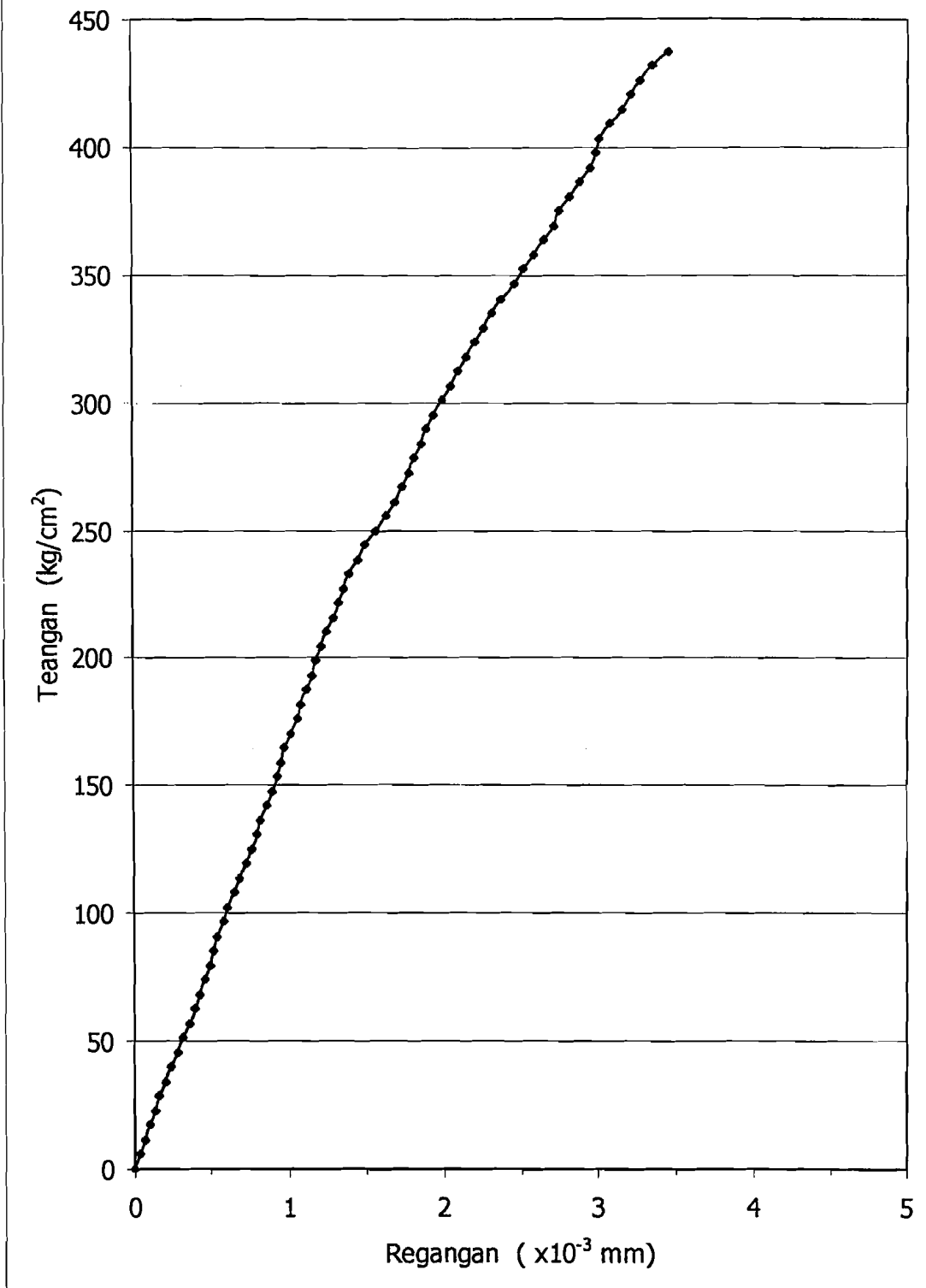
KODE : KB 1% SP - 2

Beban ( KN )	Beban ( KG )	$\Delta_L$ ( $10^{-3}$ mm )	$\sigma$ ( kg/cm <sup>2</sup> )	$\epsilon = \Delta_L/L_0$ ( $10^{-3}$ )	$\epsilon$ Koreksi
0	0	0	0.00000	0.00000	0.00000
10	1000	5	5.68062	0.03333	0.03333
20	2000	10	11.36125	0.06667	0.06667
30	3000	15	17.04187	0.10000	0.10000
40	4000	20	22.72250	0.13333	0.13333
50	5000	24	28.40312	0.16000	0.16000
60	6000	30	34.08374	0.20000	0.20000
70	7000	35	39.76437	0.23333	0.23333
80	8000	42	45.44499	0.28000	0.28000
90	9000	48	51.12562	0.32000	0.32000
100	10000	54	56.80624	0.36000	0.36000
110	11000	60	62.48686	0.40000	0.40000
120	12000	65	68.16749	0.43333	0.43333
130	13000	70	73.84811	0.46667	0.46667
140	14000	74	79.52874	0.49333	0.49333
150	15000	78	85.20936	0.52000	0.52000
160	16000	82	90.88998	0.54667	0.54667
170	17000	88	96.57061	0.58667	0.58667
180	18000	92	102.25123	0.61333	0.61333
190	19000	98	107.93186	0.65333	0.65333
200	20000	104	113.61248	0.69333	0.69333
210	21000	110	119.29310	0.73333	0.73333
220	22000	115	124.97373	0.76667	0.76667
230	23000	120	130.65435	0.80000	0.80000
240	24000	124	136.33498	0.82667	0.82667
250	25000	130	142.01560	0.86667	0.86667
260	26000	135	147.69622	0.90000	0.90000
270	27000	140	153.37685	0.93333	0.93333
280	28000	144	159.05747	0.96000	0.96000
290	29000	148	164.73809	0.98667	0.98667
300	30000	154	170.41872	1.02667	1.02667
310	31000	160	176.09934	1.06667	1.06667
320	32000	165	181.77997	1.10000	1.10000
330	33000	170	187.46059	1.13333	1.13333
340	34000	174	193.14121	1.16000	1.16000
350	35000	178	198.82184	1.18667	1.18667
360	36000	182	204.50246	1.21333	1.21333
370	37000	188	210.18309	1.25333	1.25333
380	38000	194	215.86371	1.29333	1.29333
390	39000	200	221.54433	1.33333	1.33333
400	40000	205	227.22496	1.36667	1.36667

Tabel Tegangan Regangan Silinder Beton Kode KB 1% SP - 2 (Lanjutan)

Beban ( KN )	Beban ( KG )	$\Delta_L$ ( $10^{-3}$ mm )	$\sigma$ ( $kg/cm^2$ )	$\epsilon = \Delta_L/L_0$ ( $10^{-3}$ )	$\epsilon$ Koreksi
410	41000	210	232.90558	1.40000	1.40000
420	42000	218	238.58621	1.45333	1.45333
430	43000	226	244.26683	1.50667	1.50667
440	44000	236	249.94745	1.57333	1.57333
450	45000	245	255.62808	1.63333	1.63333
460	46000	254	261.30870	1.69333	1.69333
470	47000	260	266.98933	1.73333	1.73333
480	48000	268	272.66995	1.78667	1.78667
490	49000	272	278.35057	1.81333	1.81333
500	50000	280	284.03120	1.86667	1.86667
510	51000	285	289.71182	1.90000	1.90000
520	52000	292	295.39245	1.94667	1.94667
530	53000	300	301.07307	2.00000	2.00000
540	54000	308	306.75369	2.05333	2.05333
550	55000	315	312.43432	2.10000	2.10000
560	56000	324	318.11494	2.16000	2.16000
570	57000	332	323.79557	2.21333	2.21333
580	58000	340	329.47619	2.26667	2.26667
590	59000	348	335.15681	2.32000	2.32000
600	60000	358	340.83744	2.38667	2.38667
610	61000	370	346.51806	2.46667	2.46667
620	62000	380	352.19869	2.53333	2.53333
630	63000	390	357.87931	2.60000	2.60000
640	64000	400	363.55993	2.66667	2.66667
650	65000	410	369.24056	2.73333	2.73333
660	66000	415	374.92118	2.76667	2.76667
670	67000	425	380.60181	2.83333	2.83333
680	68000	435	386.28243	2.90000	2.90000
690	69000	446	391.96305	2.97333	2.97333
700	70000	450	397.64368	3.00000	3.00000
710	71000	454	403.32430	3.02667	3.02667
720	72000	464	409.00493	3.09333	3.09333
730	73000	475	414.68555	3.16667	3.16667
740	74000	485	420.36617	3.23333	3.23333
750	75000	492	426.04680	3.28000	3.28000
760	76000	505	431.72742	3.36667	3.36667
770	77000	520	437.40804	3.46667	3.46667

**Grafik Tegangan Regangan Silinder Beton KB 1% SP - 2**



## TABEL TEGANGAN REGANGAN SILINDER BETON

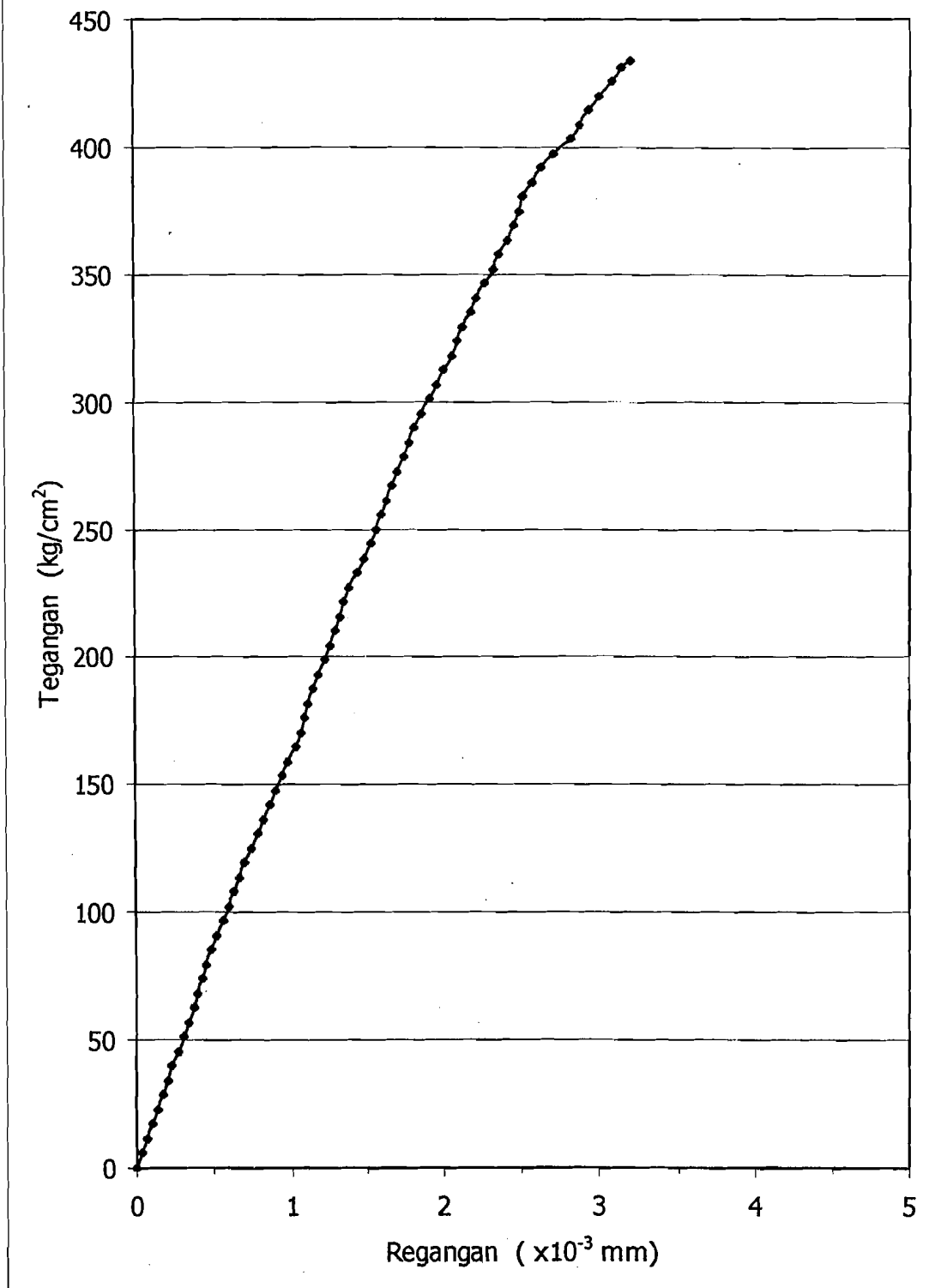
**KODE : KB 1% SP - 3**

Beban ( KN )	Beban ( KG )	$\Delta_L$ ( $10^{-3}$ mm )	$\sigma$ ( kg/cm <sup>2</sup> )	$\epsilon = \Delta_L/L_0$ ( $10^{-3}$ )	$\epsilon$ Koreksi
0	0	0	0.00000	0.00000	0.00000
10	1000	5	5.67685	0.03333	0.03333
20	2000	10	11.35370	0.06667	0.06667
30	3000	15	17.03055	0.10000	0.10000
40	4000	20	22.70740	0.13333	0.13333
50	5000	25	28.38425	0.16667	0.16667
60	6000	30	34.06111	0.20000	0.20000
70	7000	34	39.73796	0.22667	0.22667
80	8000	40	45.41481	0.26667	0.26667
90	9000	45	51.09166	0.30000	0.30000
100	10000	50	56.76851	0.33333	0.33333
110	11000	56	62.44536	0.37333	0.37333
120	12000	60	68.12221	0.40000	0.40000
130	13000	64	73.79906	0.42667	0.42667
140	14000	68	79.47591	0.45333	0.45333
150	15000	72	85.15276	0.48000	0.48000
160	16000	78	90.82961	0.52000	0.52000
170	17000	84	96.50647	0.56000	0.56000
180	18000	90	102.18332	0.60000	0.60000
190	19000	95	107.86017	0.63333	0.63333
200	20000	100	113.53702	0.66667	0.66667
210	21000	105	119.21387	0.70000	0.70000
220	22000	112	124.89072	0.74667	0.74667
230	23000	118	130.56757	0.78667	0.78667
240	24000	124	136.24442	0.82667	0.82667
250	25000	130	141.92127	0.86667	0.86667
260	26000	135	147.59812	0.90000	0.90000
270	27000	142	153.27498	0.94667	0.94667
280	28000	148	158.95183	0.98667	0.98667
290	29000	156	164.62868	1.04000	1.04000
300	30000	160	170.30553	1.06667	1.06667
310	31000	164	175.98238	1.09333	1.09333
320	32000	168	181.65923	1.12000	1.12000
330	33000	172	187.33608	1.14667	1.14667
340	34000	178	193.01293	1.18667	1.18667
350	35000	184	198.68978	1.22667	1.22667
360	36000	190	204.36663	1.26667	1.26667
370	37000	195	210.04348	1.30000	1.30000
380	38000	200	215.72034	1.33333	1.33333
390	39000	204	221.39719	1.36000	1.36000
400	40000	208	227.07404	1.38667	1.38667

Tabel Tegangan Regangan Silinder Beton Kode KB 1% SP - 3 (Lanjutan)

Beban ( KN )	Beban ( KG )	$\Delta_L$ ( $10^{-3}$ mm )	$\sigma$ ( kg/cm <sup>2</sup> )	$\epsilon = \Delta_L/L_0$ ( $10^{-3}$ )	$\epsilon$ Koreksi
410	41000	216	232.75089	1.44000	1.44000
420	42000	224	238.42774	1.49333	1.49333
430	43000	230	244.10459	1.53333	1.53333
440	44000	235	249.78144	1.56667	1.56667
450	45000	240	255.45829	1.60000	1.60000
460	46000	245	261.13514	1.63333	1.63333
470	47000	250	266.81199	1.66667	1.66667
480	48000	256	272.48884	1.70667	1.70667
490	49000	262	278.16570	1.74667	1.74667
500	50000	268	283.84255	1.78667	1.78667
510	51000	272	289.51940	1.81333	1.81333
520	52000	280	295.19625	1.86667	1.86667
530	53000	288	300.87310	1.92000	1.92000
540	54000	294	306.54995	1.96000	1.96000
550	55000	302	312.22680	2.01333	2.01333
560	56000	310	317.90365	2.06667	2.06667
570	57000	315	323.58050	2.10000	2.10000
580	58000	320	329.25735	2.13333	2.13333
590	59000	328	334.93421	2.18667	2.18667
600	60000	334	340.61106	2.22667	2.22667
610	61000	342	346.28791	2.28000	2.28000
620	62000	350	351.96476	2.33333	2.33333
630	63000	356	357.64161	2.37333	2.37333
640	64000	364	363.31846	2.42667	2.42667
650	65000	370	368.99531	2.46667	2.46667
660	66000	375	374.67216	2.50000	2.50000
670	67000	380	380.34901	2.53333	2.53333
680	68000	388	386.02586	2.58667	2.58667
690	69000	396	391.70271	2.64000	2.64000
700	70000	408	397.37957	2.72000	2.72000
710	71000	425	403.05642	2.83333	2.83333
720	72000	434	408.73327	2.89333	2.89333
730	73000	442	414.41012	2.94667	2.94667
740	74000	452	420.08697	3.01333	3.01333
750	75000	464	425.76382	3.09333	3.09333
760	76000	472	431.44067	3.14667	3.14667
765	76500	480	434.27910	3.20000	3.20000

**Grafik Tegangan Regangan Silinder Beton KB 1% SP - 3**



## TABEL TEGANGAN REGANGAN SILINDER BETON

KODE : KB 2% SP - 1

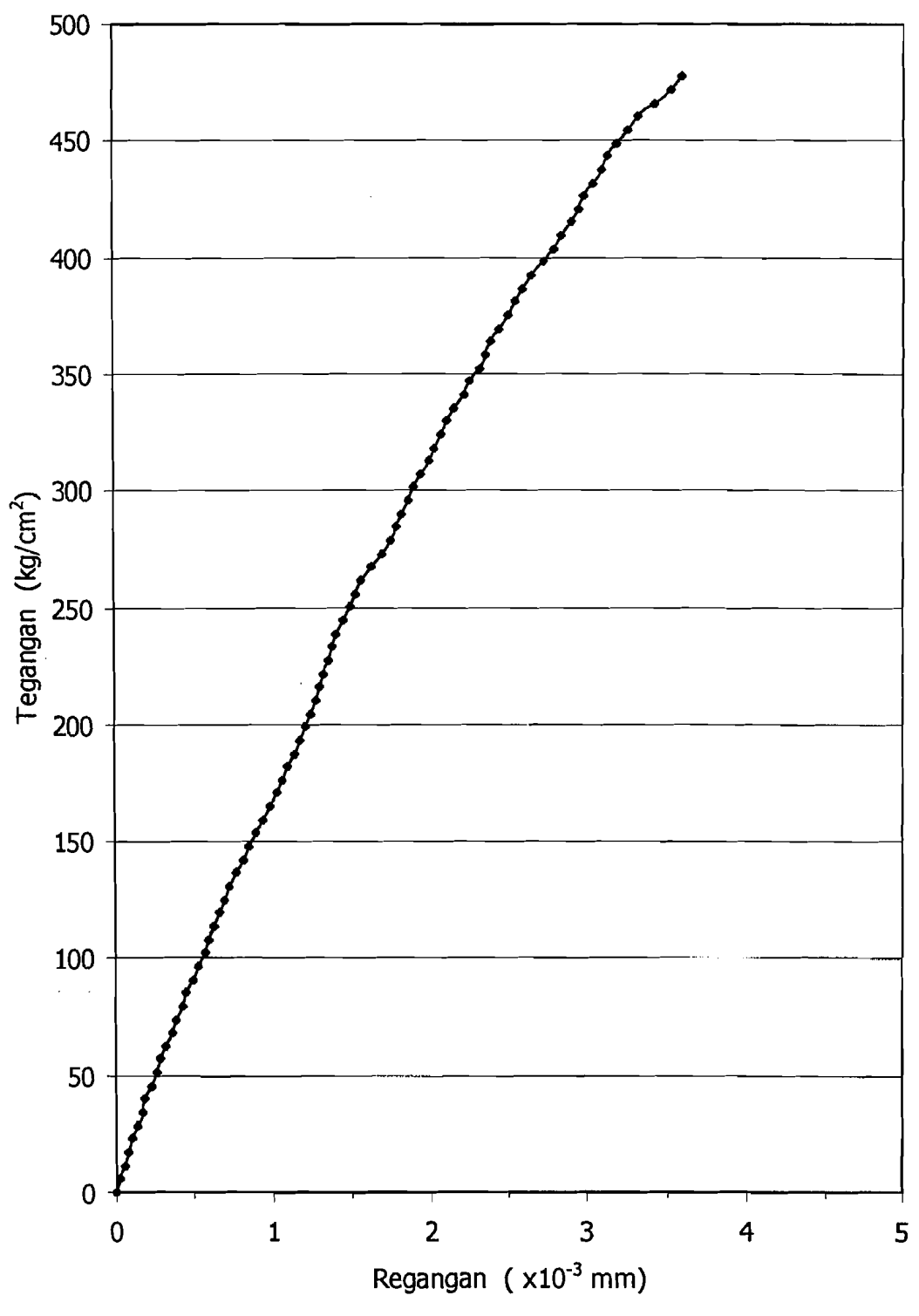
Beban ( KN )	Beban ( KG )	$\Delta_L$ ( $10^{-3}$ mm )	$\sigma$ ( kg/cm <sup>2</sup> )	$\epsilon = \Delta_L/L_0$ ( $10^{-3}$ )	$\epsilon$ Koreksi
0	0	0	0.00000	0.00000	0.00000
10	1000	4	5.68443	0.02667	0.02667
20	2000	8	11.36887	0.05333	0.05333
30	3000	12	17.05330	0.08000	0.08000
40	4000	15	22.73774	0.10000	0.10000
50	5000	20	28.42217	0.13333	0.13333
60	6000	25	34.10661	0.16667	0.16667
70	7000	27	39.79104	0.18000	0.18000
80	8000	34	45.47547	0.22667	0.22667
90	9000	39	51.15991	0.26000	0.26000
100	10000	43	56.84434	0.28667	0.28667
110	11000	48	62.52878	0.32000	0.32000
120	12000	54	68.21321	0.36000	0.36000
130	13000	58	73.89765	0.38667	0.38667
140	14000	64	79.58208	0.42667	0.42667
150	15000	68	85.26651	0.45333	0.45333
160	16000	74	90.95095	0.49333	0.49333
170	17000	80	96.63538	0.53333	0.53333
180	18000	86	102.31982	0.57333	0.57333
190	19000	90	108.00425	0.60000	0.60000
200	20000	94	113.68869	0.62667	0.62667
210	21000	100	119.37312	0.66667	0.66667
220	22000	105	125.05755	0.70000	0.70000
230	23000	110	130.74199	0.73333	0.73333
240	24000	116	136.42642	0.77333	0.77333
250	25000	123	142.11086	0.82000	0.82000
260	26000	128	147.79529	0.85333	0.85333
270	27000	135	153.47973	0.90000	0.90000
280	28000	142	159.16416	0.94667	0.94667
290	29000	148	164.84860	0.98667	0.98667
300	30000	155	170.53303	1.03333	1.03333
310	31000	160	176.21746	1.06667	1.06667
320	32000	165	181.90190	1.10000	1.10000
330	33000	172	187.58633	1.14667	1.14667
340	34000	178	193.27077	1.18667	1.18667
350	35000	182	198.95520	1.21333	1.21333
360	36000	188	204.63964	1.25333	1.25333
370	37000	192	210.32407	1.28000	1.28000
380	38000	196	216.00850	1.30667	1.30667
390	39000	200	221.69294	1.33333	1.33333
400	40000	205	227.37737	1.36667	1.36667



Tabel Tegangan Regangan Silinder Beton Kode KB 2% SP - 1 (Lanjutan)

Beban (KN)	Beban (KG)	$\Delta_L$ ( $10^{-3}$ mm)	$\sigma$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\epsilon = \Delta_L/L_0$ ( $10^{-3}$ )	$\epsilon$ Koreksi
410	41000	208	233.06181	1.38667	1.38667
420	42000	211	238.74624	1.40667	1.40667
430	43000	218	244.43068	1.45333	1.45333
440	44000	225	250.11511	1.50000	1.50000
450	45000	230	255.79954	1.53333	1.53333
460	46000	234	261.48398	1.56000	1.56000
470	47000	245	267.16841	1.63333	1.63333
480	48000	255	272.85285	1.70000	1.70000
490	49000	263	278.53728	1.75333	1.75333
500	50000	269	284.22172	1.79333	1.79333
510	51000	274	289.90615	1.82667	1.82667
520	52000	280	295.59058	1.86667	1.86667
530	53000	285	301.27502	1.90000	1.90000
540	54000	293	306.95945	1.95333	1.95333
550	55000	300	312.64389	2.00000	2.00000
560	56000	306	318.32832	2.04000	2.04000
570	57000	312	324.01276	2.08000	2.08000
580	58000	318	329.69719	2.12000	2.12000
590	59000	325	335.38162	2.16667	2.16667
600	60000	334	341.06606	2.22667	2.22667
610	61000	340	346.75049	2.26667	2.26667
620	62000	349	352.43493	2.32667	2.32667
630	63000	355	358.11936	2.36667	2.36667
640	64000	360	363.80380	2.40000	2.40000
650	65000	368	369.48823	2.45333	2.45333
660	66000	376	375.17266	2.50667	2.50667
670	67000	384	380.85710	2.56000	2.56000
680	68000	390	386.54153	2.60000	2.60000
690	69000	398	392.22597	2.65333	2.65333
700	70000	410	397.91040	2.73333	2.73333
710	71000	420	403.59484	2.80000	2.80000
720	72000	428	409.27927	2.85333	2.85333
730	73000	438	414.96370	2.92000	2.92000
740	74000	445	420.64814	2.96667	2.96667
750	75000	450	426.33257	3.00000	3.00000
760	76000	458	432.01701	3.05333	3.05333
770	77000	466	437.70144	3.10667	3.10667
780	78000	472	443.38588	3.14667	3.14667
790	79000	480	449.07031	3.20000	3.20000
800	80000	490	454.75475	3.26667	3.26667
810	81000	500	460.43918	3.33333	3.33333
820	82000	515	466.12361	3.43333	3.43333
830	83000	530	471.80805	3.53333	3.53333
840	84000	540	477.49248	3.60000	3.60000

**Grafik Tegangan Regangan Silinder Beton KB 2% SP - 1**



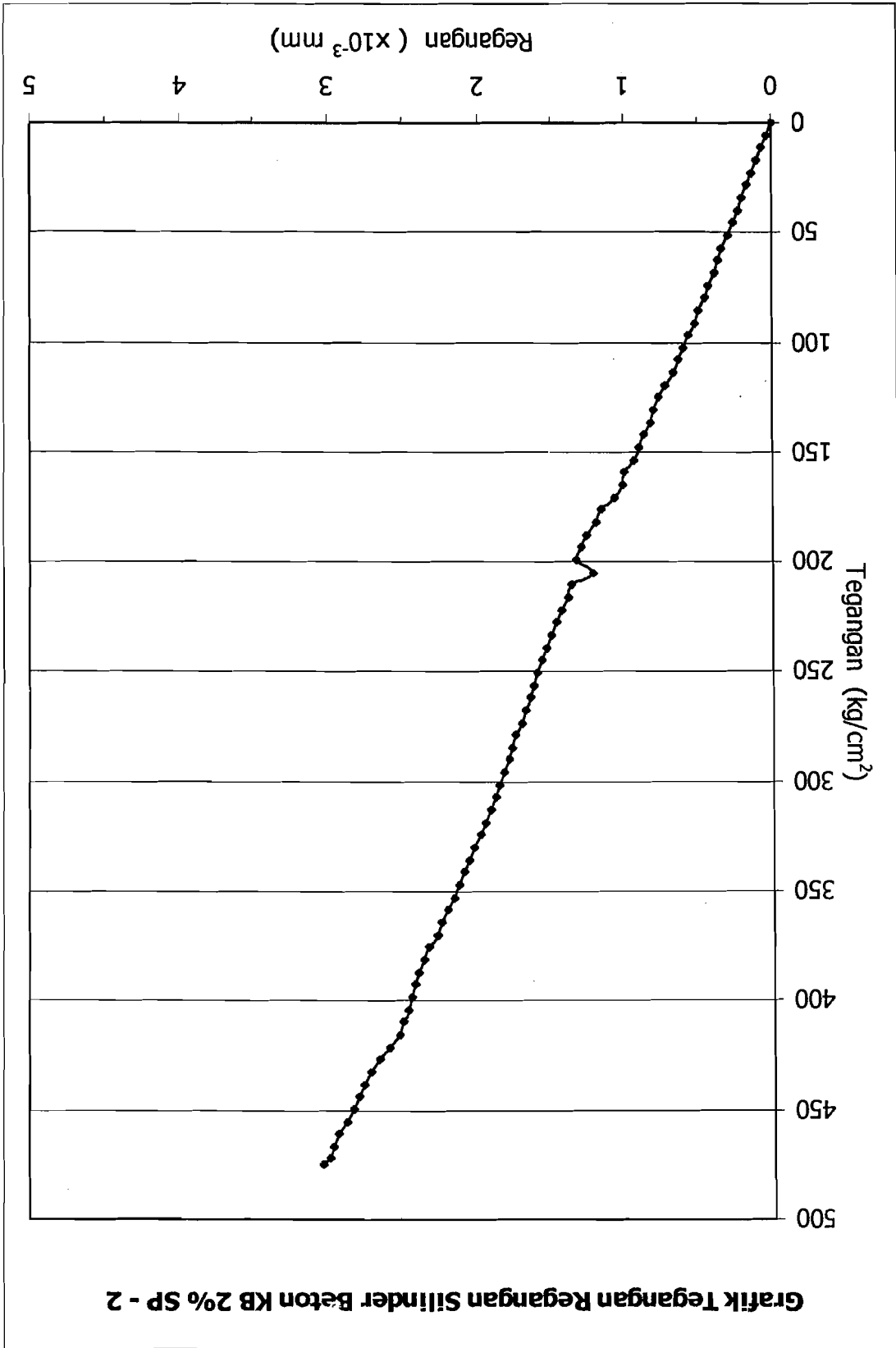
## TABEL TEGANGAN REGANGAN SILINDER BETON

KODE : KB 2% SP - 2

Beban ( KN )	Beban ( KG )	$\Delta_L$ ( $10^{-3}$ mm )	$\sigma$ ( kg/cm <sup>2</sup> )	$\epsilon = \Delta_L/L_0$ ( $10^{-3}$ )	$\epsilon$ Koreksi
0	0	0	0.00000	0.00000	0.00000
10	1000	5	5.68822	0.03333	0.03333
20	2000	10	11.37643	0.06667	0.06667
30	3000	15	17.06465	0.10000	0.10000
40	4000	20	22.75287	0.13333	0.13333
50	5000	25	28.44109	0.16667	0.16667
60	6000	30	34.12930	0.20000	0.20000
70	7000	34	39.81752	0.22667	0.22667
80	8000	39	45.50574	0.26000	0.26000
90	9000	44	51.19396	0.29333	0.29333
100	10000	50	56.88217	0.33333	0.33333
110	11000	55	62.57039	0.36667	0.36667
120	12000	58	68.25861	0.38667	0.38667
130	13000	65	73.94683	0.43333	0.43333
140	14000	68	79.63504	0.45333	0.45333
150	15000	75	85.32326	0.50000	0.50000
160	16000	78	91.01148	0.52000	0.52000
170	17000	85	96.69970	0.56667	0.56667
180	18000	90	102.38791	0.60000	0.60000
190	19000	95	108.07613	0.63333	0.63333
200	20000	100	113.76435	0.66667	0.66667
210	21000	108	119.45257	0.72000	0.72000
220	22000	115	125.14078	0.76667	0.76667
230	23000	120	130.82900	0.80000	0.80000
240	24000	123	136.51722	0.82000	0.82000
250	25000	130	142.20544	0.86667	0.86667
260	26000	135	147.89365	0.90000	0.90000
270	27000	140	153.58187	0.93333	0.93333
280	28000	150	159.27009	1.00000	1.00000
290	29000	152	164.95831	1.01333	1.01333
300	30000	160	170.64652	1.06667	1.06667
310	31000	175	176.33474	1.16667	1.16667
320	32000	180	182.02296	1.20000	1.20000
330	33000	190	187.71118	1.26667	1.26667
340	34000	195	193.39939	1.30000	1.30000
350	35000	200	199.08761	1.33333	1.33333
360	36000	183	204.77583	1.22000	1.22000
370	37000	205	210.46404	1.36667	1.36667
380	38000	208	216.15226	1.38667	1.38667
390	39000	215	221.84048	1.43333	1.43333
400	40000	220	227.52870	1.46667	1.46667

Tabel Tegangan Regangan Silinder Beton Kode KB 2% SP - 2 (Lanjutan)

Beban ( KN )	Beban ( KG )	$\Delta_L$ ( $10^{-3}$ mm )	$\sigma$ ( $\text{kg/cm}^2$ )	$\varepsilon = \Delta_L/L_0$ ( $10^{-3}$ )	$\varepsilon$ Koreksi
410	41000	225	233.21691	1.50000	1.50000
420	42000	230	238.90513	1.53333	1.53333
430	43000	235	244.59335	1.56667	1.56667
440	44000	240	250.28157	1.60000	1.60000
450	45000	244	255.96978	1.62667	1.62667
460	46000	248	261.65800	1.65333	1.65333
470	47000	252	267.34622	1.68000	1.68000
480	48000	256	273.03444	1.70667	1.70667
490	49000	262	278.72265	1.74667	1.74667
500	50000	265	284.41087	1.76667	1.76667
510	51000	270	290.09909	1.80000	1.80000
520	52000	274	295.78731	1.82667	1.82667
530	53000	280	301.47552	1.86667	1.86667
540	54000	283	307.16374	1.88667	1.88667
550	55000	288	312.85196	1.92000	1.92000
560	56000	293	318.54018	1.95333	1.95333
570	57000	298	324.22839	1.98667	1.98667
580	58000	305	329.91661	2.03333	2.03333
590	59000	310	335.60483	2.06667	2.06667
600	60000	315	341.29305	2.10000	2.10000
610	61000	320	346.98126	2.13333	2.13333
620	62000	325	352.66948	2.16667	2.16667
630	63000	332	358.35770	2.21333	2.21333
640	64000	338	364.04592	2.25333	2.25333
650	65000	342	369.73413	2.28000	2.28000
660	66000	350	375.42235	2.33333	2.33333
670	67000	355	381.11057	2.36667	2.36667
680	68000	360	386.79878	2.40000	2.40000
690	69000	364	392.48700	2.42667	2.42667
700	70000	368	398.17522	2.45333	2.45333
710	71000	370	403.86344	2.46667	2.46667
720	72000	375	409.55165	2.50000	2.50000
730	73000	380	415.23987	2.53333	2.53333
740	74000	390	420.92809	2.60000	2.60000
750	75000	400	426.61631	2.66667	2.66667
760	76000	408	432.30452	2.72000	2.72000
770	77000	415	437.99274	2.76667	2.76667
780	78000	420	443.68096	2.80000	2.80000
790	79000	425	449.36918	2.83333	2.83333
800	80000	432	455.05739	2.88000	2.88000
810	81000	440	460.74561	2.93333	2.93333
820	82000	445	466.43383	2.96667	2.96667
830	83000	448	472.12205	2.98667	2.98667
835	83500	455	474.96616	3.03333	3.03333



## TABEL TEGANGAN REGANGAN SILINDER BETON

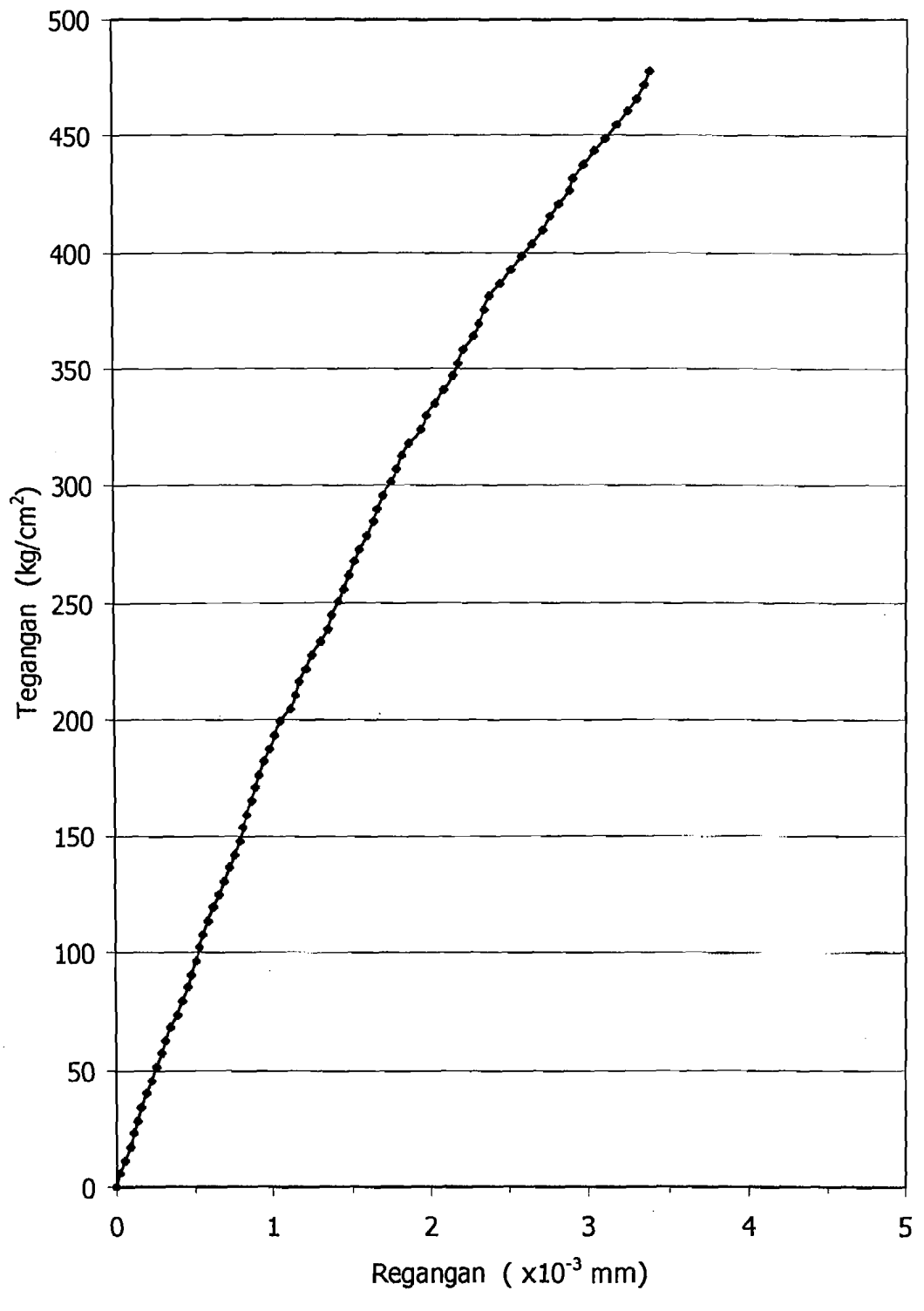
**KODE : KB 2% SP - 3**

Beban ( KN )	Beban ( KG )	$\Delta_L$ ( $10^{-3}$ mm )	$\sigma$ ( kg/cm <sup>2</sup> )	$\epsilon = \Delta_L/L_0$ ( $10^{-3}$ )	$\epsilon$ Koreksi
0	0	0	0.00000	0.00667	0.00000
10	1000	5	5.68443	0.03333	0.02666
20	2000	9	11.36887	0.06000	0.05333
30	3000	14	17.05330	0.09333	0.08666
40	4000	18	22.73774	0.12000	0.11333
50	5000	22	28.42217	0.14667	0.14000
60	6000	25	34.10661	0.16667	0.16000
70	7000	30	39.79104	0.20000	0.19333
80	8000	35	45.47547	0.23333	0.22666
90	9000	40	51.15991	0.26667	0.26000
100	10000	44	56.84434	0.29333	0.28666
110	11000	48	62.52878	0.32000	0.31333
120	12000	54	68.21321	0.36000	0.35333
130	13000	60	73.89765	0.40000	0.39333
140	14000	65	79.58208	0.43333	0.42666
150	15000	70	85.26651	0.46667	0.46000
160	16000	74	90.95095	0.49333	0.48666
170	17000	78	96.63538	0.52000	0.51333
180	18000	82	102.31982	0.54667	0.54000
190	19000	86	108.00425	0.57333	0.56666
200	20000	90	113.68869	0.60000	0.59333
210	21000	95	119.37312	0.63333	0.62666
220	22000	100	125.05755	0.66667	0.66000
230	23000	105	130.74199	0.70000	0.69333
240	24000	110	136.42642	0.73333	0.72666
250	25000	115	142.11086	0.76667	0.76000
260	26000	120	147.79529	0.80000	0.79333
270	27000	124	153.47973	0.82667	0.82000
280	28000	128	159.16416	0.85333	0.84666
290	29000	132	164.84860	0.88000	0.87333
300	30000	136	170.53303	0.90667	0.90000
310	31000	140	176.21746	0.93333	0.92666
320	32000	145	181.90190	0.96667	0.96000
330	33000	150	187.58633	1.00000	0.99333
340	34000	155	193.27077	1.03333	1.02666
350	35000	160	198.95520	1.06667	1.06000
360	36000	170	204.63964	1.13333	1.12666
370	37000	174	210.32407	1.16000	1.15333
380	38000	178	216.00850	1.18667	1.18000
390	39000	184	221.69294	1.22667	1.22000
400	40000	190	227.37737	1.26667	1.26000

Tabel Tegangan Regangan Silinder Beton Kode KB 2% SP - 3 (Lanjutan)

Beban ( KN )	Beban ( KG )	$\Delta_L$ ( $10^{-3}$ mm )	$\sigma$ ( $\text{kg/cm}^2$ )	$\epsilon = \Delta_L/L_0$ ( $10^{-3}$ )	$\epsilon$ Koreksi
410	41000	198	233.06181	1.32000	1.31333
420	42000	205	238.74624	1.36667	1.36000
430	43000	209	244.43068	1.39333	1.38666
440	44000	215	250.11511	1.43333	1.42666
450	45000	220	255.79954	1.46667	1.46000
460	46000	225	261.48398	1.50000	1.49333
470	47000	230	267.16841	1.53333	1.52666
480	48000	235	272.85285	1.56667	1.56000
490	49000	242	278.53728	1.61333	1.60666
500	50000	248	284.22172	1.65333	1.64666
510	51000	252	289.90615	1.68000	1.67333
520	52000	258	295.59058	1.72000	1.71333
530	53000	265	301.27502	1.76667	1.76000
540	54000	270	306.95945	1.80000	1.79333
550	55000	276	312.64389	1.84000	1.83333
560	56000	282	318.32832	1.88000	1.87333
570	57000	295	324.01276	1.96667	1.96000
580	58000	300	329.69719	2.00000	1.99333
590	59000	308	335.38162	2.05333	2.04666
600	60000	316	341.06606	2.10667	2.10000
610	61000	324	346.75049	2.16000	2.15333
620	62000	330	352.43493	2.20000	2.19333
630	63000	335	358.11936	2.23333	2.22666
640	64000	345	363.80380	2.30000	2.29333
650	65000	350	369.48823	2.33333	2.32666
660	66000	355	375.17266	2.36667	2.36000
670	67000	360	380.85710	2.40000	2.39333
680	68000	370	386.54153	2.46667	2.46000
690	69000	380	392.22597	2.53333	2.52666
700	70000	390	397.91040	2.60000	2.59333
710	71000	400	403.59484	2.66667	2.66000
720	72000	410	409.27927	2.73333	2.72666
730	73000	418	414.96370	2.78667	2.78000
740	74000	426	420.64814	2.84000	2.83333
750	75000	435	426.33257	2.90000	2.89333
760	76000	440	432.01701	2.93333	2.92666
770	77000	450	437.70144	3.00000	2.99333
780	78000	460	443.38588	3.06667	3.06000
790	79000	470	449.07031	3.13333	3.12666
800	80000	480	454.75475	3.20000	3.19333
810	81000	490	460.43918	3.26667	3.26000
820	82000	498	466.12361	3.32000	3.31333
830	83000	505	471.80805	3.36667	3.36000
840	84000	510	477.49248	3.40000	3.39333

**Grafik Tegangan Regangan Silinder Beton KB 2% SP - 3**





## TABEL TEGANGAN REGANGAN SILINDER BETON

KODE : KB 3% SP - 1

Beban ( KN )	Beban ( KG )	$\Delta_L$ ( $10^{-3}$ mm )	$\sigma$ ( $\text{kg/cm}^2$ )	$\epsilon = \Delta_L/L_0$ ( $10^{-3}$ )	$\epsilon$ Koreksi
0	0	0	0.00000	0.00667	0.00000
10	1000	3	5.68822	0.02000	0.02000
20	2000	7	11.37643	0.04667	0.04000
30	3000	12	17.06465	0.08000	0.07333
40	4000	17	22.75287	0.11333	0.10666
50	5000	22	28.44109	0.14667	0.14000
60	6000	25	34.12930	0.16667	0.16000
70	7000	30	39.81752	0.20000	0.19333
80	8000	35	45.50574	0.23333	0.22666
90	9000	40	51.19396	0.26667	0.26000
100	10000	45	56.88217	0.30000	0.29333
110	11000	50	62.57039	0.33333	0.32666
120	12000	54	68.25861	0.36000	0.35333
130	13000	58	73.94683	0.38667	0.38000
140	14000	63	79.63504	0.42000	0.41333
150	15000	69	85.32326	0.46000	0.45333
160	16000	75	91.01148	0.50000	0.49333
170	17000	78	96.69970	0.52000	0.51333
180	18000	83	102.38791	0.55333	0.54666
190	19000	88	108.07613	0.58667	0.58000
200	20000	90	113.76435	0.60000	0.59333
210	21000	95	119.45257	0.63333	0.62666
220	22000	100	125.14078	0.66667	0.66000
230	23000	103	130.82900	0.68667	0.68000
240	24000	105	136.51722	0.70000	0.69333
250	25000	110	142.20544	0.73333	0.72666
260	26000	115	147.89365	0.76667	0.76000
270	27000	120	153.58187	0.80000	0.79333
280	28000	123	159.27009	0.82000	0.81333
290	29000	128	164.95831	0.85333	0.84666
300	30000	133	170.64652	0.88667	0.88000
310	31000	138	176.33474	0.92000	0.91333
320	32000	143	182.02296	0.95333	0.94666
330	33000	148	187.71118	0.98667	0.98000
340	34000	153	193.39939	1.02000	1.01333
350	35000	158	199.08761	1.05333	1.04666
360	36000	162	204.77583	1.08000	1.07333
370	37000	168	210.46404	1.12000	1.11333
380	38000	175	216.15226	1.16667	1.16000
390	39000	180	221.84048	1.20000	1.19333
400	40000	185	227.52870	1.23333	1.22666

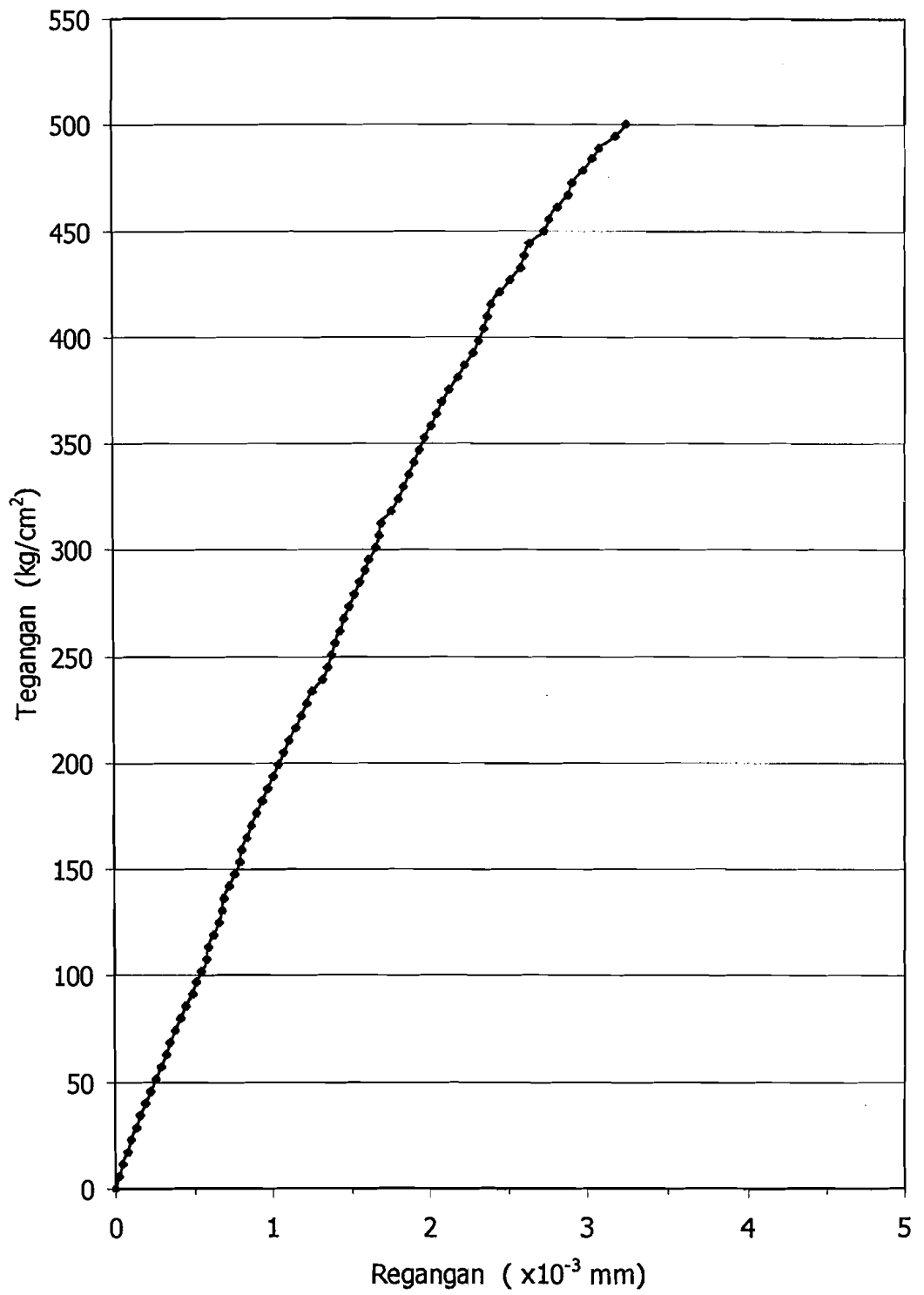
Tabel Tegangan Regangan Silinder Beton Kode KB 3% SP - 1 (Lanjutan)

Beban ( KN )	Beban ( KG )	$\Delta_L$ ( $10^{-3}$ mm )	$\sigma$ ( $\text{kg/cm}^2$ )	$\epsilon = \Delta_L/L_0$ ( $10^{-3}$ )	$\epsilon$ Koreksi
410	41000	190	233.21691	1.26667	1.26000
420	42000	200	238.90513	1.33333	1.32666
430	43000	205	244.59335	1.36667	1.36000
440	44000	209	250.28157	1.39333	1.38666
450	45000	212	255.96978	1.41333	1.40666
460	46000	216	261.65800	1.44000	1.43333
470	47000	220	267.34622	1.46667	1.46000
480	48000	225	273.03444	1.50000	1.49333
490	49000	230	278.72265	1.53333	1.52666
500	50000	236	284.41087	1.57333	1.56666
510	51000	240	290.09909	1.60000	1.59333
520	52000	244	295.78731	1.62667	1.62000
530	53000	250	301.47552	1.66667	1.66000
540	54000	253	307.16374	1.68667	1.68000
550	55000	255	312.85196	1.70000	1.69333
560	56000	265	318.54018	1.76667	1.76000
570	57000	272	324.22839	1.81333	1.80666
580	58000	278	329.91661	1.85333	1.84666
590	59000	282	335.60483	1.88000	1.87333
600	60000	288	341.29305	1.92000	1.91333
610	61000	292	346.98126	1.94667	1.94000
620	62000	298	352.66948	1.98667	1.98000
630	63000	304	358.35770	2.02667	2.02000
640	64000	310	364.04592	2.06667	2.06000
650	65000	315	369.73413	2.10000	2.09333
660	66000	322	375.42235	2.14667	2.14000
670	67000	330	381.11057	2.20000	2.19333
680	68000	336	386.79878	2.24000	2.23333
690	69000	344	392.48700	2.29333	2.28666
700	70000	350	398.17522	2.33333	2.32666
710	71000	355	403.86344	2.36667	2.36000
720	72000	358	409.55165	2.38667	2.38000
730	73000	362	415.23987	2.41333	2.40666
740	74000	370	420.92809	2.46667	2.46000
750	75000	380	426.61631	2.53333	2.52666
760	76000	390	432.30452	2.60000	2.59333
770	77000	394	437.99274	2.62667	2.62000
780	78000	398	443.68096	2.65333	2.64666
790	79000	412	449.36918	2.74667	2.74000
800	80000	418	455.05739	2.78667	2.78000

Tabel Tegangan Regangan Silinder Beton Kode KB 3% SP - 1 (Lanjutan)

Beban ( KN )	Beban ( KG )	$\Delta_L$ ( $10^{-3}$ mm )	$\sigma$ ( $\text{kg/cm}^2$ )	$\epsilon = \Delta_L/L_0$ ( $10^{-3}$ )	$\epsilon$ Koreksi
810	81000	425	460.74561	2.83333	2.82666
820	82000	435	466.43383	2.90000	2.89333
830	83000	440	472.12205	2.93333	2.92666
840	84000	450	477.81026	3.00000	2.99333
850	85000	458	483.49848	3.05333	3.04666
860	86000	465	489.18670	3.10000	3.09333
870	87000	480	494.87492	3.20000	3.19333
880	88000	490	500.56313	3.26667	3.26000

**Grafik Tegangan Regangan Silinder Beton KB 3% SP - 1**



## TABEL TEGANGAN REGANGAN SILINDER BETON

KODE : KB 3% SP - 2

Beban (KN)	Beban (KG)	$\Delta_L$ ( $10^{-3}$ mm)	$\sigma$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\epsilon = \Delta_L/L_0$ ( $10^{-3}$ )	$\epsilon$ Koreksi
0	0	0	0.00000	0.00667	0.00000
10	1000	5	5.69204	0.03333	0.02666
20	2000	9	11.38408	0.06000	0.05333
30	3000	15	17.07611	0.10000	0.09333
40	4000	20	22.76815	0.13333	0.12666
50	5000	24	28.46019	0.16000	0.15333
60	6000	30	34.15223	0.20000	0.19333
70	7000	35	39.84427	0.23333	0.22666
80	8000	40	45.53630	0.26667	0.26000
90	9000	45	51.22834	0.30000	0.29333
100	10000	51	56.92038	0.34000	0.33333
110	11000	56	62.61242	0.37333	0.36666
120	12000	63	68.30446	0.42000	0.41333
130	13000	68	73.99649	0.45333	0.44666
140	14000	73	79.68853	0.48667	0.48000
150	15000	78	85.38057	0.52000	0.51333
160	16000	84	91.07261	0.56000	0.55333
170	17000	89	96.76465	0.59333	0.58666
180	18000	95	102.45668	0.63333	0.62666
190	19000	100	108.14872	0.66667	0.66000
200	20000	105	113.84076	0.70000	0.69333
210	21000	110	119.53280	0.73333	0.72666
220	22000	117	125.22484	0.78000	0.77333
230	23000	122	130.91687	0.81333	0.80666
240	24000	127	136.60891	0.84667	0.84000
250	25000	132	142.30095	0.88000	0.87333
260	26000	138	147.99299	0.92000	0.91333
270	27000	142	153.68503	0.94667	0.94000
280	28000	150	159.37706	1.00000	0.99333
290	29000	156	165.06910	1.04000	1.03333
300	30000	163	170.76114	1.08667	1.08000
310	31000	167	176.45318	1.11333	1.10666
320	32000	170	182.14522	1.13333	1.12666
330	33000	174	187.83725	1.16000	1.15333
340	34000	178	193.52929	1.18667	1.18000
350	35000	182	199.22133	1.21333	1.20666
360	36000	190	204.91337	1.26667	1.26000
370	37000	194	210.60541	1.29333	1.28666
380	38000	200	216.29744	1.33333	1.32666
390	39000	206	221.98948	1.37333	1.36666
400	40000	215	227.68152	1.43333	1.42666

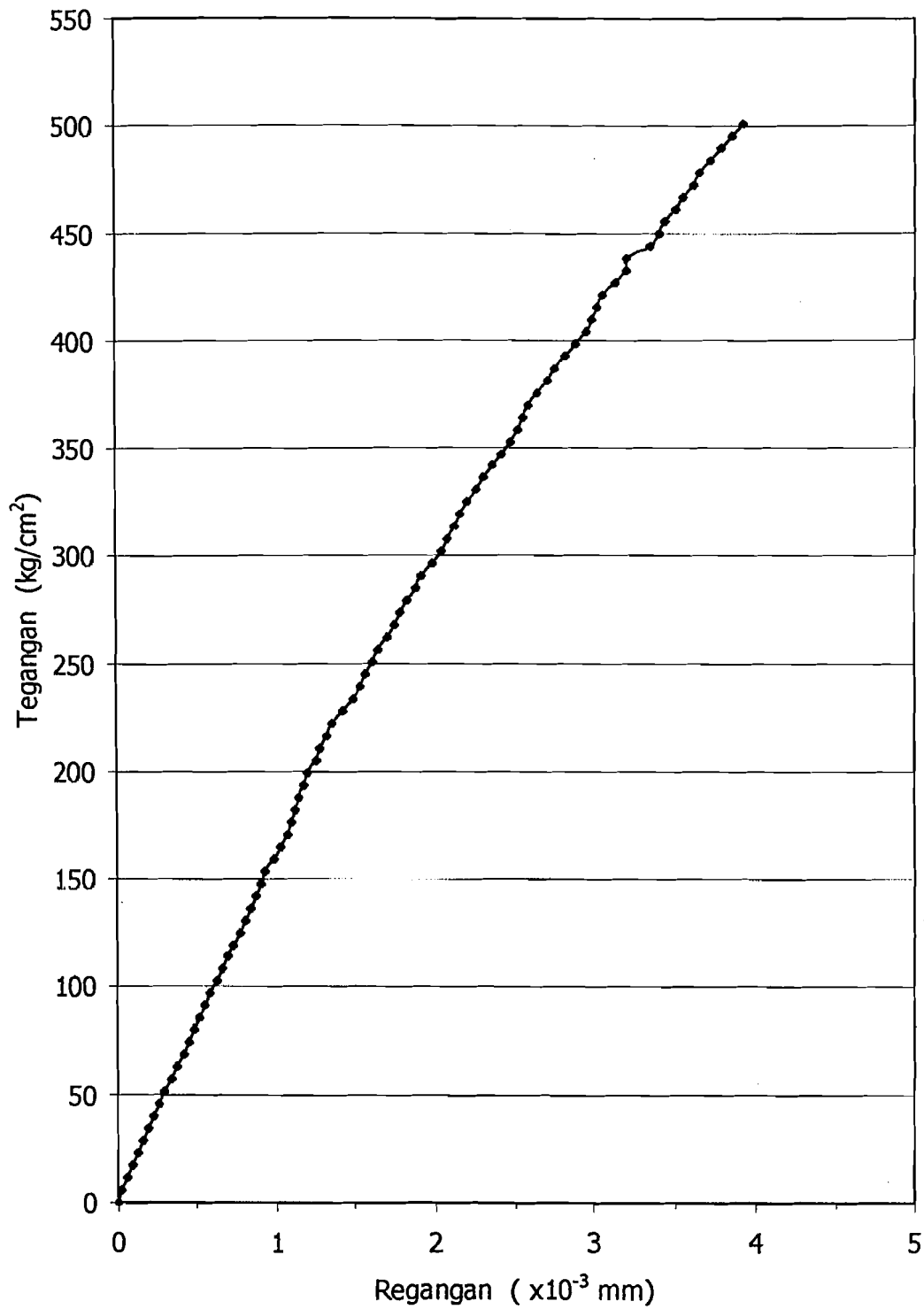
Tabel Tegangan Regangan Silinder Beton Kode KB 3% SP - 2 (Lanjutan)

Beban ( KN )	Beban ( KG )	$\Delta_L$ ( $10^{-3}$ mm )	$\sigma$ ( $\text{kg/cm}^2$ )	$\epsilon = \Delta_L/L_0$ ( $10^{-3}$ )	$\epsilon$ Koreksi
410	41000	225	233.37356	1.50000	1.49333
420	42000	232	239.06560	1.54667	1.54000
430	43000	237	244.75763	1.58000	1.57333
440	44000	245	250.44967	1.63333	1.62666
450	45000	250	256.14171	1.66667	1.66000
460	46000	258	261.83375	1.72000	1.71333
470	47000	265	267.52578	1.76667	1.76000
480	48000	270	273.21782	1.80000	1.79333
490	49000	277	278.90986	1.84667	1.84000
500	50000	284	284.60190	1.89333	1.88666
510	51000	290	290.29394	1.93333	1.92666
520	52000	300	295.98597	2.00000	1.99333
530	53000	308	301.67801	2.05333	2.04666
540	54000	314	307.37005	2.09333	2.08666
550	55000	320	313.06209	2.13333	2.12666
560	56000	325	318.75413	2.16667	2.16000
570	57000	332	324.44616	2.21333	2.20666
580	58000	340	330.13820	2.26667	2.26000
590	59000	348	335.83024	2.32000	2.31333
600	60000	355	341.52228	2.36667	2.36000
610	61000	365	347.21432	2.43333	2.42666
620	62000	372	352.90635	2.48000	2.47333
630	63000	380	358.59839	2.53333	2.52666
640	64000	384	364.29043	2.56000	2.55333
650	65000	390	369.98247	2.60000	2.59333
660	66000	398	375.67451	2.65333	2.64666
670	67000	408	381.36654	2.72000	2.71333
680	68000	415	387.05858	2.76667	2.76000
690	69000	425	392.75062	2.83333	2.82666
700	70000	435	398.44266	2.90000	2.89333
710	71000	445	404.13470	2.96667	2.96000
720	72000	450	409.82673	3.00000	2.99333
730	73000	455	415.51877	3.03333	3.02666
740	74000	460	421.21081	3.06667	3.06000
750	75000	472	426.90285	3.14667	3.14000
760	76000	482	432.59489	3.21333	3.20666
770	77000	482	438.28692	3.21333	3.20666
780	78000	505	443.97896	3.36667	3.36000
790	79000	512	449.67100	3.41333	3.40666
800	80000	518	455.36304	3.45333	3.44666

Tabel Tegangan Regangan Silinder Beton Kode KB 3% SP - 2 (Lanjutan)

Beban ( KN )	Beban ( KG )	$\Delta_L$ ( $10^{-3}$ mm )	$\sigma$ ( $\text{kg/cm}^2$ )	$\epsilon = \Delta_L/L_0$ ( $10^{-3}$ )	$\epsilon$ Koreksi
810	81000	528	461.05508	3.52000	3.51333
820	82000	535	466.74711	3.56667	3.56000
830	83000	545	472.43915	3.63333	3.62666
840	84000	550	478.13119	3.66667	3.66000
850	85000	560	483.82323	3.73333	3.72666
860	86000	570	489.51527	3.80000	3.79333
870	87000	580	495.20730	3.86667	3.86000
880	88000	590	500.89934	3.93333	3.92666

**Grafik Tegangan Regangan Silinder Beton KB 3% SP - 2**





## TABEL TEGANGAN REGANGAN SILINDER BETON

KODE : KB 3% - 3

Beban ( KN )	Beban ( KG )	$\Delta_L$ ( $10^{-3}$ mm )	$\sigma$ ( kg/cm <sup>2</sup> )	$\epsilon = \Delta_L/L_0$ ( $10^{-3}$ )	$\epsilon$ Koreksi
0	0	0	0.00000	0.02000	0.00000
10	1000	8	5.68443	0.05333	0.03333
20	2000	13	11.36887	0.08667	0.06667
30	3000	16	17.05330	0.10667	0.08667
40	4000	20	22.73774	0.13333	0.11333
50	5000	24	28.42217	0.16000	0.14000
60	6000	28	34.10661	0.18667	0.16667
70	7000	33	39.79104	0.22000	0.20000
80	8000	36	45.47547	0.24000	0.22000
90	9000	39	51.15991	0.26000	0.24000
100	10000	43	56.84434	0.28667	0.26667
110	11000	50	62.52878	0.33333	0.31333
120	12000	56	68.21321	0.37333	0.35333
130	13000	61	73.89765	0.40667	0.38667
140	14000	65	79.58208	0.43333	0.41333
150	15000	71	85.26651	0.47333	0.45333
160	16000	76	90.95095	0.50667	0.48667
170	17000	82	96.63538	0.54667	0.52667
180	18000	88	102.31982	0.58667	0.56667
190	19000	94	108.00425	0.62667	0.60667
200	20000	103	113.68869	0.68667	0.66667
210	21000	106	119.37312	0.70667	0.68667
220	22000	109	125.05755	0.72667	0.70667
230	23000	112	130.74199	0.74667	0.72667
240	24000	120	136.42642	0.80000	0.78000
250	25000	125	142.11086	0.83333	0.81333
260	26000	132	147.79529	0.88000	0.86000
270	27000	138	153.47973	0.92000	0.90000
280	28000	145	159.16416	0.96667	0.94667
290	29000	150	164.84860	1.00000	0.98000
300	30000	154	170.53303	1.02667	1.00667
310	31000	160	176.21746	1.06667	1.04667
320	32000	163	181.90190	1.08667	1.06667
330	33000	168	187.58633	1.12000	1.10000
340	34000	172	193.27077	1.14667	1.12667
350	35000	178	198.95520	1.18667	1.16667
360	36000	184	204.63964	1.22667	1.20667
370	37000	190	210.32407	1.26667	1.24667
380	38000	200	216.00850	1.33333	1.31333
390	39000	205	221.69294	1.36667	1.34667
400	40000	215	227.37737	1.43333	1.41333

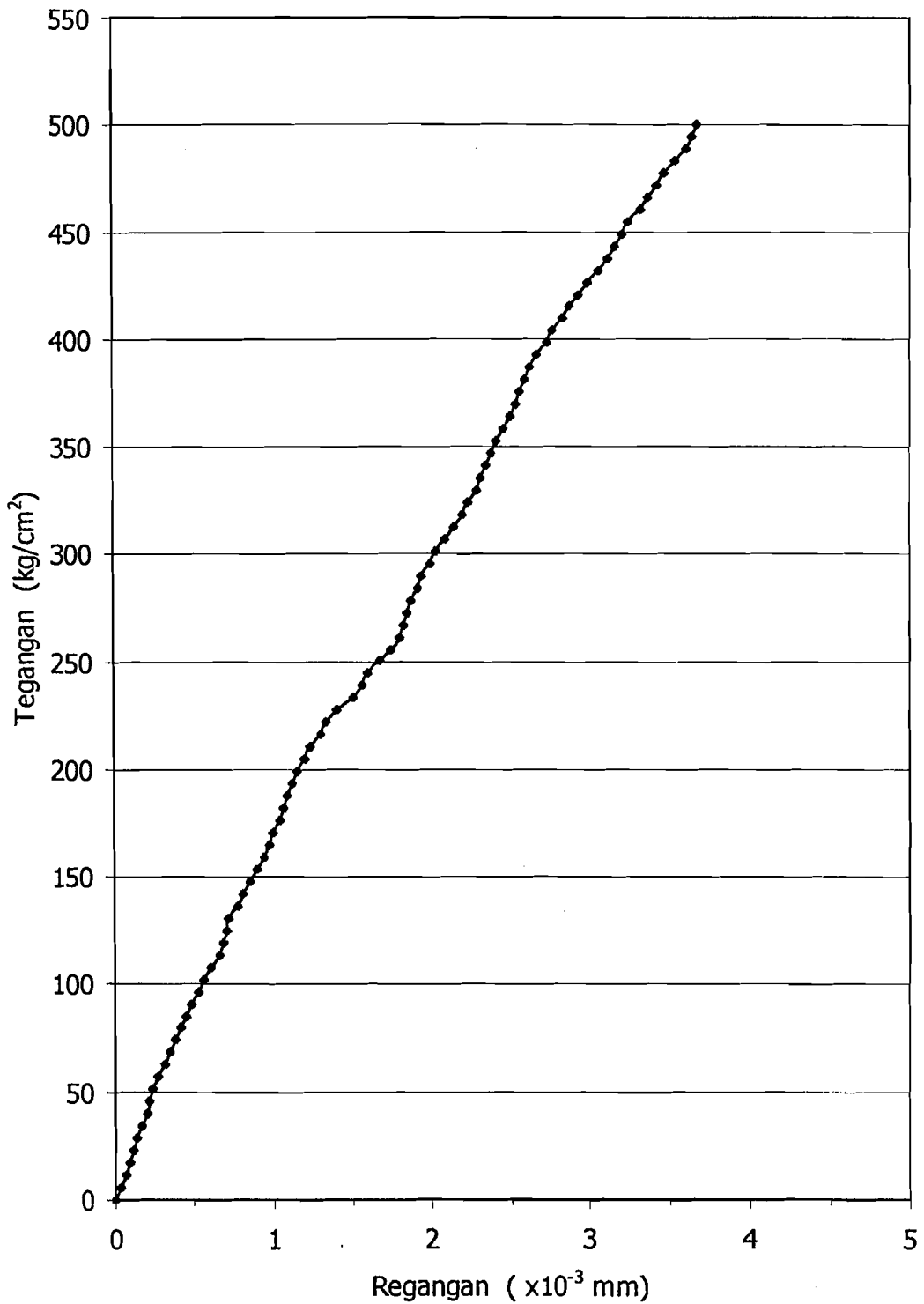
Tabel Tegangan Regangan Silinder Beton Kode KB 3% SP - 3 (Lanjutan)

Beban ( KN )	Beban ( KG )	$\Delta_L$ ( $10^{-3}$ mm )	$\sigma$ ( kg/cm <sup>2</sup> )	$\epsilon = \Delta_L/L_0$ ( $10^{-3}$ )	$\epsilon$ Koreksi
410	41000	230	233.06181	1.53333	1.51333
420	42000	238	238.74624	1.58667	1.56667
430	43000	244	244.43068	1.62667	1.60667
440	44000	255	250.11511	1.70000	1.68000
450	45000	265	255.79954	1.76667	1.74667
460	46000	274	261.48398	1.82667	1.80667
470	47000	278	267.16841	1.85333	1.83333
480	48000	281	272.85285	1.87333	1.85333
490	49000	284	278.53728	1.89333	1.87333
500	50000	290	284.22172	1.93333	1.91333
510	51000	295	289.90615	1.96667	1.94667
520	52000	302	295.59058	2.01333	1.99333
530	53000	308	301.27502	2.05333	2.03333
540	54000	316	306.95945	2.10667	2.08667
550	55000	324	312.64389	2.16000	2.14000
560	56000	333	318.32832	2.22000	2.20000
570	57000	338	324.01276	2.25333	2.23333
580	58000	346	329.69719	2.30667	2.28667
590	59000	350	335.38162	2.33333	2.31333
600	60000	355	341.06606	2.36667	2.34667
610	61000	360	346.75049	2.40000	2.38000
620	62000	366	352.43493	2.44000	2.42000
630	63000	372	358.11936	2.48000	2.46000
640	64000	378	363.80380	2.52000	2.50000
650	65000	384	369.48823	2.56000	2.54000
660	66000	388	375.17266	2.58667	2.56667
670	67000	392	380.85710	2.61333	2.59333
680	68000	398	386.54153	2.65333	2.63333
690	69000	405	392.22597	2.70000	2.68000
700	70000	415	397.91040	2.76667	2.74667
710	71000	420	403.59484	2.80000	2.78000
720	72000	429	409.27927	2.86000	2.84000
730	73000	436	414.96370	2.90667	2.88667
740	74000	445	420.64814	2.96667	2.94667
750	75000	453	426.33257	3.02000	3.00000
760	76000	464	432.01701	3.09333	3.07333
770	77000	472	437.70144	3.14667	3.12667
780	78000	478	443.38588	3.18667	3.16667
790	79000	486	449.07031	3.24000	3.22000
800	80000	490	454.75475	3.26667	3.24667

Tabel Tegangan Regangan Silinder Beton Kode KB 3% SP - 3 (Lanjutan)

Beban ( KN )	Beban ( KG )	$\Delta_L$ ( $10^{-3}$ mm )	$\sigma$ ( kg/cm <sup>2</sup> )	$\epsilon = \Delta_L/L_0$ ( $10^{-3}$ )	$\epsilon$ Koreksi
810	81000	603	460.43918	4.02000	4.00000
820	82000	610	466.12361	4.06667	4.04667
830	83000	618	471.80805	4.12000	4.10000
840	84000	625	477.49248	4.16667	4.14667
850	85000	635	483.17692	4.23333	4.21333
860	86000	645	488.86135	4.30000	4.28000
870	87000	650	494.54579	4.33333	4.31333
880	88000	655	500.23022	4.36667	4.34667

**Grafik Tegangan Regangan Silinder Beton KB 3% SP - 3**



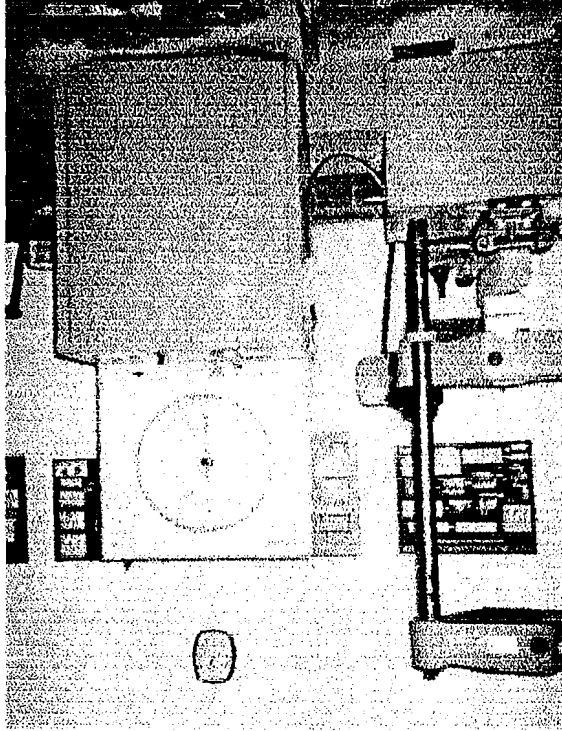
**LAMPIRAN 10**

**MODULUS ELASTISITAS BENDA UJI SILINDER  
PADA PENGUJIAN KUAT TEKAN**

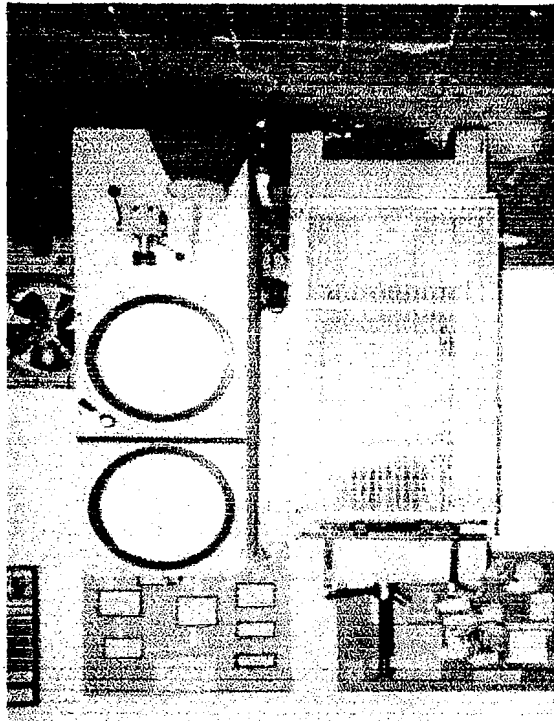
No.	Variasi		Kode Silinder	$\sigma$ maks (kg/cm <sup>2</sup> )	Modulus Elastisitas		
	KB (%)	SP (%)			$\sigma$ 1/2 maks (kg/cm <sup>2</sup> )	$\epsilon$ 1/2 (x10 <sup>-3</sup> )	E (kg/cm <sup>2</sup> )
1	0	0	BN - 1	364.29043	182.14522	1.30545	139526.765
	0	0	BN - 2	360.23872	180.11936	1.24582	144578.960
	0	0	BN - 3	368.01132	184.00566	1.42567	129066.095
							137723.940
2	1	0	KB 1% - 1	433.17431	216.58716	1.37333	157709.476
	1	0	KB 1% - 2	423.56370	211.78185	1.38723	152665.275
	1	0	KB 1% - 3	420.36617	210.18309	1.34525	156240.911
							155538.554
3	2	0	KB 2% - 1	465.50178	232.75089	1.56000	149199.288
	2	0	KB 2% - 2	467.09130	233.54565	1.42582	163797.429
	2	0	KB 2% - 3	468.74382	234.37191	1.29333	181215.861
							164737.526
4	3	0	KB 3% - 1	495.87059	247.93530	1.63333	151797.429
	3	0	KB 3% - 2	488.53366	244.26683	1.48677	164293.623
	3	0	KB 3% - 3	486.25757	243.12879	1.40000	173663.418
							163251.490
5	1	1	KB 1% - 1 SP	440.54366	220.27183	1.43333	153678.378
	1	1	KB 1% - 2 SP	437.40804	218.70402	1.33333	164028.425
	1	1	KB 1% - 3 SP	434.27910	217.13955	1.34586	161338.884
							159681.896
6	2	1	KB 2% - 1 SP	477.49248	238.74624	1.40667	169724.413
	2	1	KB 2% - 2 SP	474.96616	237.48308	1.50000	158322.053
	2	1	KB 2% - 3 SP	477.49248	238.74624	1.36000	175548.706
							167865.057
7	3	1	KB 3% - 1 SP	500.56313	250.28157	1.38666	180492.381
	3	1	KB 3% - 2 SP	500.89934	250.44967	1.62666	153965.592
	3	1	KB 3% - 3 SP	500.23022	250.11511	1.68000	148878.042
							161112.005

# **LAMPIRAN II**

Mesin Uji Lentur Merek "Shimidzu"

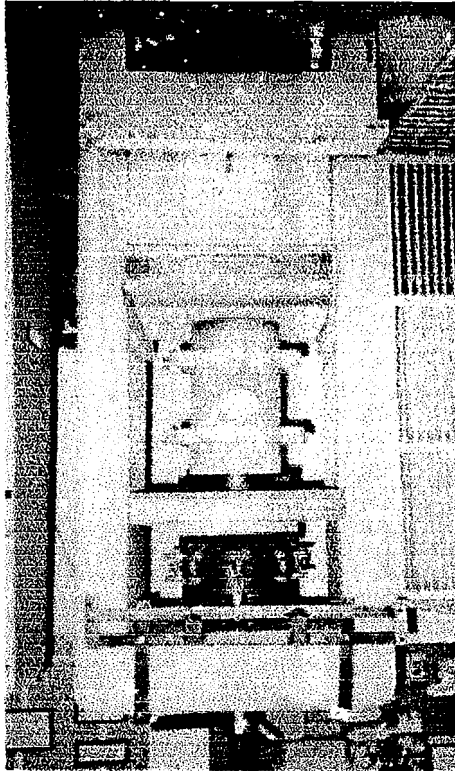


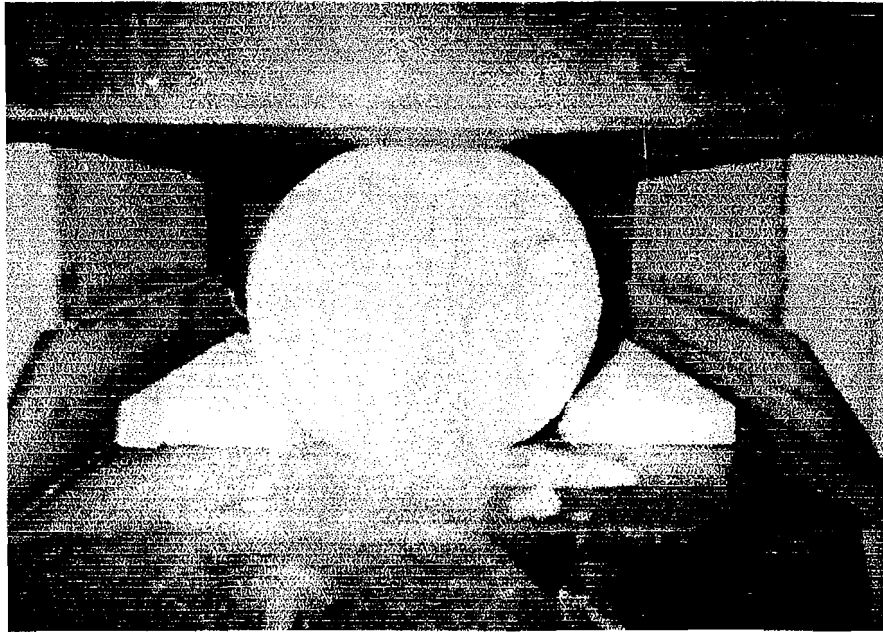
Mesin Uji Tekan dan Tarik Merek "Control"



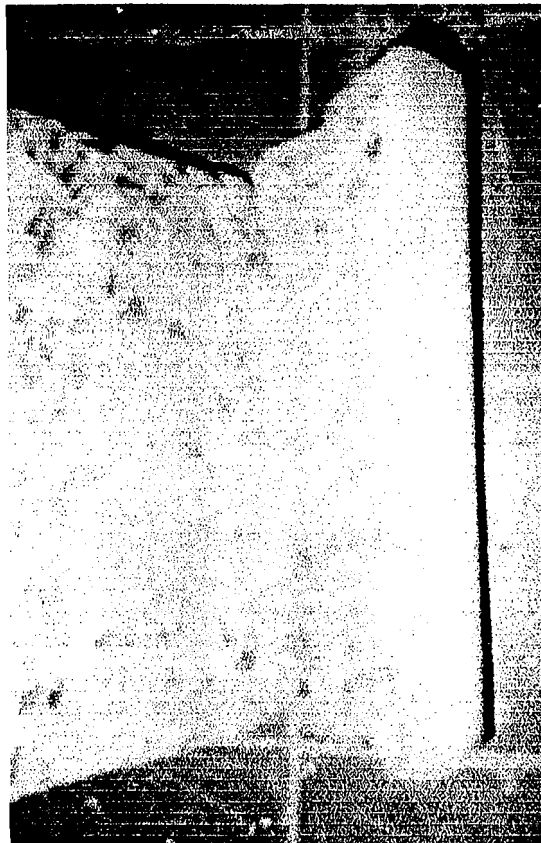


Pengujian Kuat Tekan



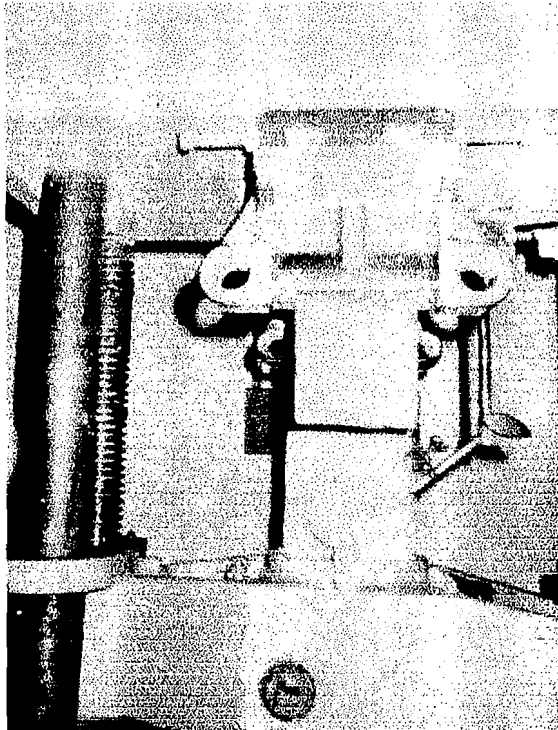


Pengujian Kuat Tarik



Hasil Pengujian Kuat Tarik Beton Non *Fiber*

Pengujian Kuat Lentur



Hasil Pengujian Kuat Tarik Beton Tank *Fiber*





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

KAMPUS : Jalan Kaliurang Km. 14,4 Tel. 895042, 895707, 896440, Fax. 895330, Yogyakarta 55584

Nomor : 45/Kajur.TS.20/Bg.Pn./VII/2003  
Lamp. : -  
Hal : BIMBINGAN TUGAS AKHIR  
Periode : IV ( Juni - Nopember 2003 ).

FM-UII-AA-FPU-09  
Yogyakarta, 24 Juli 2003

Kepada Yth. :  
Bapak/Ibu. : DR. Ir. Edy Purwanto, Ces, DEA.  
Di - Yogyakarta.

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Dengan ini kami mohon dengan hormat kepada Bapak/Ibu agar mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan tersebut dibawah ini :

1 Nama : Yefia Luthfi Z.  
No. Mhs. : 97511350  
Bidang Studi : TS.  
Tahun akademi : 2002/2003

2 Nama :  
No. Mhs. :  
Bidang Studi : TS.  
Tahun akademi : 2002/2003

Dapat diberikan petunjuk-petunjuk, pengarahan serta bimbingan dalam melaksanakan Tugas Akhir.  
mahasiswa tersebut tidak berkelompok dengan dosen pembimbing sbb :

Dosen Pembimbing I : Ir. Tri Fajar Budiono, MT.  
Dosen Pembimbing II : DR. Ir. Edy Purwanto, Ces, DEA.

Dengan mengambil Topik/Judul :

*Pengaruh penambahan kawat benkrat dan superplastisizer thd kuat tekan, kuat tarik dan kuat lentur beton.*

Demikian atas bantuan serta kerjasamanya diucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

An. Dekan  
Ketua Jurusan Teknik Sipil,

Ir. H. Munadhir, MS.

**Tembusan :**

1. Dosen Pembimbing ybs.
2. Mahasiswa ybs.
3. Arsip/Jurusan Teknik Sipil.



# UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

## FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

KAMPUS : Jalan Kaliurang Km. 14,4 Tel. 895042, 895707, 896440, Fax. 895330, Yogyakarta 55584

Nomor : 45/Kajur. TS.20/Bg.Pn./VII/2003  
Lamp. : -  
Hal : BIMBINGAN TUGAS AKHIR  
Periode : IV ( Juni – Nopember 2003 ).

FM-UII-AA-FPU-09  
Yogyakarta, 24 Juli 2003

Kepada Yth. :  
Bapak/Ibu. : **Ir. Tri Fajar Budiono, MT.**  
Di - Yogyakarta.

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Dengan ini kami mohon dengan hormat kepada Bapak/Ibu agar mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan tersebut dibawah ini :

1 Nama : **Yesta Luthfi Z.**  
No. Mhs. : **97511350**  
Bidang Studi : **TS.**  
Tahun skademi : **2002/2003**

2 Nama :  
No. Mhs. :  
Bidang Studi : **TS.**  
Tahun akademi : **2002/2003**

Dapat diberikan petunjuk-petunjuk, pengarahan serta bimbingan dalam melaksanakan Tugas Akhir.

mahasiswa tersebut tidak berkelompok dengan dosen pembimbing sbb :

Dosen Pembimbing I : **Ir. Tri Fajar Budiono, MT.**  
Dosen Pembimbing II : **DR. Ir. Edy Purwanto, Ces, DEA.**

Dengan mengambil Topik/Judul :

*Pengaruh penambahan kawat benkrat dan superplastisizer thd kuat tekan, kuat tarik dan kuat lentur beton.*

Demikian atas bantuan serta kerjasamanya diucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

An. Dekan  
Ketua Jurusan Teknik Sipil,

Ir. H. Munadhir, MS.

**Tembusan :**

1. Dosen Pembimbing ybs.
2. Mahasiswa ybs.
3. Arsip/Jurusan Teknik Sipil.

Salah satu mahasiswa konsultasi dosen pembimbing dimana untuk setiap mahasiswa akan diberikan tugas yang berbeda-beda yang didapatnya dari arahan SKS (A) tugas yang diberikan maka dosen tidak boleh menyalah konsultasi mahasiswa yang bersangkutan

nama  
tempat  
tanggal lahir

Handwritten signature and stamp of the Dean of the Faculty of Engineering, Universitas Mitra-Mitra.



DOSEN PEMBIMBING I  
DOSEN PEMBIMBING II

No.	Kegiatan	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Juni	Juli	Agst	Sep	Oktr	Nov
1	Pendaftaran											
2	Pemilihan Dosen Pembimbing											
3	Pembuatan Proposal											
4	Seminar Proposal											
5	Konsultasi Penunjang											
6	Sidang-Sidang											
7	Pendataan											

PERIODE IV JUNI - NOPEMBER  
TAHUN 2003 - 2004

JUDUL TUGAS AKHIR:

Pengaruh Pergerakan Kawat Besi dan Superplastisizer terhadap kuat lentur beton

NO.	NAMA	NO. MHS	BID. STUDI
1	Yella Luthi Z	97.01.1.930	TEKNIK SIPIL
2			TEKNIK SIPIL

KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

BMP-011-A-3811-09

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

Jl. Kalurang Km.14 Telp. 895042  
EMAIL : FTSP.UIT.AC.ID 10614KARFAKODE.POS.5341





# Concrete Admixtures

# Sikament<sup>®</sup>-NN High Range Water-Reducing

## DESCRIPTION

A highly effective dual action liquid super-plasticizer for the production of free flowing concrete or as a substantial water-reducing agent for promoting high early and ultimate strengths. Chloride free.

Complies with A.S.T.M.  
C 494 - 92 Type F

## USES

Sikament-NN is used as a super plasticizer in the production of free flowing concrete for use in :

Slabs and foundations.

Walls, columns and piers.

Slender components with densely packed reinforcement.

Textured surface finishes.

It is also used as a water-reducing agent leading to high early strength concrete for use in :

Pre-cast concrete elements

Pre-stressed concrete.

Bridges and cantilever structures.

Areas of concrete where formwork must be removed quickly or early loading applied.

## ADVANTAGES

Sikament-NN provides the following properties :

**As a Superplasticizer :**

Workability is greatly improved. Increased placeability in slender components with packed reinforcement.

Decreases the amount of vibration required. Normal set without retardation.

Significantly reduces the risk of segregation.

**As a Water reducer :**

Up to 20% reduction of water will produce 40% increase in 28 days compressive strength.

High strength after 12 hours.

## DOSAGE

0.6% - 1.5% by weight of cement.

It is advisable to carry at trial mixes to establish the exact dosage rate required. Sikament NN is compatible with all type portland cement including S.R.C.

## DISPENSING

Sikament-NN can be added to the mixing water prior to its addition to the aggregates or as in most cases, it can be added directly to the freshly mixed concrete.

When added directly to the freshly mixed concrete, the plasticizing effect is more pronounced.

For Ready-mix concrete, Sikament-NN is added to the concrete immediately prior to discharge and after further mixing has taken place for five minutes.

## TECHNICAL DATA

TYPE	Naphthalene Formaldehyde Sulphonate
COLOUR	Dark Brown
SPECIFIC GRAVITY	1.19 kg/l
SHELF LIFE	1 year when unopened
PACKAGING	250-kg drum

