


TUGAS AKHIR

**DIAGRAM TEGANGAN REGANGAN DESAK
BETON MUTU TINGGI TAK TERKEKANG
DAN IMPLIKASINYA TERHADAP
BLOK TEGANGAN DESA** 



Disusun Oleh:

INVRAN ELLY NUR CAHYANIE

No. Mhs. : 93 310 070

ENDAH WAHYUNING

No Mhs. : 94 310 162

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2000**

TUGAS AKHIR

**DIAGRAM TEGANGAN REGANGAN DESAK
BETON MUTU TINGGI TIDAK TERKEKANG
DAN IMPLIKASINYA TERHADAP BLOK TEGANGAN DESAK**

Nama : Invran Elly Nur Cahyanie
No. Mhs : 93 310 070

Nama : Endah Wahyuning
No. Mhs : 94 310 162

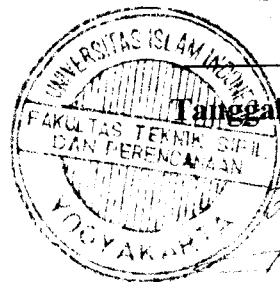
Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Ir. H. Widodo, MSCE, Ph.D

Dosen Pembimbing I

Ir. Faturrahman NS, MT

Dosen Pembimbing II



Tanggal :

Tanggal : 20/11 - 2000

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT yang telah memberikan banyak Rahmat dan Hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Merupakan suatu kebahagiaan bagi penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini yang berjudul "DIAGRAM TEGANGAN REGANGAN DESAK BETON MUTU TINGGI TAK TERKEKANG DAN IMPLIKASINYA TERHADAP BLOK TEGANGAN DESAK" sebagai syarat untuk menyelesaikan studi jenjang Strata – 1 di Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. H. Widodo, MSCE, Ph.D selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia dan selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak membantu dan membimbing dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Ir. Faturrahman NS, MT selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberi masukan, arahan dan bantuan yang berkenaan dengan Tugas Akhir ini.
3. Bapak dan Ibu serta seluruh keluarga tercinta yang dengan tulus ikhlas telah memberikan dukungan do`a , semangat dan tak lupa dukungan materi sehingga Tugas Akhir ini dapat berjalan dengan baik.
4. Teman-teman Sipil 93 dan 94 serta karyawan Fakultas Teknik Sipil yang senantiasa memberikan do`a dan motivasi dari awal sampai akhir sehingga Tugas Akhir ini dapat tersusun dengan baik.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir masih banyak kekurangannya dan jauh dari sempurna mengingat masih terbatasnya pengetahuan penulis. Untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun sehingga Tugas Akhir ini dapat disempurnakan dan penulis berharap

semoga Tugas Akhir ini dapat memberi tambahan ilmu dan bermanfaat bagi kita semua.

Akhir kata semoga kita semua selalu dalam lindungan dan diberi bimbingan serta pertolongan dari Allah SWT. Amin.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, Oktober 2000

Penulis

Invran ENC & Endah W

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	Hal i
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
NOTASI.....	xii
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan Masalah.....	3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Pengertian Beton Mutu Tinggi.....	4
2.2 Hasil Penelitian Yang Pernah Dilakukan.....	6
2.2.1 Parka (1999).....	6
2.2.2 Ibrahim dan MacGregor (1994).....	6
2.2.3 Attard dan Stewart (1995).....	7
2.2.4 Mansur, Chin dan Wee (1997).....	9
2.2.5 Tjokrodimuljo (1995).....	10
2.3 Penelitian Yang Akan Dilakukan.....	10
BAB III. LANDASAN TEORI.....	11
3.1 Umum.....	11
3.2 Perancangan Campuran Beton.....	11

3.3 Bahan Penyusun Campuran Beton.....	12
3.3.1 Semen portland.....	12
3.3.2 Superplasticizer.....	13
3.3.3 Silica fume.....	14
3.3.4 Pasir.....	15
3.3.5 Air.....	16
3.3.6 Kerikil.....	17
3.3.7 Faktor air semen.....	17
3.3.8 Slump.....	18
3.4 Perencanaan Campuran Beton.....	18
3.5 Diagram Tegangan Regangan Hasil Penelitian Yang Dilakukan.....	22
3.6 Metode Menentukan Koefisien Dalam Blok Tegangan Desak.....	23
3.6.1 Menentukan nilai k_2	24
3.6.2 Menentukan nilai momen nominal.....	25
3.6.3 Menentukan ratio momen nominal.....	26
3.6.4 Menentukan nilai α	26
3.6.5 Menentukan nilai k_1	27
BAB IV. METODOLOGI PENELITIAN.....	28
4.1 Umum.....	28
4.1.1 Bahan-bahan.....	28
4.1.2 Alat-alat.....	28
4.2 Prosedur penelitian.....	29
4.3 Persiapan Dan Pemeriksaan Bahan Campuran.....	30
4.4 Perhitungan Campuran Beton.....	31
4.5 Pembuatan Campuran Beton.....	33
4.6 Pengujian Slump.....	34
4.7 Pembuatan Benda Uji.....	35
4.8 Pengujian Benda Uji.....	35

4.9 Analisa Dan Evaluasi.....	36
4.9.1 Kekuatan desak beton.....	36
4.9.2 Regangan beton.....	36
4.9.3 Hitungan regresi polinomial.....	37
4.9.4 Penggambaran diagram tegangan regangan.....	37
4.9.5 Nilai-nilai koefisien dalam blok tegangan desak.....	38
BAB V. HASIL DAN ANALISA HASIL.....	39
5.1 Umum.....	39
5.2 Hasil Penelitian Yang dilakukan.....	39
5.3 Analisa Hasil	63
BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN.....	83
6.1 Kesimpulan.....	83
6.2 Saran-saran.....	84
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN-LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

	Hal
2.1 Diagram tegangan regangan.....	6
2.2 Blok tegangan untuk daerah desak beton.....	8
3.1 Gradasi standar agregat butiran maks. 20 mm.....	20
3.2 Estimasi berat jenis campuran	21
3.3 Diagram tegangan regangan desak aktual	24
3.4 Daerah luasan beton desak.....	25
3.5 Diagram blok tegangan	26
3.6 Diagram blok menentukan nilai α	27
3.7 Diagram menentukan nilai k_1	27
4.1 Alur rencana kerja penelitian.....	30
4.2 Pengujian nilai slump	35
4.3 Analisa regangan beton	37
Grafik 5.1 s/d 5.4 Grafik diagram tegangan regangan.....	41 s/d 44
Grafik 5.5 s/d 5.8 Grafik diagram tegangan regangan normalisasi.....	48 s/d 51
Grafik 5.9 s/d 5.12 Grafik diagram tegangan regangan (rekomendasi).....	53 s/d 56
5.1 Penyebaran nilai k_3 penelitian Norwegian Code dan Collins et.al.....	58
5.2 Diagram daerah beton desak.....	59
Grafik 5.13 Diagram tegangan regangan masing-masing interval.....	66
Grafik 5.14 s/d 5.20 Perbandingan nilai k_1, k_2, α, RM hasil penelitian.....	67 s/d 71
5.3 Fungsi tegangan terhadap nilai k_1k_3 dan k_2	75
Grafik 5.21 Grafik perbandingan nilai k_1k_3	77
Grafik 5.22 s/d 5.24 Grafik nilai c , luas diagram, RM (penurunan rumus)....	80 s/d 82

DAFTAR LAMPIRAN

1. Hasil pemeriksaan laboratorium
 - a. Kandungan lumpur dalam pasir
 - b. Gradasi agregat kasar
 - c. Berat jenis agregat halus
 - d. Gradasi agregat halus
2. Hasil pengujian desak silinder beton
3. Tegangan regangan beton hasil penelitian
4. Regresi polinomial diagram tegangan regangan normalisasi
5. Tegangan regangan normalisasi

ABSTRAKSI

Distribusi tegangan regangan lentur untuk beton mutu normal telah banyak dikemukakan, tetapi untuk beton mutu tinggi belum banyak diketahui. Secara umum distribusi tegangan regangan berbentuk parabola dengan pendekatan blok tegangan persegi yang mempunyai parameter-parameter k_1 dan k_2 dari distribusi tegangan dan blok tegangan persegi pada beton mutu tinggi.

Distribusi tegangan regangan diperoleh dengan pengujian uniaksial dengan ukuran sampel 15 cm x 30 cm sebanyak 30 sampel. Hal ini merupakan suatu pendekatan terhadap distribusi tegangan regangan desak lentur pada balok. Cara pendekatan yang dilakukan pada penelitian ini adalah dengan mencari luasan daerah dibawah kurva tegangan regangan yang diperoleh dari pengujian uniaksial dan mencari titik berat masing-masing kurva tegangan regangan tersebut. Selain mencari parameter-parameter distribusi tegangan regangan, juga membandingkan nilai-nilai tersebut dengan parameter-parameter distribusi tegangan regangan pada beton mutu normal yang telah dilakukan sebelumnya.

Distribusi tegangan regangan dari pengujian uniaksial diperoleh tegangan antara 45,10972 MPa - 73,84372 MPa dan regangan berkisar 0,001667 - 0,002612. Persamaan kurva tegangan regangan menggunakan persamaan orde 2, sehingga dengan pendekatan pengujian uniaksial ini diperoleh suatu nilai dari masing-masing parameter k_1 dan k_2 yang semakin rendah pada saat tegangan semakin tinggi. Apabila dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh Ibrahim & McGregor nilai k_1 dan k_2 hasil penelitian ini lebih rendah dan diperoleh hasil yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan penelitian Attard & Stewart.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Pada struktur bangunan bertingkat banyak, beton mutu tinggi seringkali dipakai untuk bahan kolom dan *shear wall*. Disamping itu beton mutu tinggi sangat diperlukan dalam pembuatan beton *precast*, *prestress product* dan beberapa elemen struktur yang mengutamakan ketahanan terhadap faktor-faktor yang dapat membuat kerusakan beton.

Perkembangan teknologi menuntut kualitas beton yang lebih baik, yaitu suatu bahan yang lebih kuat dan awet. Dalam bidang struktur selalu diusahakan dan dikembangkan cara-cara untuk menghasilkan beton yang lebih kuat, lebih tahan terhadap lingkungan yang agresif, lebih kaku, lebih tahan terhadap erosi/abrasi. Dengan bertambah kuat dan kakunya beton, dengan sendirinya akan didapatkan ukuran bentang yang lebih besar dan umur yang lebih panjang sehingga kemungkinan didapatkan efisiensi lebih besar.

Pengertian beton mutu tinggi adalah beton yang mempunyai kekuatan tinggi (*high strength concrete*), keawetan (*durability*), kedap air (*permeability*) dan mudah dikerjakan (*workability*) tanpa mengalami segregasi serta mempunyai nilai susut (*shrinkage*) yang dapat diterima. Oleh karena tuntutan tersebut di atas maka perlu adanya konsep campuran beton yang bermutu (Suhud, 1999).

Dengan adanya pengembangan pada bahan tambah mineral dan kimia telah memungkinkan diproduksi beton 60-120 MPa. Pemakaian bahan tambah kimia seperti *plasticizer*, *superplasticizer* dan bahan tambah mineral seperti *fly ash*, *blast furnace slag* dan *silica fume* sangat dominan dalam produksi beton mutu tinggi (Parka, 1999). Beton mutu tinggi dapat dibuat tetapi implikasinya terhadap diagram tegangan regangan beton mutu tinggi belum banyak diteliti sedangkan diagram tegangan regangan mempengaruhi parameter-parameter blok tegangan. Oleh karena itu diagram tegangan regangan dan parameter-parameter blok tegangan perlu diteliti.

1.2 Rumusan Masalah

Dari judul yang dikemukakan yaitu “Diagram Tegangan-Regangan Desak Beton Mutu Tinggi Tak Terkekang Dan Implikasinya Terhadap Blok Tegangan Desak”, mempelajari bagaimana hubungan parameter-parameter distribusi tegangan dan blok tegangan desak dengan mutu beton pada beton mutu tinggi.

1.3 Tujuan

Tujuan yang akan dicapai dari penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui nilai tegangan desak maksimum beton tidak terkekang.
2. Mengetahui nilai regangan desak beton pada saat terjadi tegangan desak maksimum.
3. Mengetahui bentuk diagram tegangan-regangan desak beton tidak terkekang.
4. Mengetahui besarnya parameter blok tegangan.

5. Membandingkan ratio momen nominal diagram tegangan regangan dengan penelitian terdahulu.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah :

1. Mengembangkan pemahaman tentang perilaku beton mutu tinggi terutama diagram tegangan regangan.
2. Hasil dari penelitian diharapkan dapat digunakan untuk mendesain suatu struktur yang menggunakan beton mutu tinggi.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah yang diambil adalah sebagai berikut :

1. Sampel berbentuk silinder dengan ukuran $t=30$ cm, \varnothing 15 cm tanpa tulangan.
2. Penggunaan *superplasticizer* merk Sikament-NN produksi PT.Sika Nusa Pratama.
3. Penggunaan *silica fume* merk SikaFume produksi PT.Sika Nusa Pratama.
4. Mutu beton direncanakan adalah $f'_c = 45,50,55$ MPa masing-masing 10 sampel.
5. Pengujian kuat desak silinder beton dilakukan pada umur 28 hari.
6. Agregat kasar digunakan kerikil dari Clereng, ukuran maks. agregat 20 mm.
7. Agregat halus digunakan pasir dari Kali Progo.
8. Semen yang digunakan semen Portland tipe I produksi PT.Semen Gresik.
9. Bahan penyusun beton dalam benda uji dianggap sudah tercampur baik dan homogen.
10. Pengaruh suhu, udara dan faktor lain tidak diteliti.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Beton Mutu Tinggi

Beton mutu tinggi didefinisikan sebagai beton dengan kuat desak melebihi 41 MPa. Jenis material dasar yang digunakan untuk menghasilkan beton mutu tinggi ini pada prinsipnya tidak banyak berbeda dengan jenis material dasar yang digunakan untuk memproduksi beton mutu normal. Pada dasarnya, beton merupakan material komposit yang bersifat sangat heterogen yang terdiri atas unsur-unsur seperti pasta semen, agregat, zona kontak antara pasta-agregat, dan rongga-rongga kosong (*voids*). Oleh karena itu, perilaku mekanik beton, seperti kekuatan tekannya, tentunya akan dipengaruhi oleh karakteristik unsur-unsur penyusunnya tersebut (Suhud, 1999).

Berbagai teknik telah dikembangkan untuk dapat meningkatkan mutu beton tinggi. Teknik-teknik yang digunakan tersebut pada dasarnya bertujuan untuk memperbaiki dan menyempurnakan salah satu komponen/material dasar pembentuk beton. Dengan memanfaatkan teknik-teknik tersebut, beton dengan kekuatan 80-100 MPa dapat dengan mudah dihasilkan.

Selain peningkatan kekuatan, ada hal lainnya yang menjadi pokok bahasan dalam pengembangan teknologi beton akhir-akhir ini, yaitu yang berkaitan dengan masalah durabilitas atau ketahanan material beton terhadap lingkungannya. Upaya

untuk meningkatkan sifat durabilitas material beton umumnya dilakukan dengan cara memahami dan kemudian mengendalikan penyebab-penyebab utama kerusakan pada beton (Suhud, 1999).

Karena pertimbangan ekonomi, kriteria durabilitas beton saat ini sudah menjadi salah satu persyaratan yang harus dipenuhi dalam perencanaan. Kecenderungan yang ada pada dunia konstruksi saat ini menunjukkan bahwa membangun struktur yang bersifat durabel dan mempunyai usia layan minimal 100 tahun merupakan pilihan yang ekonomis. Harus dipenuhinya sifat durabilitas pada beton, memunculkan istilah beton baru yang disebut sebagai beton kinerja tinggi, yang berdasarkan ACI didefinisikan sebagai beton yang memenuhi persyaratan kinerja dan durabilitas yang khusus. Termasuk dalam kategori beton kinerja tinggi ini adalah beton yang mempunyai sifat mudah dikerjakan/dipadatkan. Akhir-akhir ini banyak penelitian beton yang diarahkan untuk mengembangkan sifat mudah dikerjakan pada beton. Salah satu hasil dari pengembangan ini adalah ditemukannya material beton yang disebut sebagai beton yang dapat memadat dengan sendirinya (*self compacted concrete*). Perkembangan teknologi bahan tambahan (*additivies*), yang merupakan bahan pencampur beton selain agregat, semen dan air, juga sangat dipengaruhi oleh keinginan untuk memperbaiki sifat-sifat beton (Suhud, 1999). Beton mutu tinggi mempunyai sifat-sifat sebagai berikut (Wahyudi & Rahim, 1997) :

1. kandungan semen tinggi,
2. rasio air semen rendah,
3. penggunaan agregat yang mutunya lebih kuat,

4. agregat berkadar air rendah,
5. penggunaan material *pozzolana*, *fly ash*, *silica fume* dan sebagainya.

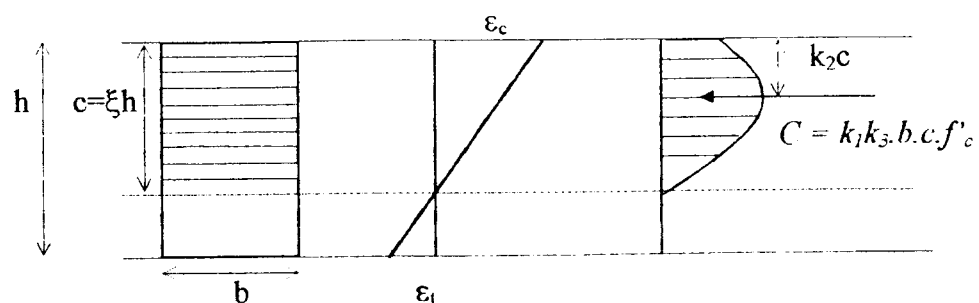
2.2 Hasil Penelitian Yang Pernah Dilakukan

2.2.1 Parka (1999)

Parka menyampaikan hasil test percobaan di lapangan dan di laboratorium atas sampel beton mutu 60 MPa dengan admixture *retarder plasticizer* dan *superplasticizer* untuk bahan tambah kimia, *silica fume* untuk bahan tambah mineral, menghasilkan kuat desak yang diperoleh melebihi 60 MPa. Tetapi penelitian terbatas pada penentuan kuat desak, belum ada implikasinya terhadap blok tegangan regangan.

2.2.2 Ibrahim dan MacGregor (1994)

Ibrahim dan MacGregor (1994) mengadakan penelitian dengan sampel berbentuk silinder dan kolom dengan f'_c dipakai 40-100 MPa. Percobaan dilakukan dengan menguji 90 sampel pembebanan kolom konsentris dan 94 sampel pembebanan kolom eksentris dengan beton normal, mutu tinggi dan sangat tinggi. Data-data yang diperoleh digunakan untuk menentukan parameter blok tegangan seperti terlihat pada Gambar 2.1 dan Tabel 2.1 (Ibrahim & MacGregor, 1994).



Gambar 2.1 Diagram tegangan-regangan

Tabel 2.1 Parameter blok tegangan

f'_{kubus} MPa	f'_c MPa	$f'_{cn}=k_3f'_c$ MPa	$R=k_1$	$C=k_2$
25	20	16,5	0,9	0,45
35	28	22,82	0,88	0,44
45	36	28,98	0,86	0,43
55	44	34,98	0,84	0,42
65	54	42,255	0,815	0,4075
75	64	49,28	0,79	0,395
85	74	56,055	0,765	0,3825
95	84	62,58	0,74	0,37
105	94	68,855	0,715	0,3574

Nilai regangan maksimum yang diperoleh dari benda uji penelitian ini untuk beton mutu tinggi adalah antara 0,0033-0,0046, perbedaannya tidak begitu besar, sehingga asumsi regangan batas 0,003 sebagaimana ditentukan dalam peraturan ACI 1989 dapat digunakan (Ibrahim & MacGregor, 1994). Ibrahim dan MacGregor mengajukan persamaan parameter blok tegangan desak dengan notasi yang sedikit berbeda dengan Park & Paulay sehingga untuk memudahkan pemahaman notasi tersebut dikomunikasikan seperti Persamaan 2.1 sampai dengan Persamaan 2.3.

$$\beta_1 = k_1 = 0,95 - \frac{f'_c}{400} > 0,7 \quad (2.1)$$

$$\alpha_1 = k_3 = 0,85 - \frac{f'_c}{800} > 0,725 \quad (2.2)$$

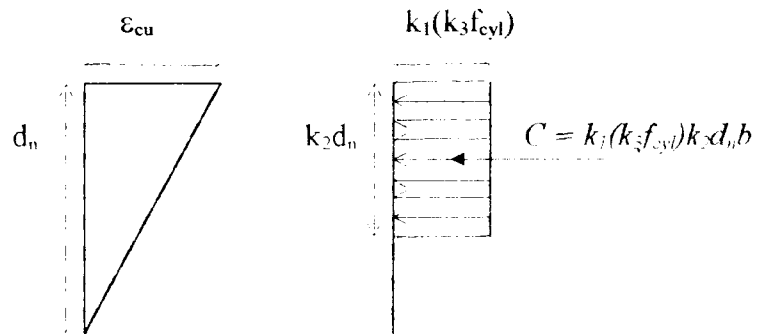
$$M = C(0,5h - k_2c) = Ch(0,5 - \xi_1k_2) \quad (2.3)$$

2.2.3 Attard dan Stewart (1995)

Attard dan Stewart mengusulkan suatu persamaan parameter blok tegangan untuk daerah desak beton pada saat ultimit. Berdasarkan ketentuan ACI hubungan tegangan regangan beton hanya dapat diaplikasikan pada kuat desak karakteristik

beton antara 20–50 MPa, sedang berdasarkan penelitian ini hubungan tegangan regangan beton dapat diaplikasikan pada kuat desak antara 20–120 MPa.

Attard dan Stewart memberikan diagram distribusi regangan dan asumsi persamaan blok desak beton. Bentuk dari distribusi regangan dan tegangan desak beton serta besarnya koefisien/notasi yang dipakai juga sedikit berbeda dalam hal ini sehingga untuk memudahkan pemahaman maka notasi dikomunikasikan seperti terlihat pada Gambar 2.2 dan Persamaan 2.4 sampai dengan Persamaan 2.7 (Attard & Stewart, 1995).



Gambar 2.2 Blok tegangan untuk daerah desak beton

Dengan :

$$f_{cyt} \equiv f'_c + 7,5 \text{ MPa} \quad (2.4)$$

$$k_1 k_3 = 0,6292 (f_{cyt})^{0,0379} \geq 0,58 \quad (2.5)$$

$$k_2 = k_1 = 1,0276 (f_{cyt})^{0,0785} \geq 0,67 \quad (2.6)$$

$$k_3 = \frac{0,6292 (f_{cyt})^{0,0379}}{1,0276 (f_{cyt})^{-0,0786}} = 0,6123 (f_{cyt})^{0,1165} \quad (2.6a)$$

$$M = k_1 (k_3 f_{cyt}) k_2 d_n b \left(d_n - \frac{k_2 d_n}{2} \right) \quad (2.7)$$

2.2.4 Mansur, Chin dan Wee (1997)

Mengajukan model analitis untuk memperoleh kurva tegangan regangan pada beton desak. Model yang diajukan adalah modifikasi dari persamaan yang diusulkan Carreira dan Chu untuk beton normal. Dengan menambah derajat keakuratan yang lebih baik, persamaan yang diajukan tidak hanya untuk beton mutu tinggi tetapi juga untuk beton mutu sangat tinggi seperti terdapat pada Persamaan 2.8 dan 2.9 serta Tabel 2.2 (Mansur, Chin, Wee, 1997).

$$f = f_o \left\{ \frac{k_1 \beta \left(\frac{\varepsilon}{\varepsilon_o} \right)}{k_1 \beta - 1 + \left(\frac{\varepsilon}{\varepsilon_o} \right)^{k_2 \beta}} \right\} \quad (2.8)$$

dengan : f = tegangan

f_o = tegangan puncak untuk beton *unconfined*

ε = regangan

ε_o = regangan pada tegangan puncak untuk beton *unconfined*

k_1, k_2 = faktor koreksi

β = parameter material tergantung dari bentuk diagram tegangan - regangan, dengan persamaan :

$$\beta = \frac{1}{1 - \frac{f_o}{\varepsilon_o E_{it}}} \quad (2.9)$$

dengan : E_{it} = tangent modulus

Tabel 2.2 Parameter-parameter dan faktor koreksi untuk daerah descending

Confinement of concrete	Correction factors	Constants	Values of constants for plain concrete	Values of constants for fiber concrete
Unconfined	$f_o = m1 f_c$	m1	0,94	0,96
	$E_{it} = m2 (f_o)^{0,33}$	m2	10300	10300
	$\epsilon_o = m3 (f_o)^{0,35}$	m3	0,0005	0,0005
	$k_1 = m4 (40/f_o)^2$	m4	1	0,96
	$k_2 = m5 (40/f_o)^{1,3}$	m5	1	0,8

2.2.5 Tjokrodimuljo (1995)

Perancangan adukan beton cara Inggris atau cara DOE dipakai sebagai standar perancangan oleh Dep. PU di Indonesia dengan menggunakan tabel-tabel dan grafik-grafik. Selain cara DOE juga menggunakan cara-coba dengan menetapkan nilai faktor air semen (fas) lebih dahulu. Semakin kecil nilai fas semakin tinggi kekuatan semen. Proporsi antara agregat kasar dan halus ditentukan berdasarkan persen agregat kasar dan halus yang lewat ayakan. Perbandingan agregat kasar dan halus harus sesuai dengan kurva standar berdasarkan butir maksimum.

2.3 Penelitian Yang Akan Dilakukan

Dari ketiga penelitian di atas dapat disimpulkan bahwa penelitian terdahulu baru terbatas pada penentuan kuat desak beton dan belum meninjau implikasinya pada blok tegangan-regangan sedangkan blok tegangan persegi yang digunakan berdasarkan asumsi bukan hasil dari penelitian.

Pada penelitian eksperimental ini akan dicari parameter blok tegangan desak pada beton mutu tinggi yaitu nilai k_1 dan nilai k_2

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1. Umum

Salah satu cara untuk mengendalikan mutu beton adalah dengan menguji sampel atau benda uji. Ada dua tipe pengujian, yaitu *steady loading* dan *controlled strain rate*. Nilai uji yang diperoleh dari setiap benda uji akan berbeda, karena beton merupakan material heterogen, yang kekuatannya dipengaruhi oleh proporsi campuran, bentuk dan ukuran, kecepatan pembebanan dan kondisi lingkungan pada saat pengujian (Wahyudi & Rahim, 1997).

3.2. Perancangan Campuran Beton

Tujuan dari perancangan campuran beton adalah untuk menentukan proporsi bahan-bahan penyusun beton agar tercapai keadaan yang sesuai dengan persyaratan sebagai berikut (Tjokrodimuljo, 1995) :

1. kelecakan (*workability*) yang baik sehingga pengangkutan, penuangan dan pemadatan disaat pembuatan benda uji dapat dikerjakan dengan baik,
2. keawetan (*durability*) yang memadai,
3. kekuatan desak yang memenuhi persyaratan,
4. penyelesaian akhir (*finishing*) dari permukaan beton yang baik.

3.3. Bahan Penyusun Campuran Beton

3.3.1 Semen portland

Semen portland ialah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara membakar secara bersama-sama : kapur, silika dan alumina pada suhu $\pm 1500^{\circ}\text{C}$ yang menjadi klinker. Kemudian klinker-klinker ini didinginkan dan dihaluskan sampai seperti bubuk. Biasanya lalu ditambahkan gips atau kalsium sulfat sebagai bahan pengontrol waktu ikat (Antono, 1985).

Dalam penelitian ini dipakai semen portland tipe I dari PT. Semen Gresik. Semen tipe ini dapat dikatakan yang paling banyak dimanfaatkan untuk bangunan, dan tidak memerlukan persyaratan khusus sebagaimana mestinya. Semen terutama terdiri dari senyawa kapur, silika dan aluminat. Suatu semen jika diaduk dengan air akan terbentuk adukan pasta semen, sedangkan jika diaduk dengan air kemudian ditambah pasir menjadi mortar semen, dan jika ditambah lagi dengan kerikil/batu pecah disebut beton. Fungsi semen adalah untuk merekatkan butir-butir agregat agar terjadi suatu massa yang kompak/padat dan untuk mengisi rongga-rongga diantara butiran agregat. Adapun komposisi kimia semen tercantum pada Tabel 3.1 (Tjokrodimuljo, 1995).

Tabel 3.1. Susunan unsur-unsur semen

OKSIDA	%
Kapur (CaO)	60-65
Silica (SiO ₂)	17-25
Alumina (Al ₂ O ₃)	3-8
Besi (Fe ₂ O ₃)	0,5-6
Magnesia (MgO)	0,5-4
Sulfur (SO ₃)	1-2
Soda/potash (Na ₂ O+K ₂ O)	0,5-1

meningkatkan kekuatan beton, karena memungkinkan pengurangan kadar air guna mempertahankan workabilitas yang sama (Murdock & Brook, 1986).

Ada dua tipe superplasticizer yang ada di pasaran yaitu tipe F yang berfungsi untuk mengurangi air dan tipe G yang berfungsi sebagai pengurang air dan memperpanjang waktu pengikatan beton. Berdasarkan ASTM C-494-82 maka *superplasticizer* yang dipakai dalam penelitian ini termasuk *admixture* tipe F. Banyaknya *superplasticizer* yang ditambahkan pada tiap-tiap *mix design* berbeda-beda tergantung dari kadar semennya dan persyaratan dari produsen yang disebutkan bahwa penambahan berkisar 0,3-2 % dari berat semen

3.3.3 Silica fume

Silica fume merupakan produk yang dihasilkan dari reduksi kwarsa murni tinggi dengan batubara di dalam suatu tungku listrik pada pembuatan *silicon* dan *ferro silicon*. *Silica fume* mengandung kadar SiO_2 yang tinggi dan merupakan bahan yang sangat halus dan berdiameter sangat kecil yaitu 1/100 kali diameter semen (ACI Committee 226, 1986). Adapun data teknisnya menurut hasil pengamatan Laboratorium Teknik Kimia, ITS tercantum dalam Tabel 3.2 dan Tabel 3.3 (Subakti, 1995) :

Tabel 3.2 Sifat fisik silica fume

SPESIFIKASI	KETERANGAN
Warna	Putih,abu-abu gelap
Berat Jenis	2,2 kg/m ³
Berat Volume	250-300 kg/ m ³
Kehalusan	20.000 m ² /kg
Diameter	0,1 mikron (1/100 diameter semen)

Tabel 3.3 Komposisi kimia silica fume

KANDUNGAN OKSIDA	% BERAT
SiO ₂	94,3
Al ₂ O ₄	1,1
Fe ₂ O ₃	0,3
MgO	0,7
SO ₄	0
Na ₂ O	0,2
KO ₂	1,0
Hilang pijar	2,6

Peranan fisik utama *silica fume* pada beton menurut Bache adalah sebagai *filler* (pengisi), karena kehalusannya *silica fume* dapat mengisi celah-celah antara semen. Adapun reaksi *pozzolanic silica fume* menurut Sellevold dan Radjy mulai bekerja setelah beton berumur 3-28 hari (Subakti & Suluh, 1993).

Daerah transisi (*tranzien zone*) adalah daerah antara pasta semen dengan agregat. Pada hampir semua beton daerah tersebut merupakan daerah yang lemah karena terjadi *bleeding* pada daerah tersebut. Menurut Cheng dan Zhang dengan adanya *silica fume* akan meningkatkan kepadatan pada daerah transisi sehingga meningkatkan kekuatan dari beton. Selain itu juga dikatakan bahwa reaksi *pozzolanic* akan menambah kekuatan beton (Subakti & Bachtiar, 1993).

3.3.4 Pasir

Pasir merupakan bahan batuan berukuran kecil, ukuran butirnya < 5 mm. Pasir dapat berupa pasir alam, sebagai hasil desintegrasi alam dari batuan-batuan, atau berupa pasir pecahan batu yang dihasilkan alat/mesin pemecah batu. Menurut standar dari ASTM (American Society of Testing Materials) ukurannya bervariasi

antara ukuran No.4 dan No.100. Menurut PBBI-1971 pasir tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% (ditentukan terhadap berat kering) karena dapat menghalangi ikatan dengan pasta semen. Apabila kadar lumpur melampaui 5% maka pasir harus dicuci.

Untuk memperoleh nilai kuat desak yang lebih besar maka digunakan pasir dengan gradasi yang lebih besar. Variasi besar butiran (gradasi) yang baik akan menghasilkan rongga mortar yang sedikit. Pasir yang seperti ini hanya memerlukan pasta semen sedikit (Tjokrodimuljo, 1995)

3.3.5 Air

Air mempunyai pengaruh yang penting dalam pembentukan pasta semen yang berpengaruh pada sifat mudah dikerjakan (*workability*), kekuatan, susut dan keawetan mortarnya

Dalam pemakaian air untuk beton, sebaiknya memenuhi syarat-syarat sebagai berikut (Tjokrodimuljo, 1995):

1. tidak mengandung lumpur atau benda melayang lainnya lebih dari 2 gram/liter,
2. tidak mengandung garam-garaman yang dapat merusak beton (asam, zat organik dan sebagainya) lebih dari 15 gram/liter,
3. tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 0,5 gram/liter,
4. tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter.

Air selain digunakan untuk reaksi pengikatan beton, digunakan juga untuk perawatan sesudah beton dituang, yaitu untuk merendam atau membasahi beton.

3.3.6 Kerikil

Kerikil adalah agregat kasar hasil desintegrasi alami batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari pemecahan batu dengan ukuran 5-40 mm (Gideon, Sagel dan Kole, 1993)

Kerikil yang digunakan harus memenuhi persyaratan gradasi yang disyaratkan. Apabila kerikil mempunyai gradasi yang sama atau seragam maka volume pori akan besar, sebaliknya bila ukuran butirnya bervariasi atau bergradasi baik maka akan didapat volume pori yang kecil. Hal ini terjadi karena butir kerikil yang kecil mengisi pori diantara butiran yang lebih besar, sehingga pori menjadi lebih sedikit atau dengan kata lain kemampatannya tinggi. Pada pelaksanaan beton diinginkan komposisi butiran dengan kemampatan tinggi, karena volume porinya sedikit dan ini berarti hanya membutuhkan bahan ikat yang sedikit pula.

3.3.7 Faktor air semen (fas)

Faktor air semen sangat mempengaruhi kekuatan beton, faktor air semen (fas) merupakan perbandingan antara berat air (kg) dibagi dengan berat semen (kg) dalam adukan beton tersebut. Kenaikkan fas mempunyai pengaruh yang sebaliknya terhadap sifat-sifat beton, seperti permeabilitas, ketahanan terhadap gaya *frost* (pembekuan pada musim dingin) dan pengaruh cuaca, ketahanan terhadap abrasi, kekuatan tarik, rayapan, penyusutan dan terutama kuat tekan (Murdock & Brook, 1986). Hubungan antara faktor air semen dan kuat desak beton secara umum dapat ditulis dengan Persamaan Duff Abrams (1919) sebagai berikut :

$$f'_c = \frac{A}{B^{1.5x}} \quad (3.1)$$

Dengan : f'_c = kuat desak beton

A, B = konstanta

x = faktor air semen

Dengan demikian semakin besar faktor air semen maka semakin rendah kuat desak betonnya, walaupun bila dilihat dari persamaan tersebut tampak bahwa semakin kecil faktor air semen semakin tinggi kuat desak beton, tetapi nilai fas yang rendah akan menyulitkan pemadatan, sehingga kekuatan beton akan rendah karena beton kurang padat (Tjokrodimuljo, 1995).

3.3.8 Slump

Slump merupakan pedoman yang digunakan untuk mengetahui tingkat kelecakan (keenceran) suatu adukan beton. Makin besar nilai slump berarti makin encer adukan betonnya, sehingga adukan betonnya makin mudah dikerjakan. Nilai slump lebih ditentukan oleh jumlah air dalam adukan, sehingga variasi hanya terjadi pada jumlah semen dan agregat saja, bila nilai slump sama akan tetapi nilai fas berubah maka beton akan mempunyai kekuatan lebih tinggi jika kandungan semennya lebih banyak. Jika jumlah semen banyak berarti pengurangan nilai fas dan penambahan kekuatan beton. Pada umumnya nilai slump berkisar antara 5-12 cm (Tjokrodimuljo, 1995).

3.4 Perencanaan Campuran Beton

Perencanaan campuran beton dilakukan untuk menentukan banyaknya masing-masing bahan yang akan dicampur dalam suatu adukan beton sesuai dengan

kekuatan yang diinginkan. Dalam penelitian ini perencanaan campuran beton yang di pakai adalah metode coba-coba

Metode coba-coba ini mendasarkan pada percobaan untuk memperoleh campuran dengan pori-pori yang minimum atau kepadatan yang maksimum. Adapun langkah-langkah metode coba-coba ini adalah sebagai berikut :

- a. Tetapkan faktor air semen dan slump. Kemudian perkirakan kebutuhan air per meter kubik beton berdasar ukuran maksimum kerikil, jenis batuan dan slump yang diinginkan dengan Tabel 3.4 (Tjokrodumuljo, 1995).

Tabel 3.4 Perkiraan kebutuhan air

Besar uk.maks. kerikil (mm)	Jenis batuan	Slump			
		0-10 mm	10-30 mm	30-60 mm	60-180 mm
10	Alami	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20	Alami	135	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225
40	Alami	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

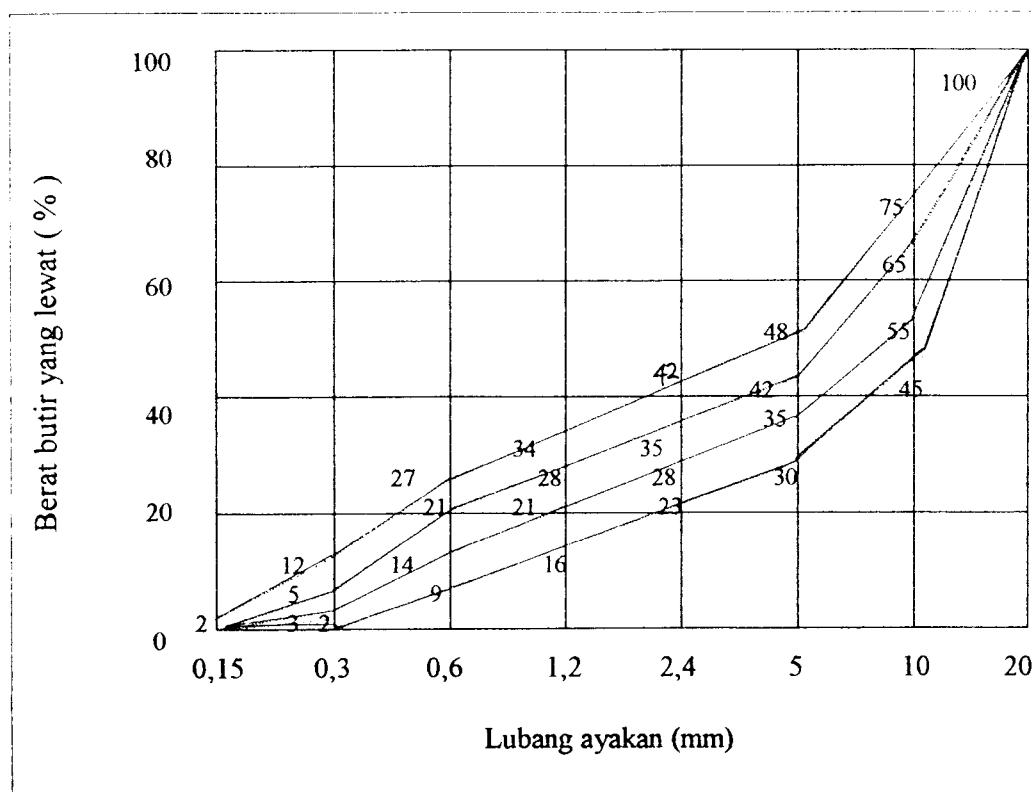
- b. Dicari proporsi antara agregat halus dan agregat kasar dengan cara analisa gradasi. Untuk mendapatkan nilai perbandingan antara berat pasir dan kerikil yang tepat dapat dilakukan dengan cara-cara sebagai berikut :

- a) Tetapkan nilai banding antara berat pasir dan berat kerikil, misal P : K.
- b) Buatlah tabel hitungan campuran pasir dan kerikil
- c) Gambarkan gradasi hasil campuran berdasar Tabel 3.5 dan Gambar 3.1 (Tjokrodumuljo ,1995)

- d) Bila hasil gradasi yang diperoleh di atas tidak masuk dalam kurva standar, maka nilai banding antara pasir dan kerikil diulangi dengan nilai banding yang lebih baik sehingga diperoleh diagram gradasi yang masuk kurva standar.

Tabel 3.5 Persen butiran yang lewat ayakan (%) untuk agregat dengan butir maks. 20 mm

Lubang (mm)	Kurva 1	Kurva 2	Kurva 3	Kurva 4
19	100	100	100	100
9,6	45	55	65	75
4,8	30	35	42	48
2,4	23	28	35	42
1,2	16	21	28	34
0,6	9	14	21	27
0,3	2	3	5	12
0,15	0	0	0	2

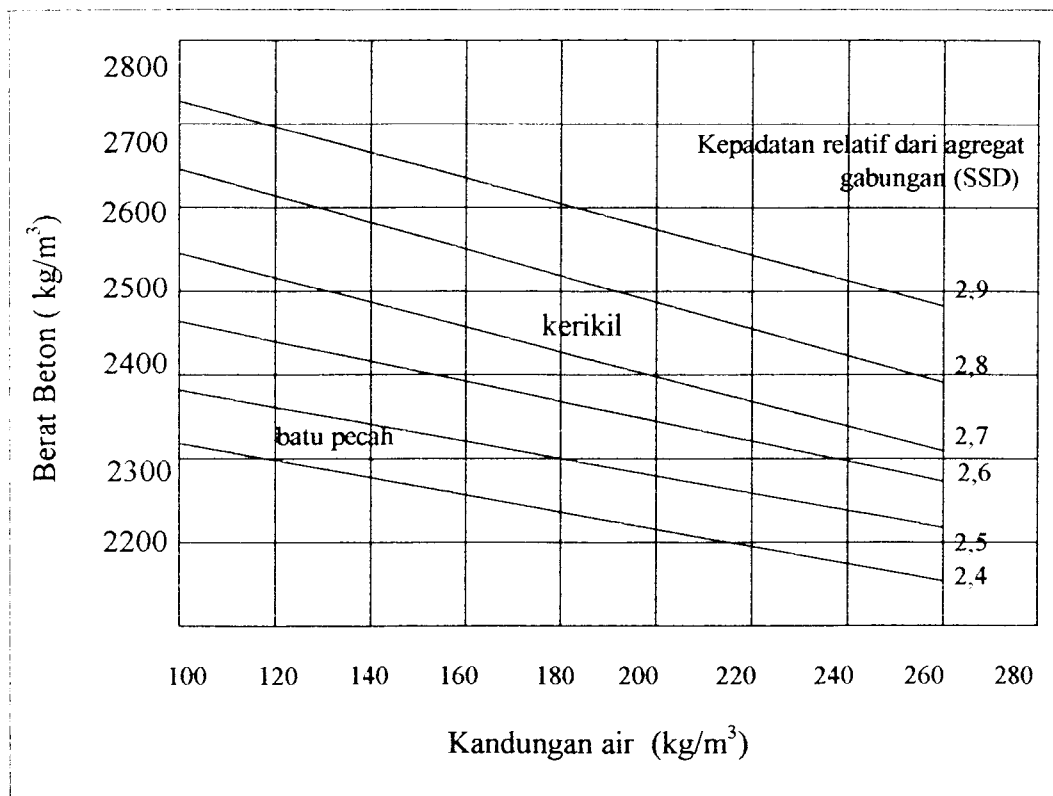


Gambar 3.1 Gradasi standar agregat dengan butir maks. 20 mm

- e) Setelah diperoleh nilai banding yang baik, kemudian dicari berat jenis campuran dan berat jenis beton.

$$Bj \text{ campuran} = \left\{ \frac{P}{100} \times bj. \text{ pasir} \right\} + \left\{ \frac{K}{100} \times bj. \text{ kerikil} \right\}$$

Berat jenis beton dicari dengan menggunakan Gambar 3.2 (Tjokrodimuljo, 1995)



Gambar 3.2 Estimasi berat jenis campuran

- c. Hitung berat masing-masing bahan yang masuk ke dalam adukan beton, kemudian dihitung pula proporsi antara : semen, air, pasir, kerikil, silica fume, dan superplasticizer.
- d. Proporsi adukan beton diatur kembali bila hasilnya kurang memuaskan.

3.5 Diagram Tegangan Regangan Hasil Penelitian Yang Dilakukan

Nilai-nilai tegangan dan regangan yang digunakan untuk membentuk grafik diagram tegangan-regangan diperoleh dengan menggunakan metode regresi polinomial orde 2 dengan normalisasi pada tegangan dan regangan yaitu dengan cara membagi tegangan yang terjadi dengan tegangan maksimum dan regangan yang terjadi dengan regangan pada saat tegangan maksimum.

Persamaan polinomial orde r mempunyai bentuk (Nakamura, 1991):

$$f(x) = a_0 + a_1x + a_2x^2 + \dots + a_r x^r \tag{3.2}$$

Jumlah kuadrat kesalahan dari proses regresi polinomial adalah :

$$\sum D^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - f(x_i))^2 \tag{3.3}$$

Persamaan 3.3. didiferensialkan terhadap tiap koefisien dari polinomial

$$\begin{aligned} \frac{\partial D^2}{\partial a_0} &= -2 \sum_{i=1}^n (y_i - a_0 - a_1x_i - a_2x_i^2 - \dots - a_r x_i^r) x_i^0 \\ \frac{\partial D^2}{\partial a_1} &= -2 \sum_{i=1}^n (y_i - a_0 - a_1x_i - a_2x_i^2 - \dots - a_r x_i^r) x_i^1 \\ &\vdots \\ \frac{\partial D^2}{\partial a_r} &= -2 \sum_{i=1}^n (y_i - a_0 - a_1x_i - a_2x_i^2 - \dots - a_r x_i^r) x_i^r \end{aligned} \tag{3.4}$$

Persamaan 3.4 dapat ditulis dalam bentuk persamaan matrik seperti Persamaan 3.5.

$$\begin{bmatrix} m & \sum x_i & \sum x_i^2 & \sum x_i^3 & \dots & \sum x_i^n \\ \sum x_i & \sum x_i^2 & \sum x_i^3 & \sum x_i^4 & \dots & \sum x_i^n \\ \sum x_i^2 & \sum x_i^3 & \sum x_i^4 & \sum x_i^5 & \dots & \sum x_i^{n+1} \\ \sum x_i^3 & \sum x_i^4 & \sum x_i^5 & \sum x_i^6 & \dots & \sum x_i^{n+2} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sum x_i^n & \sum x_i^{n+1} & \sum x_i^{n+2} & \sum x_i^{n+3} & \dots & \sum x_i^{n+n} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ \vdots \\ a_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum y_i \\ \sum x_i y_i \\ \sum x_i^2 y_i \\ \sum x_i^3 y_i \\ \vdots \\ \sum x_i^n y_i \end{bmatrix} \tag{3.5}$$

dengan : a_n = koefisien konstanta

r = pangkat polinomial

Penyelesaian dari Persamaan 3.5 akan didapat hasil $a_0, a_1, a_2, \dots, a_n$. Persamaan yang digunakan untuk penggambaran grafik dan fitting kurva adalah orde 1 dan 2, yaitu Persamaan 3.6.

$$f(x) = (ax + bx^2) f'_{\max} \quad (3.6)$$

Grafik hasil perhitungan k_1 dan k_2 dapat dinyatakan dalam bentuk Persamaan 3.7.

$$f(x) = A + \frac{B}{x} \quad (3.7)$$

$$\frac{1}{y} = \frac{1}{A} + \frac{1}{B} x \quad (3.7a)$$

Dengan A dan B adalah suatu konstanta yang akan dicari, apabila diambil suatu notasi : $g = 1/y$, $c = 1/A$ dan $d = 1/B$ maka persamaan menjadi :

$$g = c + dx \quad (3.7b)$$

Persamaan diatas adalah persamaan polinomial derajat 1 (persamaan linear). Nilai c dan d adalah nilai-nilai yang akan dicari dengan persamaan :

$$\begin{bmatrix} n & \sum x \\ \sum x & \sum x^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} c \\ d \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum y \\ \sum xy \end{bmatrix} \quad (3.7c)$$

Setelah nilai-nilai tersebut diperoleh maka nilai-nilai A dan B dapat dihitung.

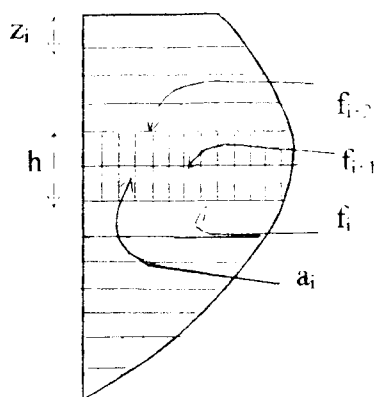
3.6 Metode Menentukan Koefisien Dalam Blok Tegangan Desak

Koefisien-koefisien blok tegangan desak yang dicari adalah k_2 , k_1 dan α .

Metode yang digunakan adalah mencari luasan dan titik berat kurva tegangan-regangan tiap-tiap hasil pengujian uniaksial.

3.6.1 Menentukan nilai k_2

Langkah pertama adalah menentukan luasan tegangan desak yang terjadi berdasarkan Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Daerah luasan beton desak

Langkah-langkah dalam menentukan luasan adalah sebagai berikut :

- Daerah beton desak dibagi menjadi n pias (Δc_i)
- Selanjutnya ditentukan letak titik berat masing-masing pias terhadap serat tepi luar atas beton (z_i).
- Mencari luasan (a_i) masing-masing pias, persamaan yang digunakan Persamaan 3.8 (Nakamura, 1991).

$$a_i = \frac{h}{3}(f_{(i)} + 4f_{(i+1)} + f_{(i+2)}) \quad (3.8)$$

- Kemudian luasan seluruh daerah beton desak (A_t) dicari dengan menggunakan Persamaan 3.9.

$$A_t = \sum_{i=1}^n a_i \quad (3.9)$$

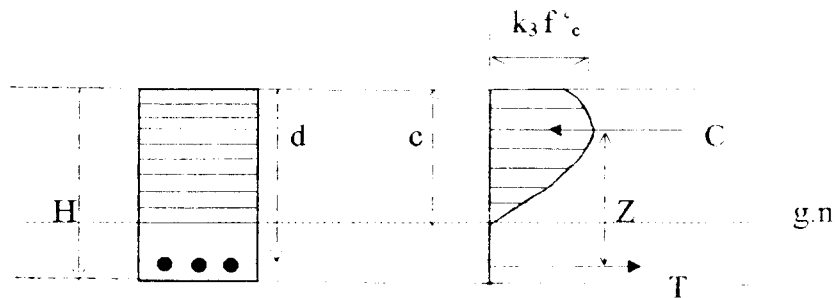
- Menentukan jarak titik berat luasan beton desak terhadap serat tepi luar atas (k_2) dengan Persamaan 3.10.

$$k_2 = \frac{\sum a_i \cdot z_i}{A_t} \quad (3.10)$$

3.6.2 Menentukan nilai momen nominal

Momen nominal dicari berdasarkan luasan diagram tegangan regangan.

Secara keseluruhan dapat digambarkan seperti pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Diagram tegangan- regangan desak aktual

- Dengan :
- c = Tebal daerah tegangan desak
 - Z = Lengan momen
 - f'_c = Tegangan desak yang terjadi
 - C = Gaya desak
 - T = Gaya tarik
 - H = Tinggi balok
 - d = Tinggi efektif balok

Setelah diketahui luasan dan titik berat kurva, momen nominal yang terjadi dicari dengan Persamaan 3.11.

$$Mn = A_t \cdot b \cdot Z \quad (3.11)$$

dengan :

$$Z = d - k_2 \quad (3.12)$$

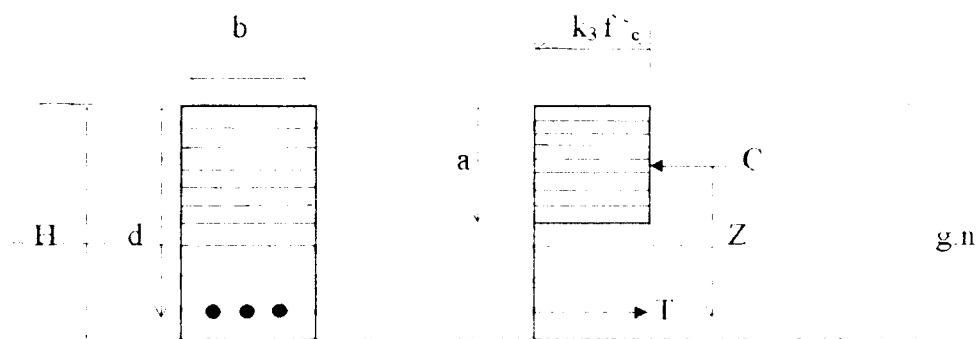
- Keterangan :
- Mn = Momen nominal yang dicari
 - A_t = Luasan daerah beton desak
 - b = Lebar balok
 - Z = Lengan momen

d = Tinggi efektif balok

k_2 = Tinggi titik berat luasan terhadap serat tepi luar atas

3.6.3 Menentukan ratio momen nominal

Menentukan ratio momen nominal yaitu dengan membandingkan momen hasil perhitungan (Pers.3.11) dengan momen nominal berdasarkan ketentuan SK SNI T-15-1991-03 (M_1) seperti terlihat pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Diagram blok tegangan

Momen yang terjadi adalah .

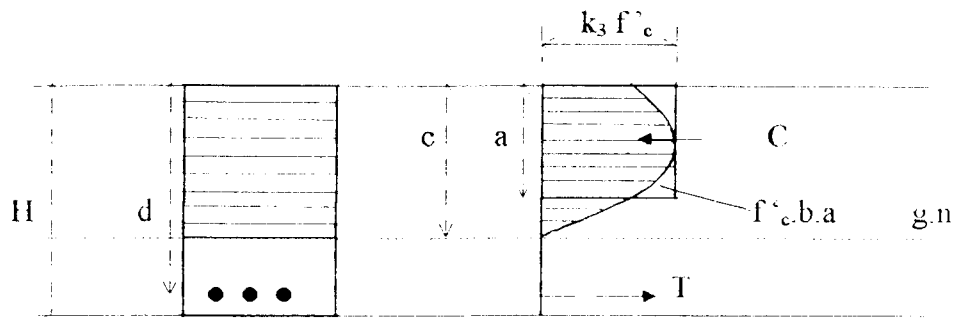
$$M_1 = C \left(d - \frac{a}{2} \right) \quad (3.13)$$

Sehingga ratio momen nominal yang terjadi dapat diketahui dengan menggunakan Persamaan 3.14.

$$RM = \frac{Mn}{M_1} \quad (3.14)$$

3.6.4 Menentukan nilai α

Nilai α diperoleh dari perbandingan luas kurva tegangan regangan dengan blok tegangan desak seperti terlihat pada Gambar 3.6.



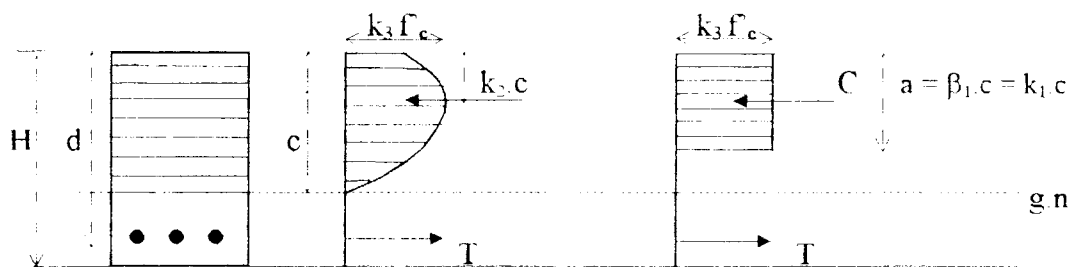
Gambar 3.6 Diagram blok menentukan nilai α

Berdasarkan Gambar 3.6 maka nilai α dapat ditentukan :

$$\alpha = \frac{k_3 \cdot f_c \cdot a}{A_t} \quad (3.15)$$

3.6.5 Menentukan nilai k_1

Untuk menentukan nilai k_1 seperti terlihat pada Gambar 3.7 .



Gambar 3.7 Diagram menentukan nilai k_1

dengan : $a = \beta_1 \cdot c = k_1 \cdot c$

$$a = 2 \cdot k_2 \cdot c$$

Maka persamaan yang digunakan untuk menentukan nilai k_1 seperti terlihat pada

Persamaan 3.16.

$$k_1 = 2k_2 \quad (3.16)$$

BAB IV

METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Umum

Penelitian eksperimental mengenai beton mutu tinggi ini menggunakan benda uji berupa silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Sebagai alternatif dalam membuat *mix design* dipakai metode coba-coba.

4.1.1 Bahan-bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. pasir : asal dari Kali Progo,
- b. kerikil : asal dari Clereng,
- c. semen : Portland tipe I produksi PT. Semen Gresik,
- d. *superplasticizer* : Sikament-NN (type F) produksi PT. Sika Nusa Pratama,
- e. *silica fume* : SikaFume produksi PT. Sika Nusa Pratama,
- f. air : asal Laboratorium BKT, FTSP, UII.

4.1.2 Alat-alat

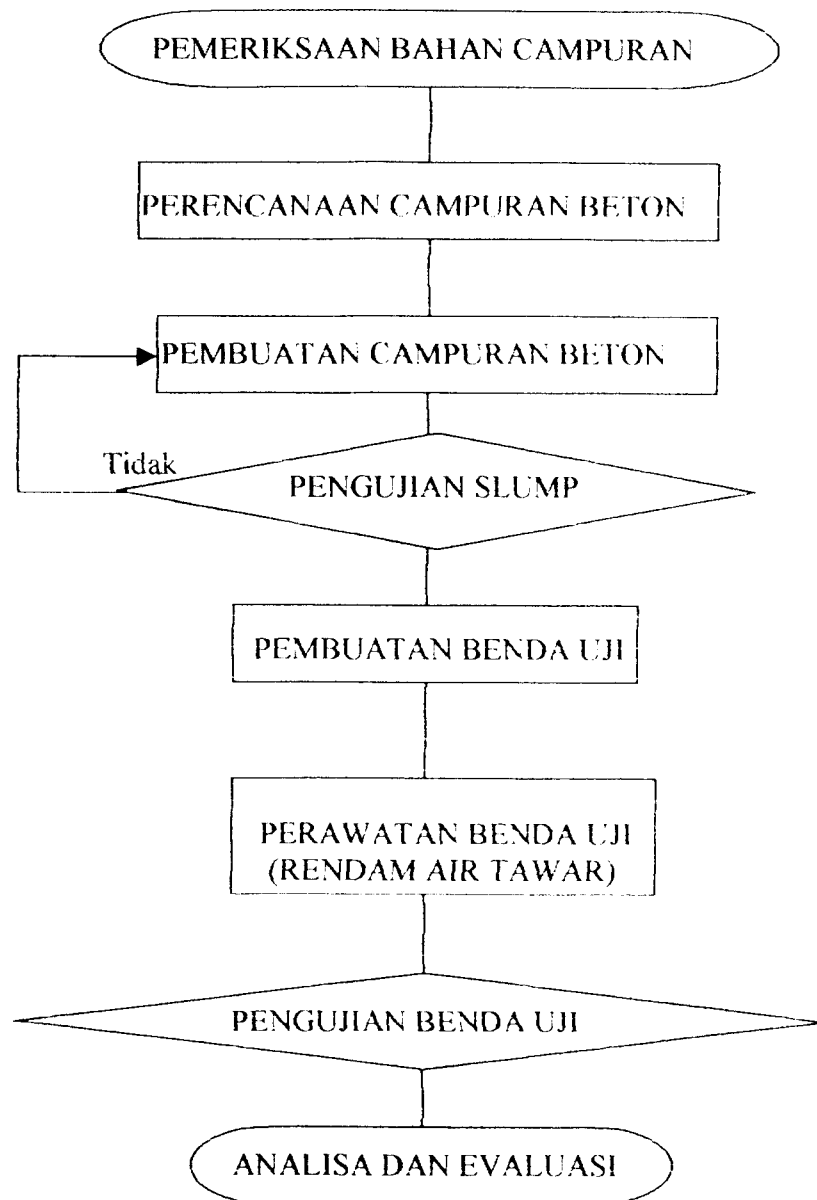
Peralatan yang digunakan dalam penelitian tercantum dalam Tabel 4.1

Tabel 4.1 Alat yang digunakan

ALAT	KEGUNAAN
Mixer listrik/molen	Pencampur adukan beton
Mesin siever	Pengayak mekanik
Alat uji desak	Tes desak beton
Alat uji regangan	Membaca regangan
Oven	Pengering agregat
Gelas ukur	Menakar air
Timbangan	Menimbang bahan
Ayakan	Menyaring agregat
Bak penampung	Merendam beton
Kerucut Abrams	Pengujian slump
Sekop	Mengaduk agregat
Talam agregat/ember	Wadah agregat
Cetakan silinder	Mencetak benda uji
Tongkat penumbuk	Memadatkan benda uji
Kaliper	Mengukur benda uji

4.2. Prosedur Penelitian

Untuk menghasilkan mutu beton yang baik, dalam pembuatan benda uji disusun langkah-langkah kerja. Langkah ini dibuat berdasarkan urutan pelaksanaan penelitian untuk memudahkan pelaksanaan penelitian. Langkah-langkah secara terperinci tercantum dalam Gambar 4.1.



Gambar 4.1. Alur rencana kerja penelitian

4.3. Persiapan dan Pemeriksaan Bahan Campuran

Pemeriksaan bahan campuran beton pada umumnya dilakukan pada agregat. Agregat yang ada di alam ini tidak serba sama, sehingga perlu dilakukan pemeriksaan sebelum menghitung campuran. Pemeriksaan yang dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. pemeriksaan berat jenis agregat halus,
2. analisa saringan dan modulus halus butir agregat halus,
3. pemeriksaan kadar lumpur agregat halus.

4.4. Perhitungan Campuran Beton

Setelah dilakukan persiapan dan pemeriksaan bahan campuran, maka selanjutnya dilakukan tahap perhitungan campuran beton. Seperti yang telah diutarakan bahwa dalam perencanaan campuran beton pada penelitian ini digunakan metode coba-coba, langkah-langkah yang ditempuh adalah seperti yang tercantum pada Bab III

Data bahan-bahan penyusun beton adalah sebagai berikut :

- | | |
|---|--------------------------|
| a. Diameter maksimum agregat kasar | : 20 mm |
| b. Modulus halus butir (mhb) pasir | : 3,46 |
| c. Berat jenis (SSD) pasir | : 2,6 t/m ³ |
| d. Berat jenis batu pecah (split) | : 2,7 t/m ³ |
| e. Berat jenis semen | : 3,150 t/m ³ |
| f. Kuat tekan rencana (f'_c) umur 28 hari | : 45 MPa |
| g. fas | : 0,4 |
| h. slump | : 5 cm |

Adapun perhitungan campuran sebagai berikut :

1. Pada penelitian ini ditetapkan fas = 0,4 dan slump = 5 cm
2. Menentukan kandungan air dalam adukan

Merujuk pada Tabel 3.4 dengan nilai slump 50 mm yang termasuk pada klasifikasi 30-60 mm dan ukuran agregat maksimum 20 mm diperoleh jumlah air sebesar = 210 L/ m³

3 Menentukan kebutuhan semen

$$fas = \frac{\text{berat air}}{\text{berat semen}} \Rightarrow \text{berat semen} = \frac{\text{berat air}}{fas} = \frac{210}{0.4} = 525 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

4 Menentukan perbandingan agregat halus dengan agregat kasar.

Dengan dicoba berulang-ulang maka diperoleh perbandingan agregat halus : agregat kasar yaitu sebesar 1 : 1,6 = 37,5% : 62,5%

5 Menghitung berat jenis campuran

$$Bj \text{ campuran} = (0,375 \times 2,6) + (0,625 \times 2,7) = 2,662$$

6 Menentukan berat jenis beton

Dengan merujuk pada Gambar 3.2 untuk kadar air = 210 L/m³ dan bj campuran = 2,662 diperoleh bj beton = 2375 kg/ m³

7 Menentukan kebutuhan agregat campuran

Agregat campuran = Bj beton – jumlah air – jumlah semen.

$$\text{Agregat campuran} = 2375 - 210 - 525 = 1640 \text{ kg/ m}^3$$

8 Menghitung kebutuhan masing-masing agregat

$$\text{Agregat halus} = 1640 \times 37,5 \% = 631,4 \text{ kg}$$

$$\text{Agregat kasar} = 1640 - 631,4 = 1008,6 \text{ kg}$$

9. Kebutuhan masing-masing material penyusun beton per m³

- semen : 525 kg

- pasir : 631,4 kg
- kerikil : 1008,6 kg
- air : 210 L
- silica fume : $8\% \times 525 = 42$ kg
- superplasticizer : $1\% \times 525 = 5,25$ kg

10. Menentukan kebutuhan tiap 1 sampel/cetakan silinder dengan penambahan pada campuran sebesar 115 % dengan pertimbangan kemungkinan hilang dalam proses pencampuran sebesar 15 %.

$$\text{Volume silinder} = \frac{1}{4} \pi (0,15)^2 (0,30) = 0,0053 \text{ m}^3$$

- semen : $525 \times 1,15 \times 0,0053 = 3,2$ kg
- pasir : $631,4 \times 1,15 \times 0,0053 = 3,85$ kg
- kerikil : $1008,6 \times 1,15 \times 0,0053 = 6,15$ kg
- air : $210 \times 1,15 \times 0,0053 = 1,265$ L
- silica fume : $42 \times 1,15 \times 0,0053 = 0,26$ kg
- superplasticizer : $5,25 \times 1,15 \times 0,0053 = 0,032$ kg

11. Diperoleh perbandingan = P_{sr} : K_{rk} : P_C : Air : S_F : S_P
 = 1 : 1,6 : 0,83 : 0,33 : 0,068 : 0,008

4.5 Pembuatan Campuran Beton

Pembuatan campuran beton dalam penelitian ini berpedoman pada SKSNI.T-28-1991-03 tentang tata cara pengadukan dan pengecoran beton. Cara pembuatan campuran beton dimulai dari persiapan bahan dan alat. Terlebih dahulu pasir dan kerikil yang akan dipakai dicuci dari segala kotoran dan lumpur, kemudian diangin-anginkan agar diperoleh keadaan jenuh permukaan.

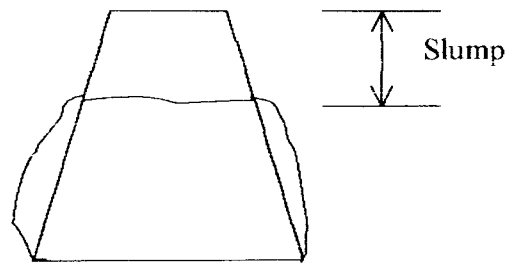
Setelah bahan dan alat yang digunakan disiapkan, maka dimulai dengan pasir, kerikil, semen, *superplasticizer*, *silica fume* dan air ditimbang sesuai dengan hasil perhitungan. Mesin aduk dihidupkan, molen diisi dengan air secukupnya untuk membasahi lapisan dalam molen. Agregat kasar (*split*) dan sejumlah air dimasukkan ke dalam molen. Agregat halus, *silica fume* dan semen dimasukkan ke dalam molen setelah air dan kerikil bercampur. Air yang masih ada dicampur dengan *superplasticizer* kemudian dimasukkan sedikit-sedikit sambil diawasi secara cermat.

Adukan beton diuji nilai slumpnya, jika nilai slump belum sesuai dengan rencana, adukan beton diolah lagi agar sesuai dengan rencana.

4.6 Pengujian Slump

Pengujian slump dilakukan dengan menggunakan kerucut Abram, pengujian dilakukan untuk mengetahui tingkat workabilitas (kemudahan dalam pengerjaan) dari campuran beton yang telah dibuat. Tabung kerucut Abram bagian dalam dibasahi dan disiapkan di atas plat baja. Beton segar dimasukkan ke dalam tabung kerucut, setiap $1/3$ volumenya ditusuk-tusuk 25 kali dengan penumbuk baja sampai penuh. Beton diratakan permukaannya dan didiamkan selama 0,5 menit. Corong kerucut diangkat pelan-pelan secara vertikal tanpa ada gaya horisontal.

Tabung kerucut diletakkan di sebelahnya. Penurunan adukan beton diukur dengan menarik garis horisontal setinggi kerucut, pengukuran jarak dilakukan dari garis sampai ke adukan beton paling atas. Nilai yang didapat merupakan nilai slump, penggambaran dari pengujian nilai slump adalah seperti pada Gambar 4.2



Gambar 4.2 Pengujian nilai slump

4.7 Pembuatan Benda Uji

Pada penelitian ini digunakan cetakan berupa silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Beton yang dirancang dengan komposisi bahan material yang telah ditentukan harus disertai dengan pelaksanaan yang baik agar menghasilkan beton yang sesuai dengan kekuatan yang telah direncanakan.

Cetakan silinder dibersihkan dan diolesi oli sebagai pelumas serta kuncinya dikencangkan. Adukan beton dimasukkan ke dalam cetakan dengan cetok secara bertahap. Adukan beton dalam cetakan ditusuk-tusuk dengan tongkat baja sampai cetakan penuh. Ratakan permukaannya dan ketuk-ketuk dengan palu kayu, cetakan diletakkan pada tempat yang permukaannya rata, keras, bebas dari getaran dan gangguan lainnya. Pelepasan benda uji dari cetakan dilakukan setelah 20 jam dan tidak lewat dari 48 jam. Benda uji diberi kode pembuatan dan tanggal pengujian. Untuk seluruh sampel setelah dikeluarkan dari silinder maka dimasukkan ke dalam air tawar selama 28 hari untuk selanjutnya sampel tersebut akan diuji.

4.8 Pengujian Benda Uji

Pengujian benda uji bertujuan untuk mengetahui kekuatan beton yang telah dibuat, dilakukan pengujian desak dengan menggunakan alat uji desak yang

berada di laboratorium Bahan Bangunan PUSKIM, PU, Bandung. Pengujian dilakukan dengan cara memberikan beban tekan pada benda uji silinder. Setiap kenaikan beban angka pada deal/alat regangan dicatat perubahannya.

4.9 Analisa dan Evaluasi

Pada analisa dan evaluasi diamati tentang hasil yang diperoleh dari penelitian yang telah dilakukan baik kekuatan desak beton maupun regangan yang terjadi pada beton yang diuji tersebut.

4.9.1 Kekuatan desak beton

Kuat desak beton sangat dipengaruhi oleh perbandingan campuran, kemampuan, homogenitas campuran dan kuat ikat pada pasta semen. Kuat desak beton dapat diketahui dengan cara membagi beban ultimit yang dicapai dengan luas permukaan bagian yang didesak, secara matematis dapat ditulis sebagai berikut :

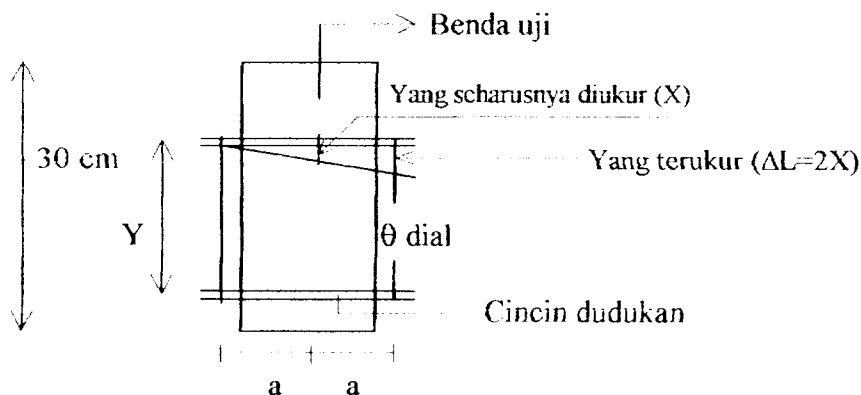
$$f'_c = \frac{P}{A} \quad (4.1)$$

dengan :

- f'_c = kuat desak beton
- P = beban yang mampu ditahan
- A = luas permukaan

4.9.2 Regangan Beton

Regangan beton diperoleh dari perubahan panjang dibagi panjang awal. Analisa regangan beton dapat dijelaskan seperti terlihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Analisa regangan beton

Panjang awal diukur antara dudukan dial atas dan bawah sebesar Y . Perubahan panjang yang sebenarnya diukur pada sumbu benda uji sebesar X . Pemasangan dial diletakkan pada sisi luar benda uji simetris dengan per pengunci. Nilai perubahan panjang yang terukur pada sisi dial sebesar $\Delta L = 2X$. Untuk mencari regangan beton digunakan Persamaan 4.2.

$$\varepsilon = \frac{X}{Y} = \frac{2X}{2Y} = \frac{\Delta L}{2Y} \quad (4.2)$$

4.9.3 Hitungan regresi polinomial

Hitungan regresi polinomial orde 2 digunakan untuk menggambarkan diagram tegangan-regangan hasil penelitian eksperimental. Bentuk regresi polinomial terdapat pada Persamaan 3.2 sampai dengan Persamaan 3.6.

4.9.4 Penggambaran diagram tegangan-regangan

Penggambaran diagram tegangan-regangan yang akan digunakan dalam perhitungan blok tegangan desak dari masing-masing penelitian dengan menggunakan persamaan-persamaan sebagai berikut yaitu untuk hasil penelitian

eksperimental menggunakan Persamaan 3.6, Ibrahim & MacGregor (1994) menggunakan Persamaan 2.1 sampai dengan Persamaan 2.3, Attard & Stewart (1995) menggunakan Persamaan 2.4 sampai dengan Persamaan 2.7.

4.9.5 Nilai-nilai koefisien dalam blok tegangan desak

Nilai-nilai koefisien blok tegangan desak dari ketiga diagram tegangan-regangan desak beton tersebut dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan-persamaan yaitu momen nominal yang terjadi digunakan Persamaan 3.8 sampai 3.13, menghitung ratio momen nominal digunakan Persamaan 3.14, menentukan nilai α menggunakan Persamaan 3.15 dan nilai k_1 menggunakan Persamaan 3.16.

BAB V

HASIL DAN ANALISA HASIL

5.1 Umum

Hal-hal yang dibahas dalam bab ini memuat hasil penelitian dan analisa, yang meliputi pengujian tegangan desak dan regangan desak. Hasil penelitian diperoleh dari pengujian benda uji yang dilakukan di laboratorium Bahan Bangunan, PUSKIM PU, Bandung dan laboratorium BKT. FTSP UII, Yogyakarta. Untuk pembahasan tegangan desak dan regangan desak diuraikan berdasarkan analisa hasil penelitian yang disajikan dalam bentuk tabel dan grafik.

5.2 Hasil Penelitian Yang Dilakukan

Mansur, Chin dan Wee (1997) mengemukakan bahwa kurva tegangan regangan untuk beton desak (*compression*) yang diperoleh dari tes lentur adalah sangat mirip (serupa) dengan hasil yang diperoleh dari pembebanan uniaksial. Analisis yang dilakukan biasanya berdasarkan teori lentur, tetapi menggunakan kurva tegangan regangan dari pembebanan uniaksial, data-data penelitian memberikan prediksi yang dekat antara hubungan momen kelengkungan dan kapasitas momen ultimit balok.

Pada penelitian ini diperoleh data hasil tes desak beton yang dilakukan di laboratorium Puskim, PU seperti yang terdapat pada Tabel 5.1 :

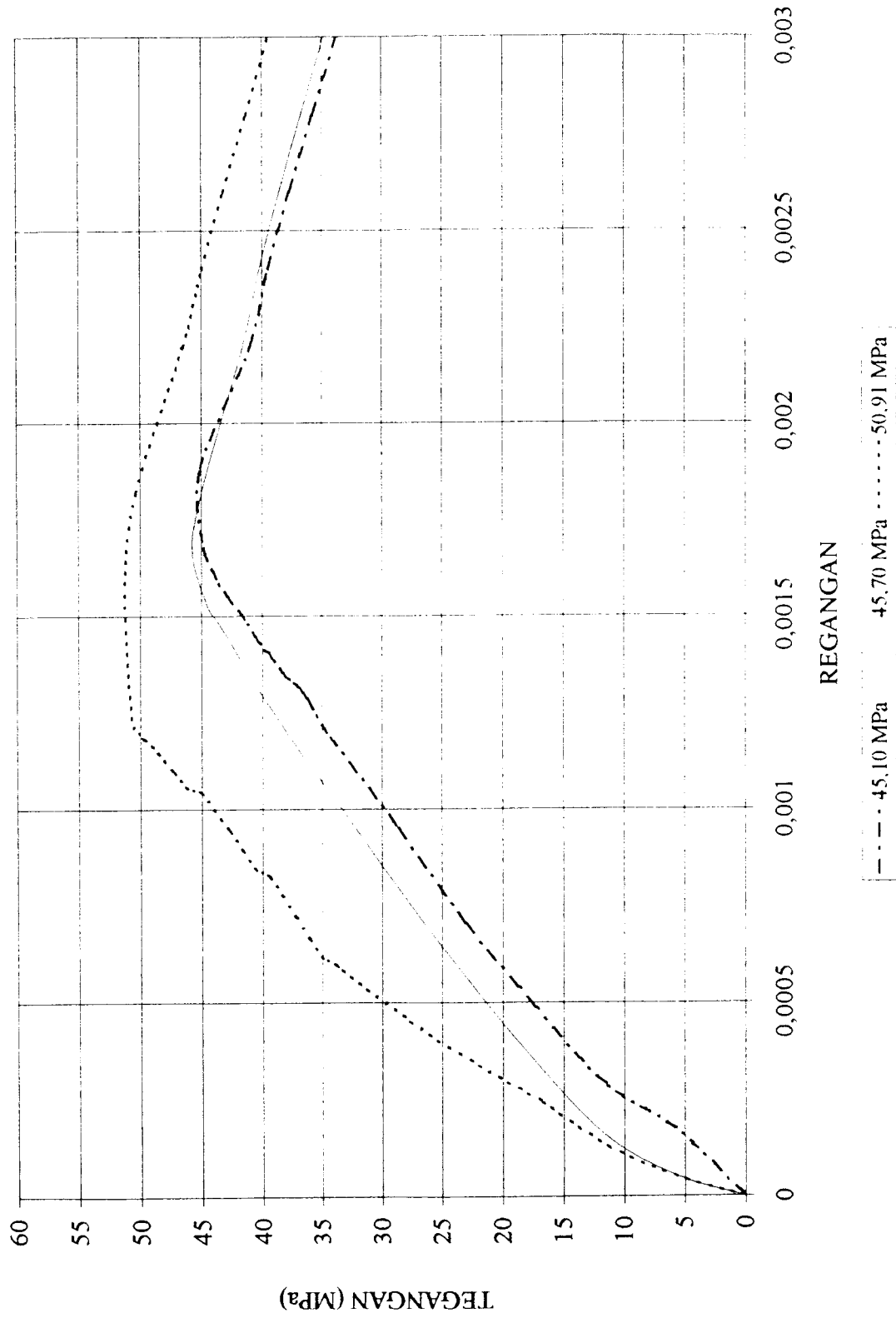
Tabel 5.1 Tegangan dan regangan beton tidak terkekang hasil penelitian

	No	Beban (P) (kg)	Luas (A) (cm ²)	Regangan (ϵ_o)	Teg = P/A (MPa)
I.	1.	78300	173,66	0,001884	45,10972
	2.	81800	179,08	0,001721	45,70143
	3.	90400	177,66	0,001728	50,91
II.	4.	92200	174,98	0,001699	52,57744
	5.	99600	176,71	0,001870	54,69214
	6.	98000	177,80	0,001707	55,11811
III.	7.	100000	178,51	0,001783	56,01927
	8.	100000	178,28	0,001667	56,09154
	9.	103000	177,33	0,001690	58,0838
	10.	108000	178,13	0,001793	60,66024
IV.	11.	109000	175,92	0,002322	61,95998
	12.	111700	178,84	0,002446	62,48921
	13.	119500	176,63	0,001654	67,65555
	14.	130600	176,86	0,002612	73,84372

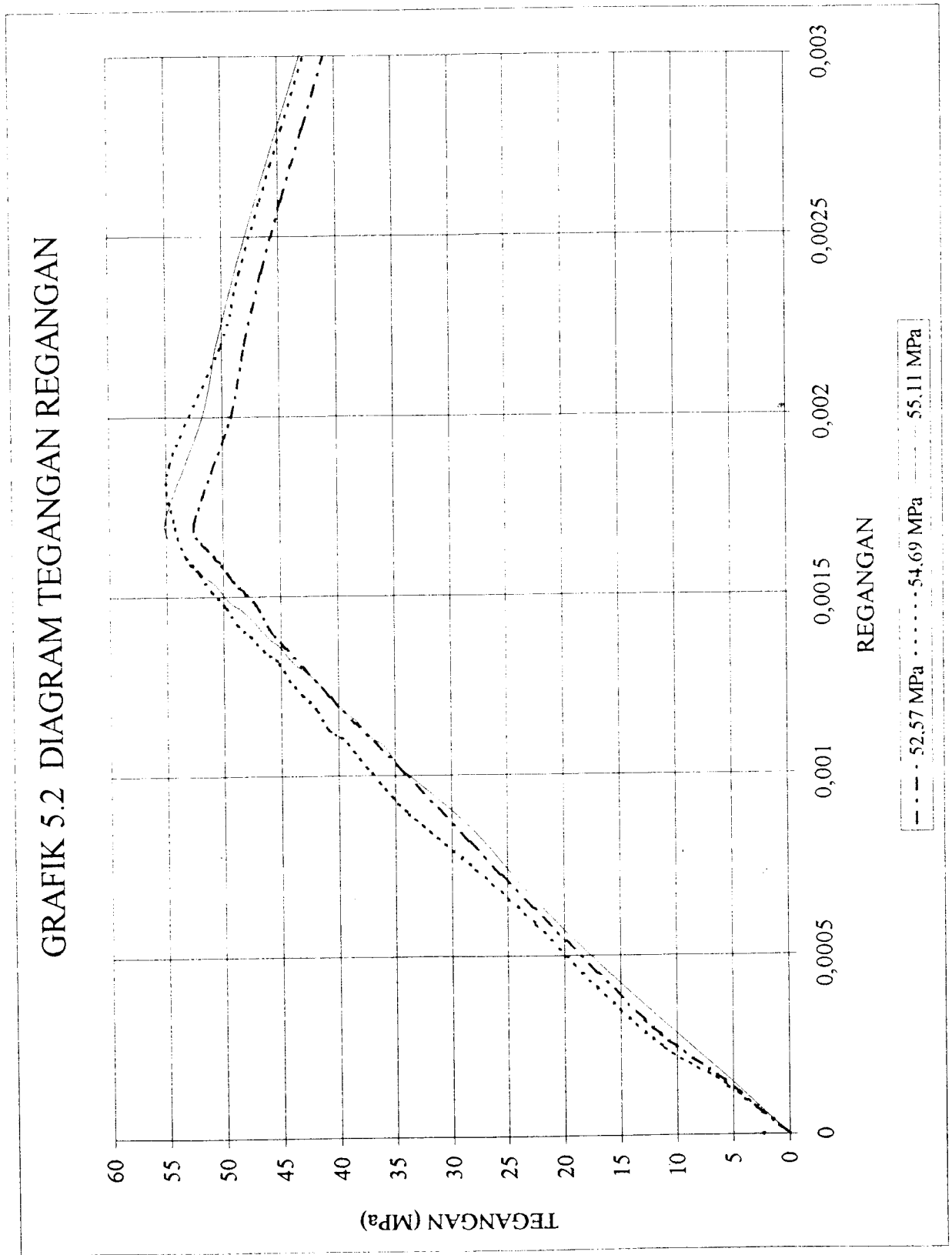
Tegangan beton yang diperoleh dari pengujian uniaksial berkisar antara 45,10972 MPa – 73,84372 MPa, sedangkan regangan pada saat tegangan maksimum antara 0,001654 - 0,002612. Data-data tegangan dan regangan tersebut merupakan data untuk daerah *ascending*, untuk daerah *descending* tidak diperoleh karena keterbatasan alat. Oleh karena itu digunakan Persamaan 2.8 dan 2.9 yang diusulkan Mansur, Chin, dan Wee untuk menggambarkan kurva pada daerah *descending*.

Nilai regangan ultimit (ϵ_{cu}) berbeda menurut beberapa peneliti. Dalam penelitian ini nilai regangan ultimit (ϵ_{cu}) yang digunakan oleh peneliti berdasarkan ACI 318-95 dan NZS95 yaitu sebesar 0,003. Beberapa ϵ_{cu} dari masing-masing peneliti dicantumkan pada Tabel 5.2 sedangkan bentuk kurva tegangan regangan seperti terlihat pada Grafik 5.1 sampai dengan Grafik 5.4

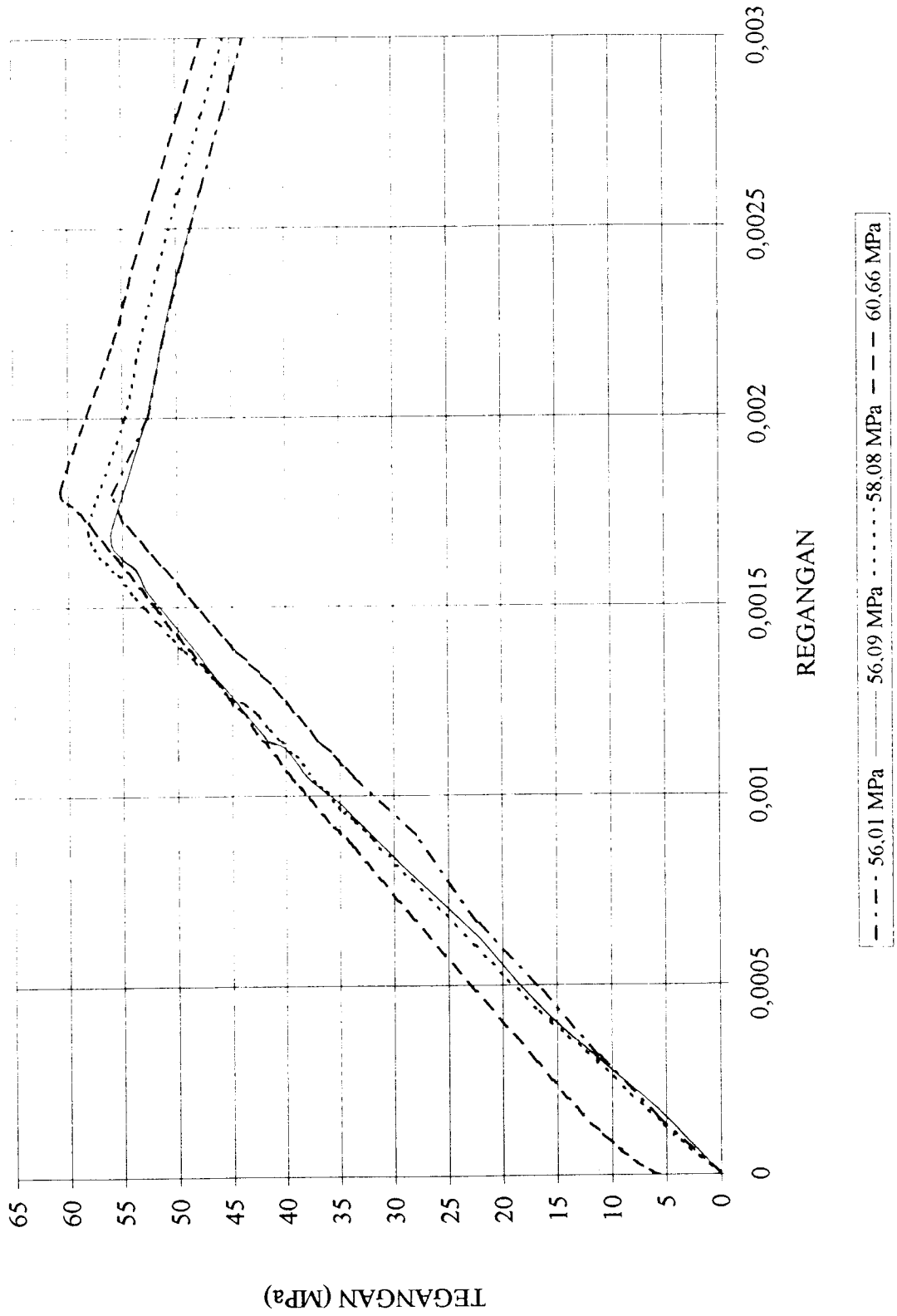
GRAFIK 5.1 DIAGRAM TEGANGAN REGANGAN



GRAFIK 5.2 DIAGRAM TEGANGAN REGANGAN



GRAFIK 5.3 DIAGRAM TEGANGAN REGANGAN



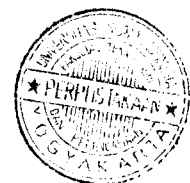
A. Kurva tegangan regangan

Bentuk kurva tegangan regangan pada dasarnya merupakan fungsi dari kekuatan desak beton yang terdiri dari 2 bagian yaitu :

1. Bagian yang menaik (*ascending*) . ditunjukkan dari tegangan nol sampai tegangan maksimum (f_c) dengan regangan desak (ϵ_o) antara 0,0015 – 0,002 untuk mutu beton 1000 s/d 6000 psi (s/d 41 MPa) berdasarkan ACI 318-83 PCA, sedangkan untuk mutu beton 9000 s/d 12000 psi (62 – 83 MPa) terdapat regangan desak sekitar 0,003 berdasarkan penelitian Anthony E. Naaman, *Prestressed Concrete Analysis and Design* (Ariyuni & Rahim, 1991).
2. Bagian yang menurun (*descending*). Setelah kurva hubungan tegangan regangan mencapai nilai maksimum, kurva akan turun sampai mencapai regangan batas/ultimit (ϵ_{cu}) yaitu antara 0,003 – 0,008 (Ariyuni & Rahim, 1991). Untuk nilai ϵ_{cu} hasil berbagai penelitian dapat dilihat pada Tabel 5.2.

Karakteristik kurva tegangan regangan yang membedakan beton mutu tinggi dengan beton normal adalah (Wanyudi & Rahim, 1997) :

1. sudut awal kurva lebih curam/tajam,
2. bagian yang menaik dari kurva lebih linear,
3. sudut dari bagian menurun kurva lebih curam dan regangan batas/ultimit (ϵ_{cu}) lebih rendah.



B. Analisa kurva tegangan regangan hasil penelitian

Menurut beberapa peneliti kurva *ascending* semakin curam pada saat nilai f_c semakin tinggi, tetapi hasil yang diperoleh dalam penelitian ini belum menunjukkan hasil yang demikian.

Sedangkan kurva *descending* semakin curam bila f_c semakin tinggi, tetapi hasil yang diperoleh dengan menggunakan persamaan Mansur, Chin dan Wee menunjukkan bahwa :

1. Perubahan kurva tidak begitu tampak sebagaimana yang dikemukakan oleh MacGregor.
2. Kecenderungan kurva linear
3. Tidak begitu dipengaruhi f_c
4. Penurunan f_c pada regangan maksimum mendekati nilai $0,15 f_c$ sehingga nilai tersebut direkomendasikan untuk penyederhanaan.

Menurut hukum Hooke modulus elastis tinggi apabila tegangan lebih tinggi tetapi hasil penelitian ini belum menunjukkan hal yang demikian.

Tabel 5.2 Nilai ϵ_{cu} dari berbagai hasil penelitian

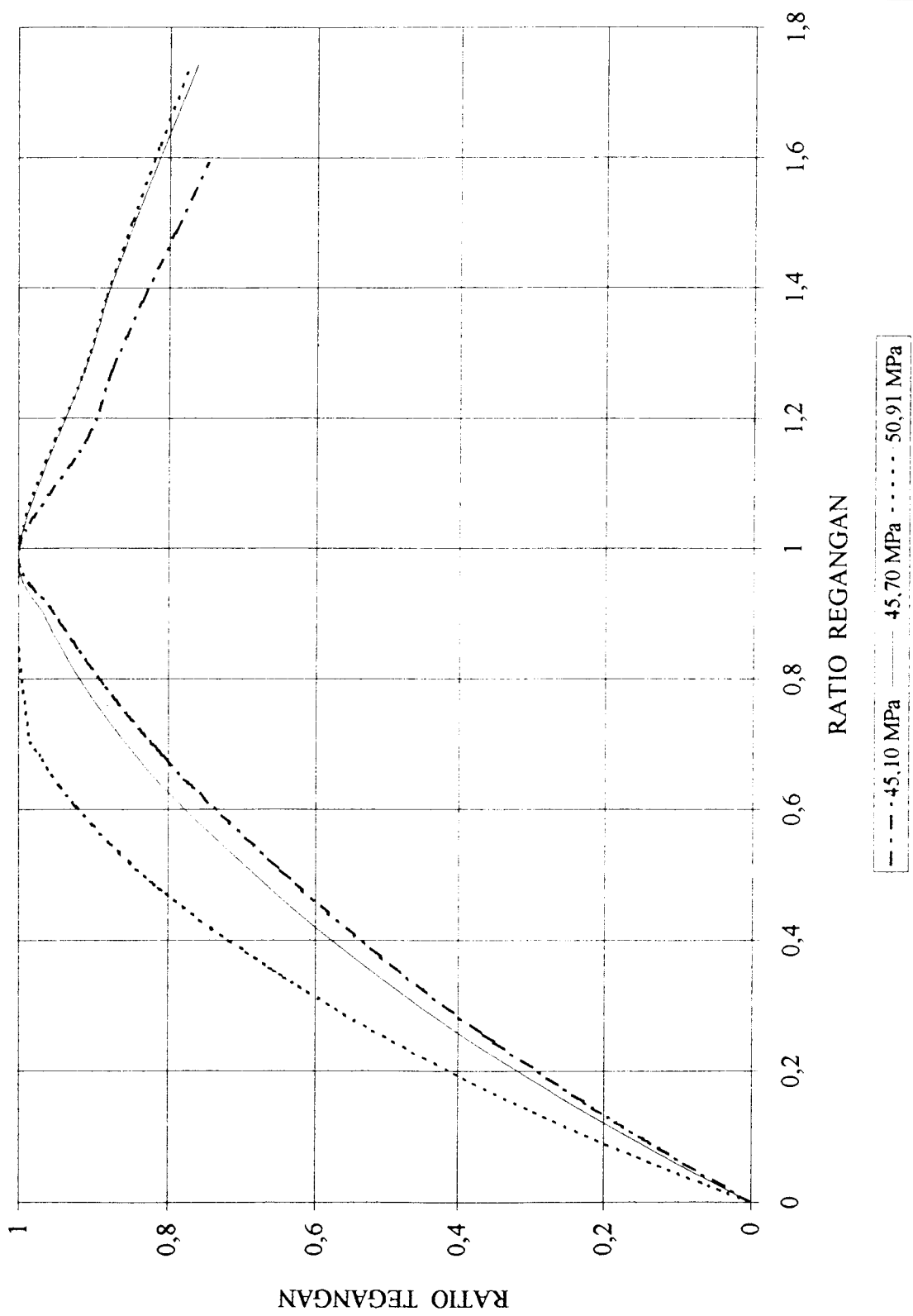
No	Penelitian	Nilai ϵ_{cu}
1.	CEB – FIP Model Code	0,0035 for $f_{ck} \leq 50$ MPa 0,0035 ($50/f_{ck}$) for $50 < f_{ck} < 80$ MPa
2.	Norwegian Code - untuk cylinder strength 20 MPa - untuk cylinder strength 94 MPa	0,00384 0,00268
3.	Ibrahim dan MacGregor	0,0033 – 0,0046
4.	ACI 318-95, NZS95	0,003
5.	CSA94 Model	0,0035

Konstanta-konstanta persamaan kurva tegangan regangan daerah *ascending* dihitung menggunakan Persamaan 3.6. Untuk mempermudah perhitungan maka tegangan dan regangan diubah menjadi ratio tegangan dan ratio regangan yaitu membagi tegangan dengan tegangan ultimit (f / f_o) dan regangan dengan regangan pada tegangan ultimit (ϵ / ϵ_o). Hasil perhitungan dicantumkan pada Tabel 5.3 dan diplotkan pada Grafik 5.5 sampai dengan Grafik 5.8.

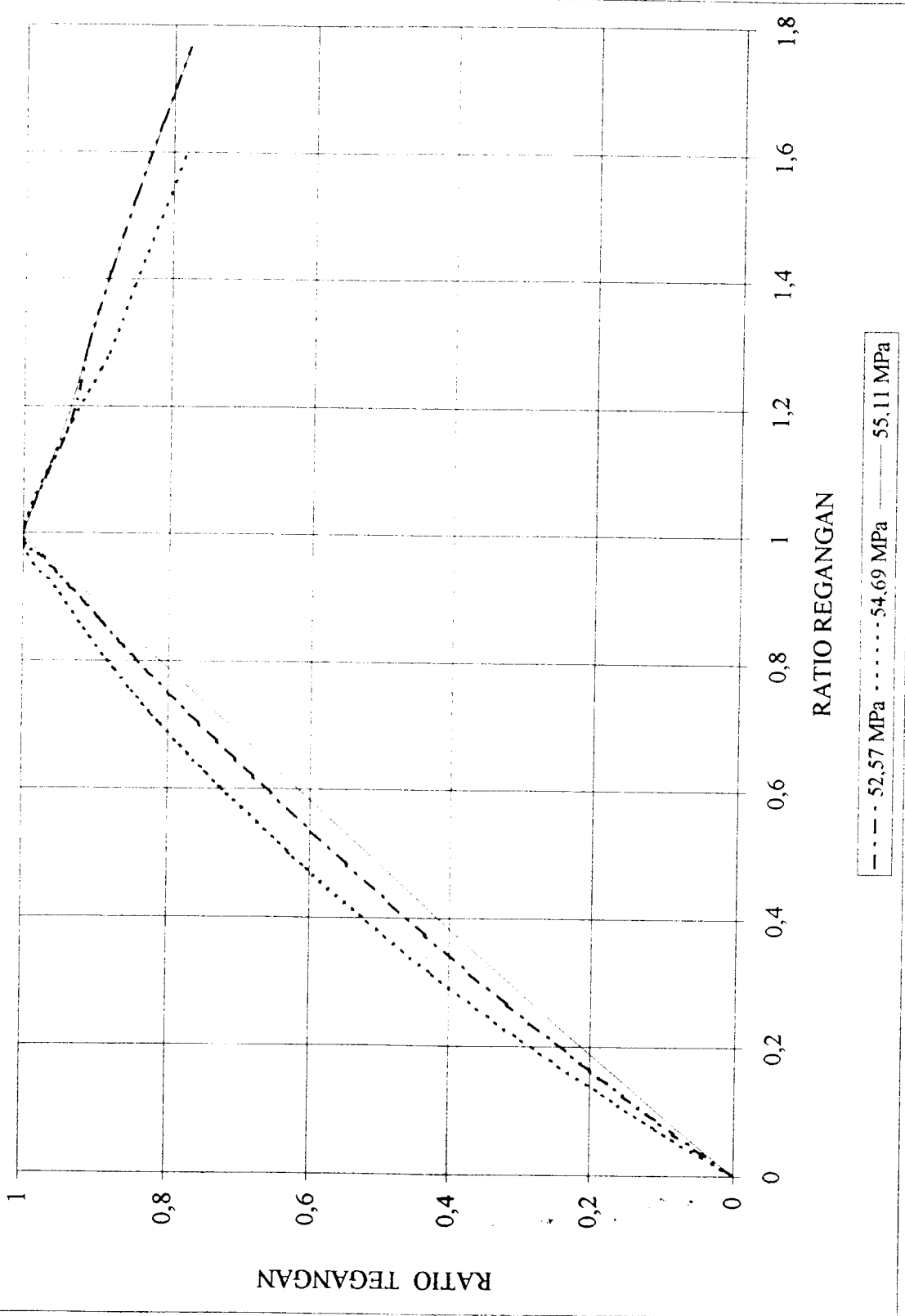
Tabel 5.3 Konstanta a dan b beton tidak terkekang dari hasil penelitian

No.	Tegangan (MPa)	Konstanta a	Konstanta b
1.	45,10972	1,57	- 0,57
2.	45,70143	1,74	- 0,74
3.	50,91	2,33	- 1,33
4.	52,57744	1,26	- 0,26
5.	54,69214	1,52	- 0,52
6.	55,11811	1,07	- 0,07
7.	56,01927	0,85	0,15
8.	56,09154	1,17	- 0,17
9.	58,0838	1,08	- 0,08
10.	60,66024	1,35	- 0,35
11.	61,95998	1,48	- 0,48
12.	62,48921	1,25	- 0,25
13.	67,65555	1,19	- 0,19
14.	73,84372	1,44	- 0,44

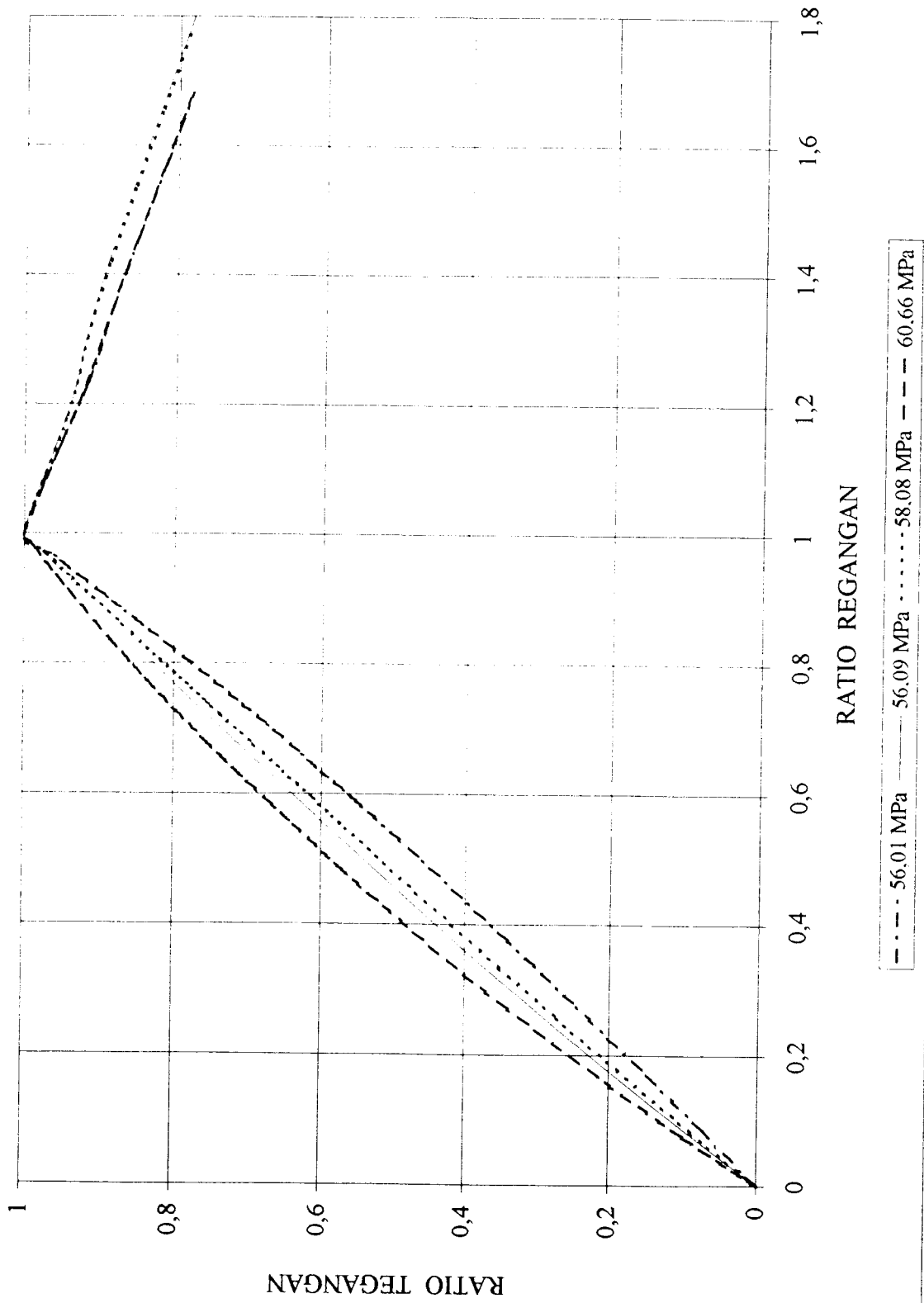
GRAFIK 5.5 DIAGRAM TEGANGAN REGANGAN NORMALISASI



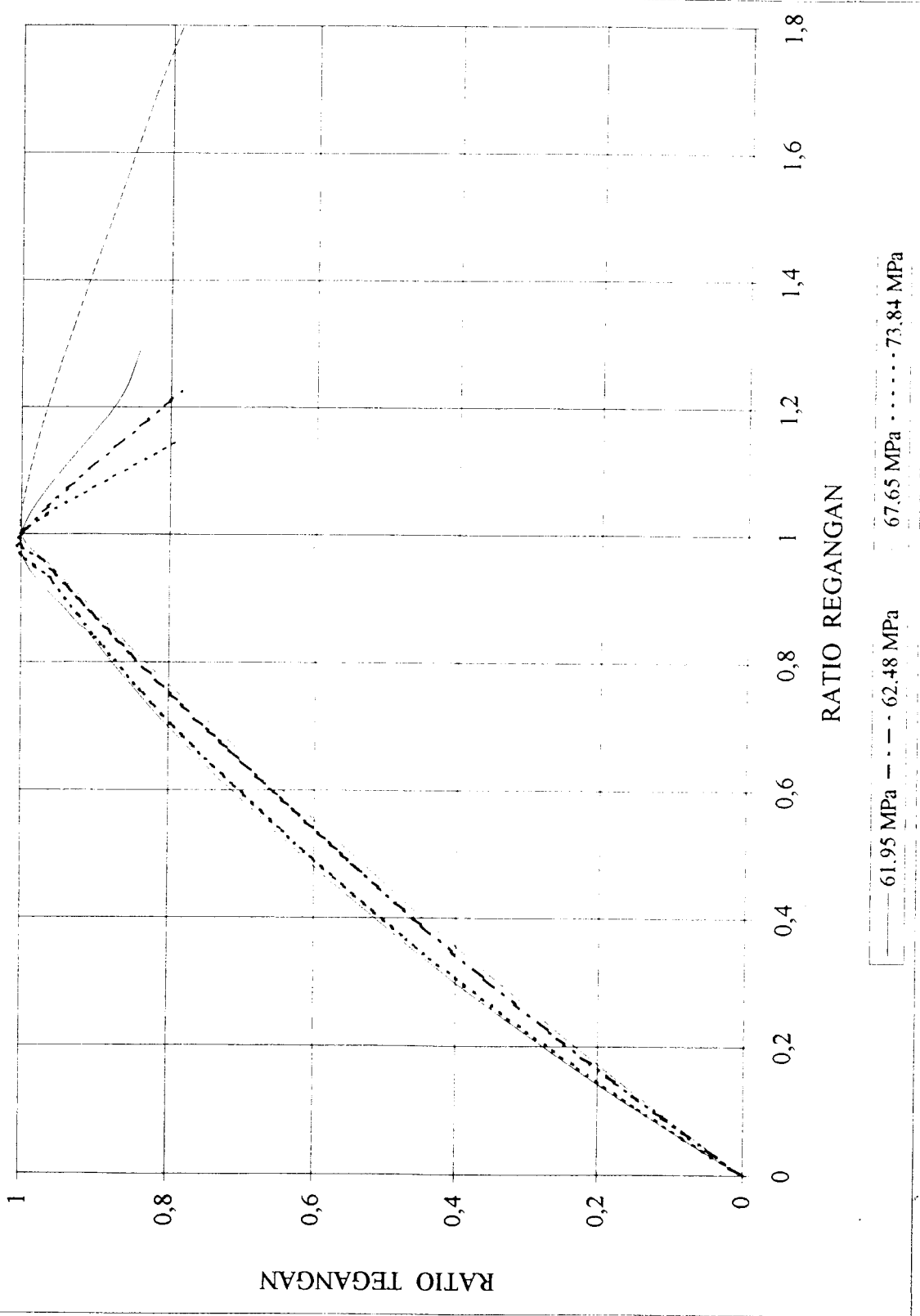
GRAFIK 5.6 DIAGRAM TEGANGAN REGANGAN NORMALISASI



GRAFIK 5.7 DIAGRAM TEGANGAN REGANGAN NORMALISASI

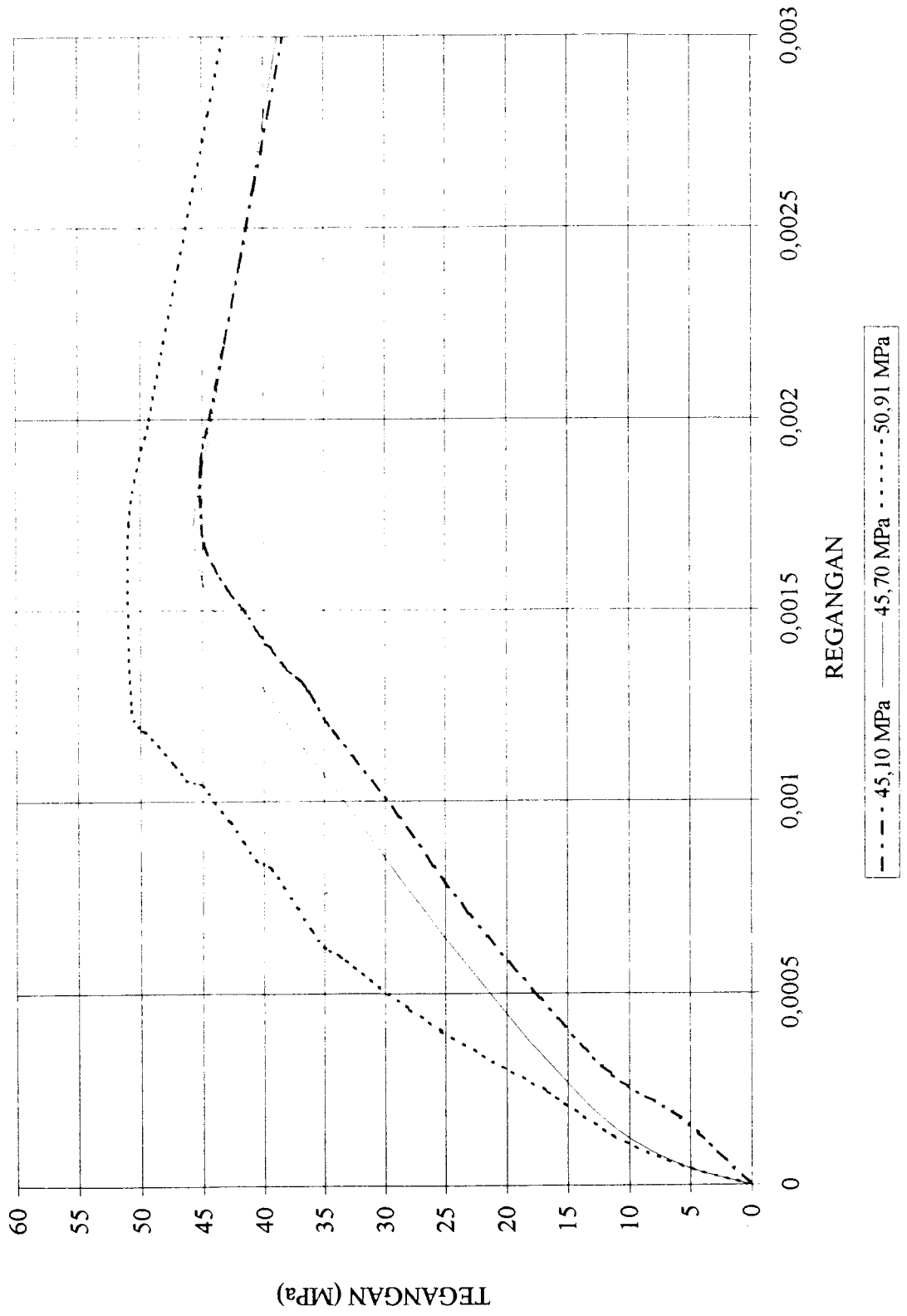


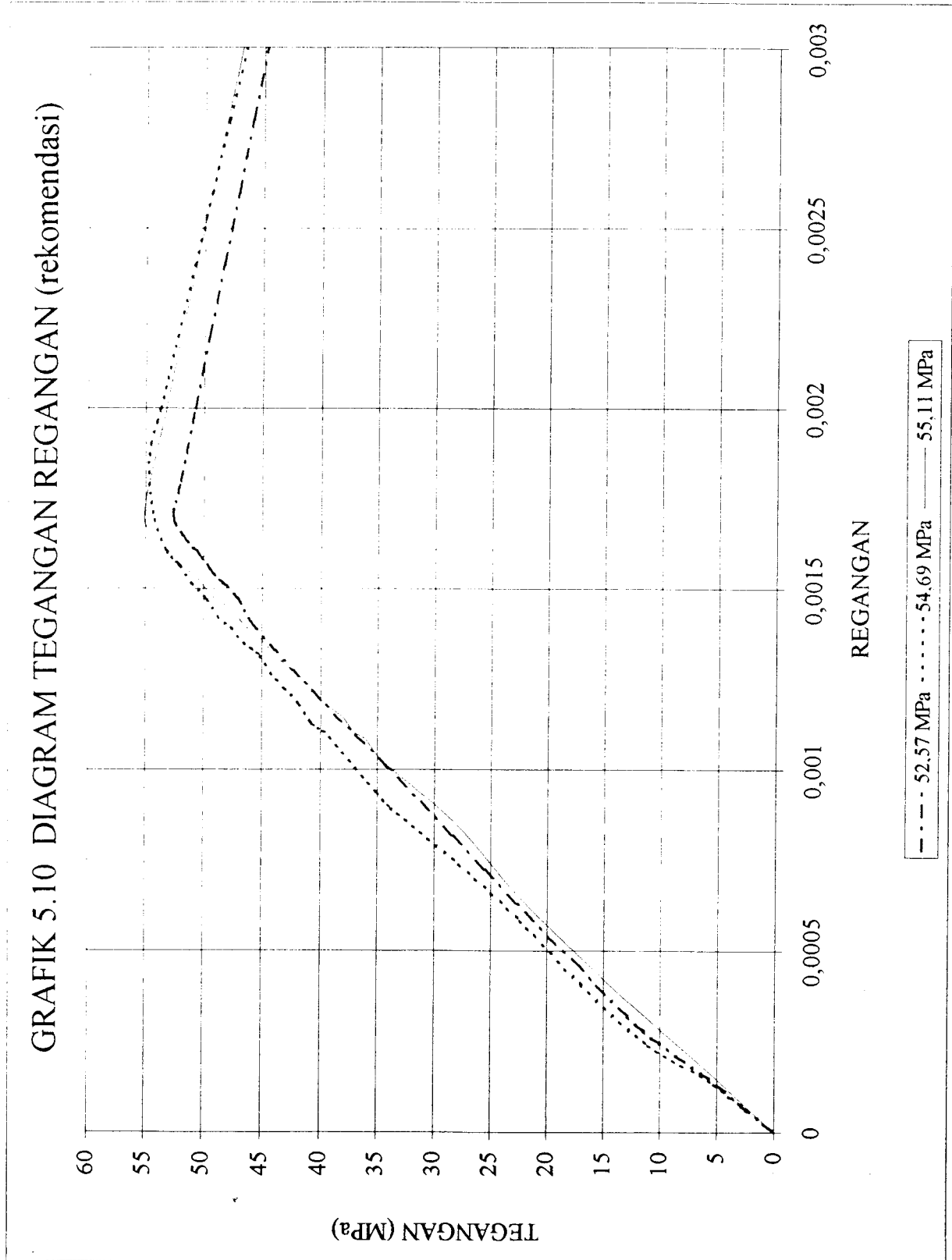
GRAFIK 5.8 DIAGRAM TEGANGAN REGANGAN NORMALISASI



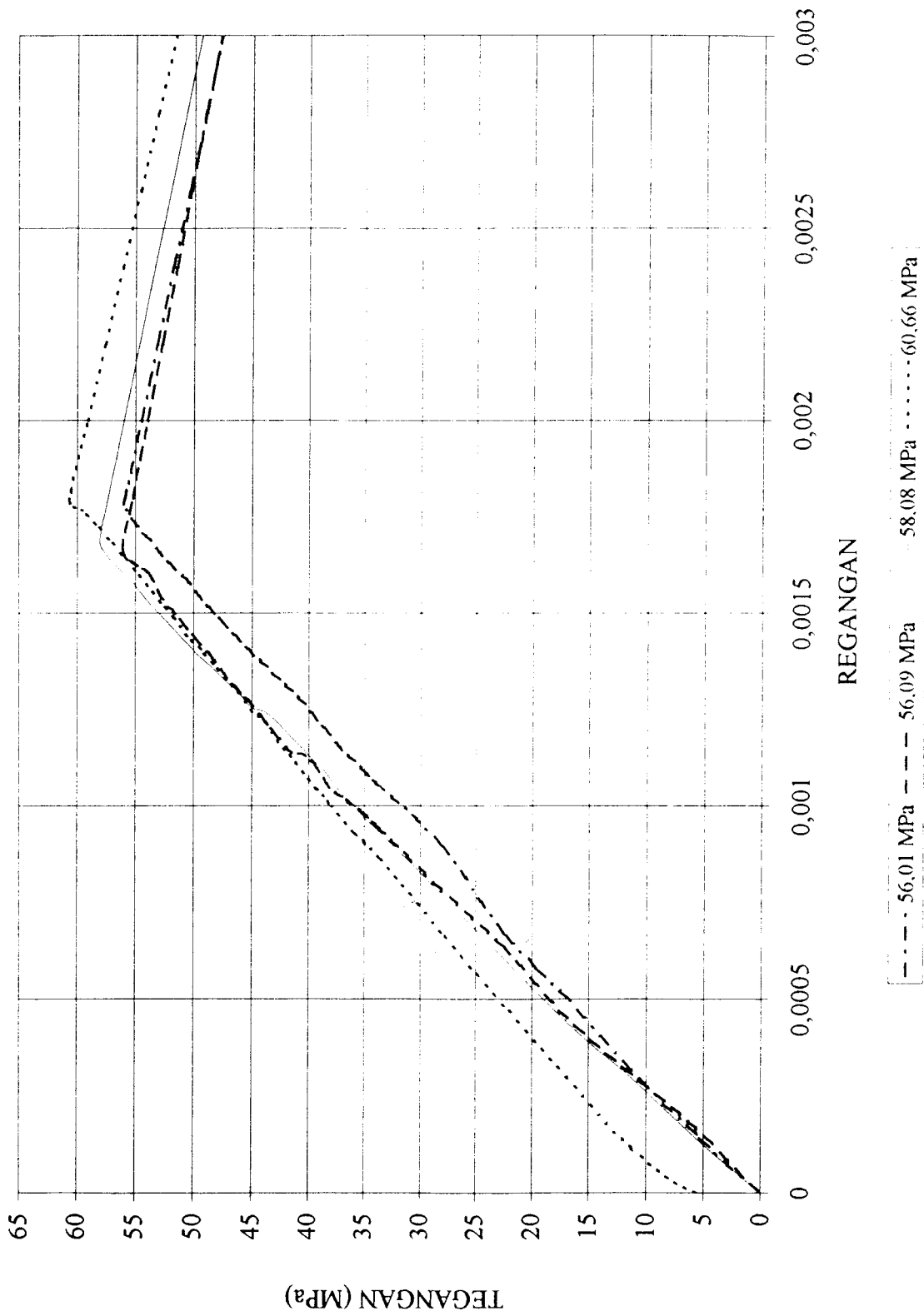
Hasil perhitungan dan bentuk kurva tegangan regangan dengan menggunakan Persamaan 3.6, Persamaan 2.8 dan Persamaan 2.9, terlihat bahwa pada daerah *descending* penurunan tegangan pada regangan maksimum (ultimit) mendekati nilai $0,15 f_c$ seperti yang telah dikemukakan oleh Hognestad. Maka dalam hal ini peneliti merekomendasikan bahwa untuk beton mutu tinggi (*high strength concrete*) dalam penggambaran kurva tegangan regangan dapat digunakan persamaan seperti yang dikemukakan oleh Hognestad. Diagram tegangan regangan hasil rekomendasi dapat dilihat pada Grafik 5.9 sampai dengan Grafik 5.12.

GRAFIK 5.9 DIAGRAM TEGANGAN REGANGAN (rekomendasi)

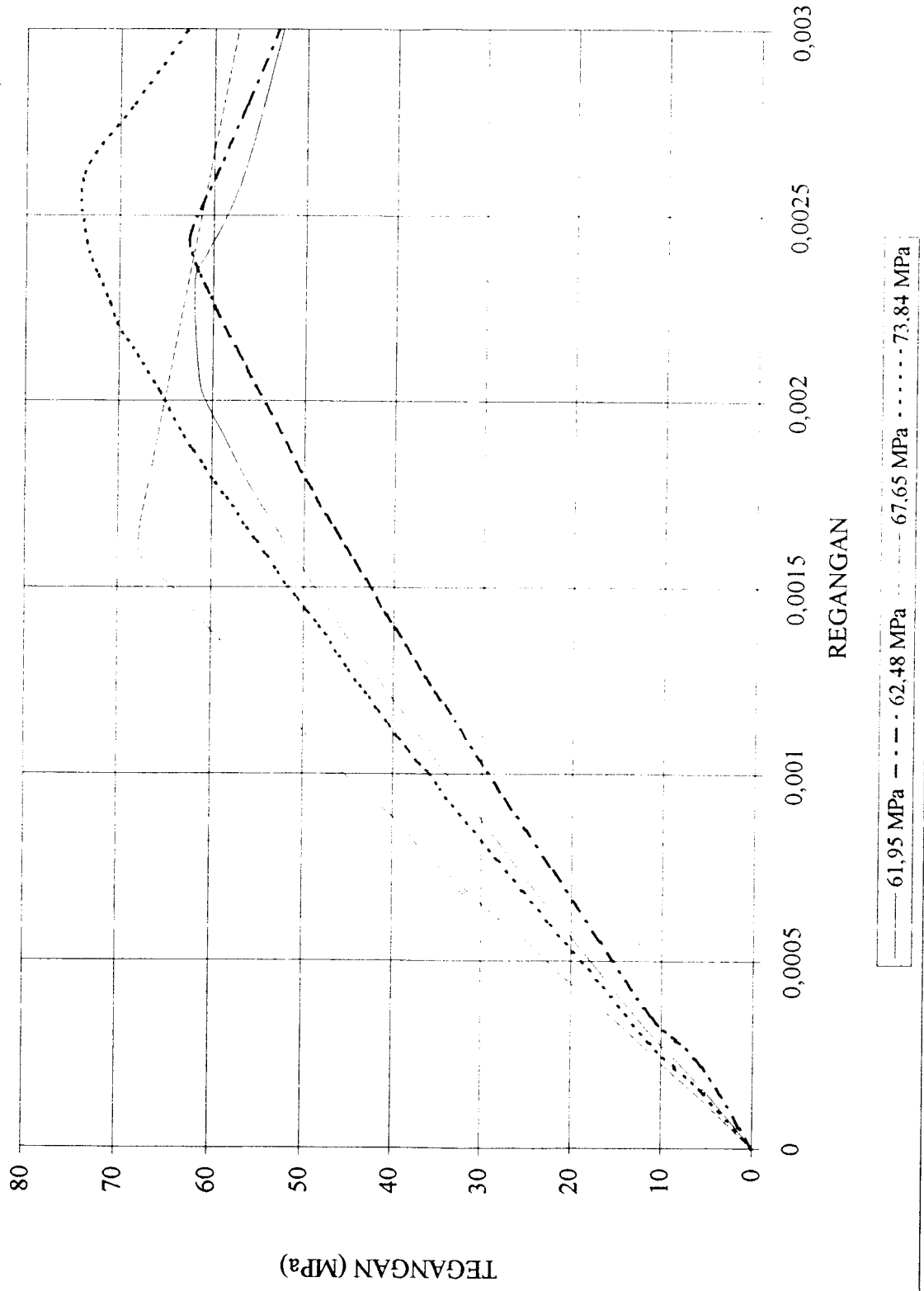




GRAFIK 5.11 DIAGRAM TEGANGAN REGANGAN (rekomendasi)



GRAFIK 5.12 DIAGRAM TEGANGAN REGANGAN (rekomendasi)



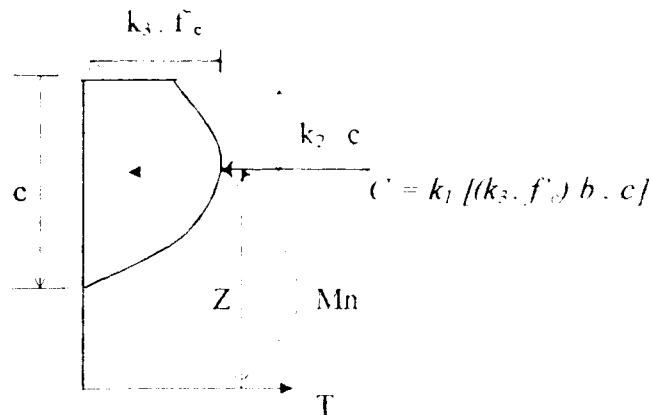
ACI Code dan Canadian Code telah menetapkan blok tegangan, dimana spesifikasi kuat desak beton keduanya menggunakan silinder-silinder 152 x 304 mm. Dalam ACI dan CSA Code mengasumsikan blok tegangan dengan rectangular, trepezoidal, parabolic atau lainnya diperoleh dari hubungan antara distribusi tegangan desak dan regangan beton dari data tes (Ibrahim & MacGregor,1994). Nilai k_3 dari beberapa penelitian dicantumkan pada Tabel 5.4.

Tabel 5.4 Nilai k_3 dari berbagai hasil penelitian

No	Penelitian	Nilai k_3
1.	Bartlett dan MacGregor :	
	- untuk campuran dengan <i>fly ash</i>	1
	- campuran dengan semen	0,86
2.	Ibrahim dan MacGregor berdasarkan penelitian :	
	a. Norwegian Code :	
	- untuk silinder strength 20 MPa	0,84
	- untuk silinder strength 94 MPa	0,66
	b. Finnish Code	0,7
	c. Høiseth dan Jensen dan Bjerkeli	
	- tes I	0,82
	- tes II	0,94 – 0,96
	d. Martinez	
	- untuk strength 63 MPa	0,8
	- untuk strength concrete lebih rendah	0,98
3.	ACI Committee 363 untuk High Strength Concrete merekomendasikan menggunakan nilai konstan	0,85
4.	Collins et.al merekomendasikan	$0,6 + 10 / f'_c \leq 0,85$

Dari berbagai hasil penelitian di atas nilai k_3 yang dipakai dalam penelitian ini adalah persamaan yang diusulkan Collins et.al dan kecenderungannya bila dibandingkan dengan nilai k_3 yang diusulkan Norwegian Code ditampilkan pada Gambar 5.1.

Pada penelitian ini tegangan beton berkisar mulai 45,10972 MPa sampai dengan 73,84372 MPa dan regangan yang terjadi berkisar 0,001654 sampai dengan 0,002612. Koefisien-koefisien blok tegangan yang dicari adalah k_2 , k_1 , α seperti terlihat dalam Gambar 5.2 :



Gambar 5.2 Diagram daerah beton desak

Langkah-langkah yang dilakukan peneliti adalah :

1. Mencari luasan daerah di bawah kurva tegangan regangan yang telah diperoleh dengan persamaan yang telah dikemukakan sebelumnya.

Untuk memudahkan, peneliti membagi luasan daerah kurva tegangan regangan menjadi 20 pias, kemudian mencari luasnya dengan Pers.3.7-3.8. Selanjutnya peneliti mencari titik berat dari masing-masing kurva dengan Persamaan 3.9, hasil yang diperoleh dari penelitian Ibrahim & MacGregor, Attard & Stewart, hasil penelitian, Rekomendasi dan penelitian beton normal ditampilkan dalam bentuk tabel seperti dalam Tabel 5.5 .

Tabel 5.5 Nilai k_2

No	Teg (MPa)	Hasil Penelitian	Ibrahim MacGregor	Attard Stewart	Rekomendasi $0,15 f_c$	Penelitian Beton Normal
1.	45,10972	0,4	0,418613	0,376435	0,396804	0,43439
2.	45,70143	0,406952	0,417873	0,376105	0,403580	0,43405
3.	50,91	0,40283	0,411363	0,373357	0,425677	0,43426
4.	52,57744	0,391573	0,409278	0,372533	0,389331	0,4339
5.	54,69214	0,396740	0,406635	0,371523	0,393845	0,43396
6.	55,11811	0,375346	0,406102	0,371324	0,380541	0,43398
7.	56,01927	0,399524	0,404976	0,370908	0,381426	0,43435
8.	56,09154	0,372172	0,404886	0,370875	0,385509	0,43399
9.	58,0838	0,367649	0,402395	0,369978	0,381147	0,43418
10.	60,66244	0,388613	0,399175	0,368860	0,386998	0,42259
11.	61,95998	0,378822	0,397550	0,368314	0,378178	0,43672
12.	62,48921	0,364847	0,396888	0,368094	0,361488	0,43656
13.	67,65555	0,392247	0,390431	0,366042	0,398387	0,43705
14.	73,84372	0,372282	0,382695	0,363776	0,365726	0,43679

2. Mencari tinggi blok tegangan desak ke serat tepi atas dengan pers.

3.15, hasil yang diperoleh dari masing-masing penelitian tersebut dapat

dilihat pada Tabel 5.6 dan Grafik 5.13.

Tabel 5.6 Nilai k_1

No	Teg (MPa)	Hasil Penelitian	Ibrahim MacGregor	Attard Stewart	Rekomendasi $0,15 f_c$	Penelitian Beton Normal
1.	45,10972	0,8	0,837226	0,752871	0,793608	0,8680
2.	45,70143	0,813903	0,835746	0,752210	0,807160	0,8687
3.	50,91	0,80566	0,822725	0,746715	0,851353	0,8680
4.	52,57744	0,783146	0,818556	0,745067	0,778661	0,8668
5.	54,69214	0,793480	0,813270	0,743046	0,787690	0,8662
6.	55,11811	0,750692	0,812205	0,742648	0,761081	0,8667
7.	56,01927	0,799048	0,809952	0,741816	0,762851	0,8684
8.	56,09154	0,744344	0,809771	0,741749	0,771017	0,8665
9.	58,0838	0,735298	0,804791	0,739955	0,762293	0,8684
10.	60,66244	0,777226	0,798349	0,737721	0,773996	0,8452
11.	61,95998	0,757643	0,79510	0,736628	0,756356	0,8734
12.	62,48921	0,729694	0,793777	0,736189	0,722976	0,8731
13.	67,65555	0,784494	0,780861	0,732084	0,796774	0,8741
14.	73,84372	0,744564	0,765391	0,727551	0,731451	0,8736

3. Mencari nilai α yaitu dengan membandingkan gaya yang ditimbulkan blok tegangan desak dengan diagram tegangan regangan desak dan hasil yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 5.7 dan Grafik 5.14.

Tabel 5.7 Nilai α

No	Teg (MPa)	Hasil Penelitian	Ibrahim MacGregor	Rekomendasi 0,15 f_c	Penelitian Beton Normal
1.	45,10972	0,719967	0,61815	0,701827	0,7839
2.	45,70143	0,720956	0,59810	0,696934	0,7839
3.	50,91	0,699071	0,53495	0,689218	0,7839
4.	52,57744	0,743949	0,61445	0,732411	0,7839
5.	54,69214	0,750489	0,60217	0,736051	0,7839
6.	55,11811	0,771119	0,62831	0,748085	0,7839
7.	56,01927	0,740617	0,62337	0,746857	0,7839
8.	56,09154	0,765315	0,61613	0,748427	0,7839
9.	58,0838	0,783853	0,62051	0,756604	0,7839
10.	60,66244	0,773518	0,61221	0,765166	0,7839
11.	61,95998	0,771440	0,61641	0,756356	0,7928
12.	62,48921	0,813069	0,67223	0,796346	0,7928
13.	67,65555	0,771049	0,56528	0,772857	0,7928
14.	73,84372	0,834962	0,64891	0,820612	0,7928

4. Mencari besar momen yang dihasilkan dengan Persamaan 3.10 dan membandingkannya dengan momen yang diperoleh dengan rumus SK-SNI T-15-1991-03 (Pers. 3.12). Hasil penelitian Ibrahim & MacGregor, Attard & Stewart, hasil penelitian ini, rekomendasi dan penelitian beton normal dapat dilihat pada Tabel 5.8 dan Grafik 5.15.

Tabel 5.8 Momen nominal (dalam Nmm)

No	Teg (MPa)	SKSNI	Hasil Penelitian	Ibrahim MacGregor	Attard Stewart	Rekomendasi 0,15 f_c	Penelitian Beton Normal
1.	45,10972	886245300	963379269	921447460	911116267	1030577122	460201000
2.	45,70143	893177600	986952741	932452264	922191043	1053320978	428129000
3.	50,91	948243000	1060778446	1017802224	1010145133	1058101374	431303000
4.	52,57744	963571000	1062995120	1044240625	1038257819	1141799322	427609000
5.	54,69214	981372500	1106911022	1077155889	1073881789	1145749598	434537000
6.	55,11811	985922600	1065284927	1083703084	1081053730	1124966205	448973000
7.	56,01927	1002042000	1133762326	1097462379	1096222067	1140966274	435007000
8.	56,09154	1003335000	1072360194	1098560444	1097438269	1191789070	428441000
9.	58,0838	1038971000	1090879640	1128516373	1130950981	1172765208	438935000
10.	60,66244	1085057000	1179926763	1166358646	1174250669	1226335866	436105000
11.	61,95998	1108306000	1175503687	1185065996	1196077574	1298915946	463072000
12.	62,48921	1117773000	1148023560	1192609863	1204961972	1295521418	462406000
13.	67,65555	1210185000	1296238378	1264029265	1291599784	1349096961	454404000
14.	73,84372	1320876000	1334322341	1344297923	1395165659	1464878277	453196000

5. Mencari ratio momen nominal diperoleh dengan cara membagi momen nominal masing-masing penelitian dengan momen nominal berdasarkan ketentuan SK-SNI T-15-1991-03, adapun hasil yang diperoleh masing-masing penelitian dapat dilihat pada Tabel 5.9 dan Grafik 5.16.

Tabel 5.9 Ratio momen nominal

No	Teg (MPa)	SKSNI	Hasil Penelitian	Ibrahim MacGregor	Attard Stewart	Rekomendasi 0,15 f_c	Penelitian Beton Normal
1.	45,10972	1	1,087035	1,039721	1,028063	1,162858	1,1513
2.	45,70143	1	1,104991	1,043972	1,032483	1,179296	1,0907
3.	50,91	1	1,118678	1,073358	1,065281	1,115855	1,0964
4.	52,57744	1	1,103183	1,083719	1,077510	1,184966	1,0898
5.	54,69214	1	1,127921	1,097601	1,094265	1,167497	1,1023
6.	55,11811	1	1,080496	1,099177	1,096489	1,141029	1,1294
7.	56,01927	1	1,131452	1,095226	1,093988	1,138641	1,1032
8.	56,09154	1	1,068796	1,094909	1,093790	1,187828	1,0913
9.	58,0838	1	1,049962	1,086187	1,088530	1,128776	1,1104
10.	60,66244	1	1,087433	1,074928	1,082202	1,130204	1,1052
11.	61,95998	1	1,060631	1,069259	1,079194	1,171983	1,1332
12.	62,48921	1	1,027063	1,066952	1,078002	1,159020	1,1320
13.	67,65555	1	1,071108	1,044493	1,067275	1,114786	1,1176
14.	73,84372	1	1,010180	1,017732	1,056243	1,109020	1,1155

5.3 Analisa Hasil

Dari data-data yang telah disampaikan diatas, dapat diberikan pembahasan (analisa hasil) sebagai berikut :

1. Regangan pada saat f'_c ultimit (ϵ_o) diperoleh nilai antara 0,001654 - 0,002612, menunjukkan nilai yang hampir sama dengan yang dikemukakan dalam Norwegian Code yaitu 0,00197 - 0,00215.
2. Nilai k_1

Nilai k_1 hasil penelitian ini berkisar antara 0,729694 – 0,813903. Hal ini menunjukkan kecenderungan yang hampir sama dengan penelitian yang dilakukan oleh Ibrahim & MacGregor serta Attard & Stewart yaitu semakin tinggi f'_c beton maka nilai k_1 semakin rendah. Berdasarkan penyebaran nilai k_1 maka peneliti mengajukan persamaan hubungan antara f'_c dengan k_1 yaitu $k_1 = 0,62 + (8,61/f'_c)$. Nilai k_1 hasil penelitian ini dengan penelitian-penelitian terdahulu (Ibrahim & MacGregor, Attard & Stewart, penelitian beton normal) dan rekomendasi dapat dilihat pada tabel 5.10 dan Grafik 5.13.

Tabel 5.10 Nilai k_1

Hasil penelitian	Ibrahim MacGregor	Attard Stewart	Rekomendasi	Penelitian Beton Normal
0,729694 s/d 0,813903	0,765391 s/d 0,837226	0,727551 s/d 0,752871	0,722976 s/d 0,851353	0,8452 s/d 0,8741

3. Nilai α

Nilai α yang diperoleh hasil penelitian ini berkisar antara 0,699071 – 0,834692 dengan kecenderungan semakin tinggi f'_c maka nilai α semakin tinggi. Bila

dibandingkan dengan penelitian Ibrahim & MacGregor mempunyai kecenderungan yang berbeda yaitu semakin tinggi f'_c maka nilai α semakin rendah. Nilai α hasil penelitian ini dengan penelitian-penelitian terdahulu (Ibrahim & MacGregor, penelitian beton normal, dan rekomendasi) dapat dilihat pada tabel 5.11 dan Grafik 5.14.

Tabel 5.11 Nilai α

Hasil penelitian	Ibrahim MacGregor	Rekomendasi	Penelitian Beton Normal
0,699071	0,53495	0,689218	0,7839
s/d	s/d	s/d	s/d
0,834962	0,67223	0,820612	0,7928

4. Momen nominal

Nilai momen nominal hasil penelitian ini berkisar 963.379.269 Nmm – 1.334.322.341 Nmm. Bila dibandingkan dengan penelitian terdahulu menunjukkan bahwa semakin tinggi f'_c beton maka nilai momen semakin besar, hal ini disebabkan lengan momen (Z) semakin besar seiring dengan kenaikan f'_c beton. Nilai momen nominal hasil penelitian ini dengan penelitian-penelitian terdahulu (Ibrahim & MacGregor, Attard & Stewart, penelitian beton normal, dan rekomendasi) dapat dilihat pada tabel 5.12 dan Grafik 5.15.

Tabel 5.12 Nilai Momen Nominal

SK SNI	Hasil penelitian	Ibrahim MacGregor	Attard Stewart	Rekomendasi	Penelitian Beton Normal
886.245.300	963.379.269	921.447.460	911.116.267	1.030.577.122	427.609.000
s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d
1.320.876.000	1.334.322.341	1.344.297.923	1.395.165.659	1.464.878.277	463.072.000

5. Ratio momen nominal

Ratio momen nominal hasil penelitian ini berkisar antara 1,01018 – 1,131452..

Hal ini menunjukkan kenaikan (penambahan) momen sebesar 1% - 13 % dibandingkan dengan momen SK-SNI. Penyebaran ratio momen nominal terhadap f_c dihubungkan dengan persamaan yang diusulkan peneliti yaitu $R_m = 0,903 + (10,01/f_c)$ dengan kecenderungan mendekati linear. Secara keseluruhan hasil penelitian terdahulu memiliki ratio lebih besar sekitar 1% - 10% terhadap SKSNI. Nilai ratio momen nominal hasil penelitian ini dan penelitian-penelitian terdahulu (Ibrahim & MacGregor, Attard & Stewart, penelitian beton normal) dan rekomendasi dapat dilihat pada Tabel 13 dan Grafik 5.16.

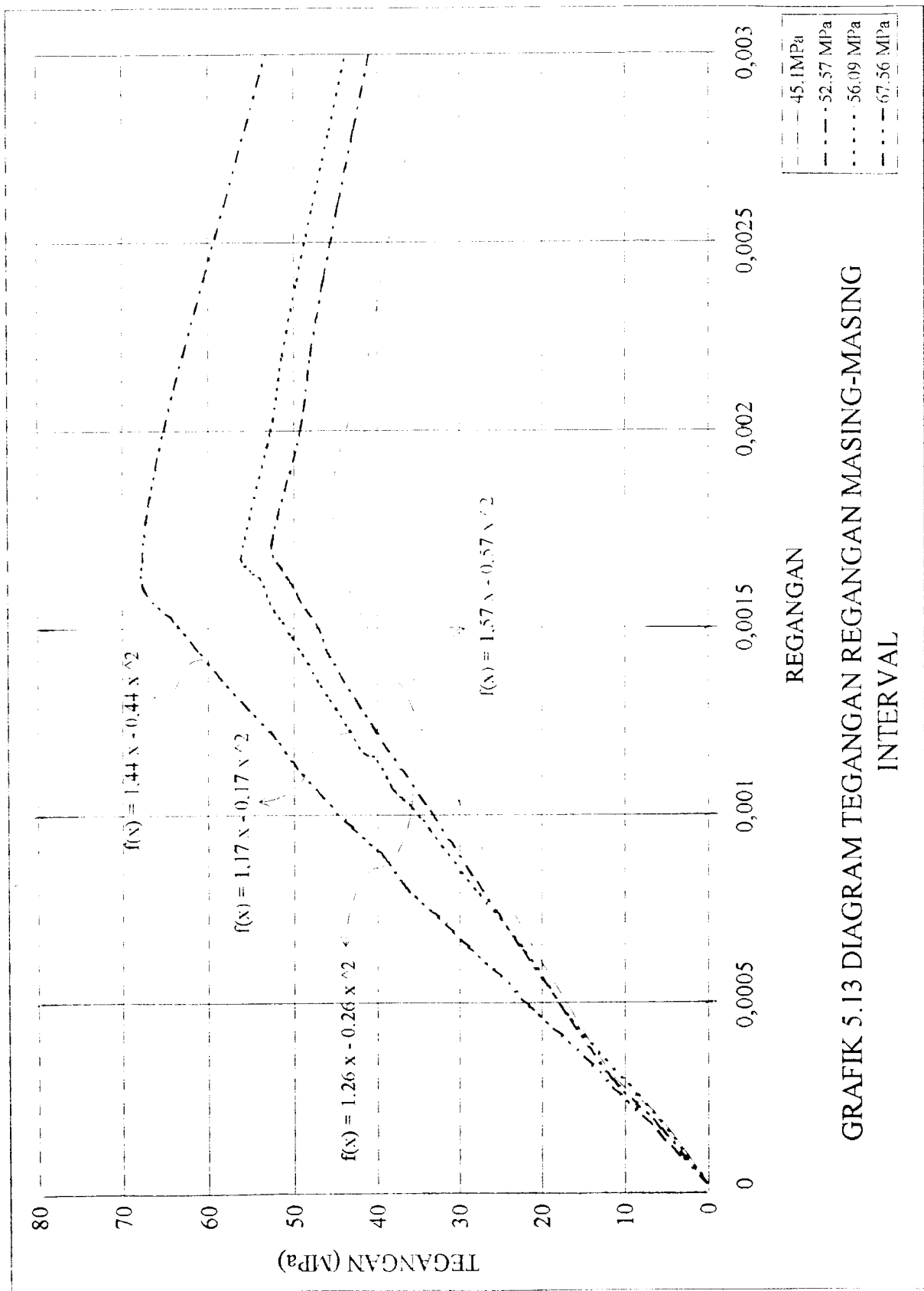
Tabel 5.13 Nilai ratio momen nominal

SK SNI	Hasil penelitian	Ibrahim MacGregor	Attard Stewart	Rekomendasi	Penelitian Beton Normal
1	1,049962	1,017732	1,028063	1,109020	1,0898
	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d
	1,131452	1,099177	1,096489	1,187828	1,1513

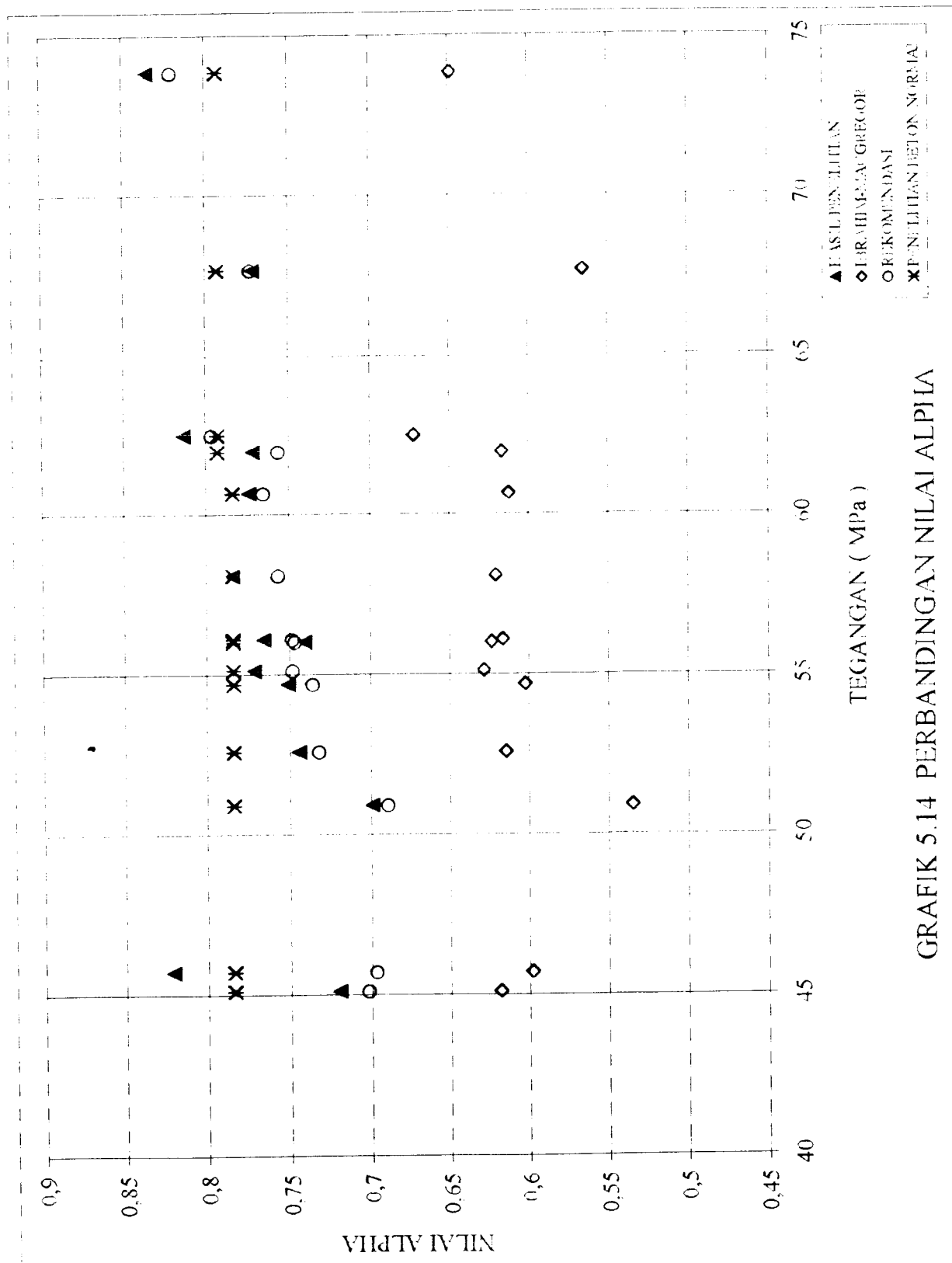
6. Grafik 5.13 mewakili sampel pada masing-masing interval, menunjukkan kurva pada daerah *ascending* semakin curam pada saat f_c semakin tinggi. Persamaan kurva yang diperoleh untuk masing-masing interval terdapat pada tabel 5.14.

Tabel 5.14 Persamaan kurva tegangan regangan

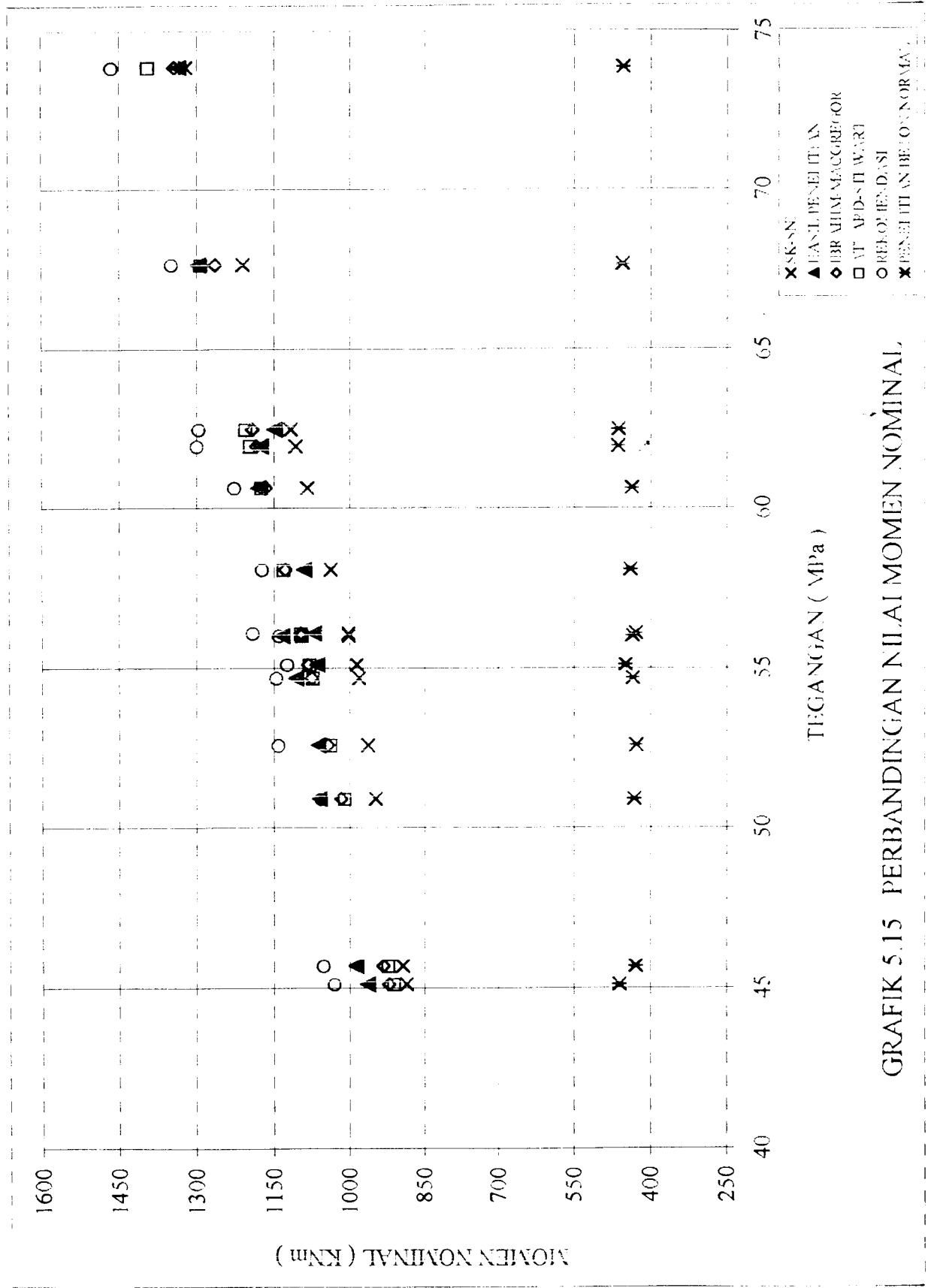
Interval f_c	Persamaan
45 – 50 MPa	$f(x) = 1,57 x - 0,57 x^2$
51 – 55 MPa	$f(x) = 1,26 x - 0,26 x^2$
56 – 60 MPa	$f(x) = 1,17 x - 0,17 x^2$
61 – 73 MPa	$f(x) = 1,44 x - 0,44 x^2$



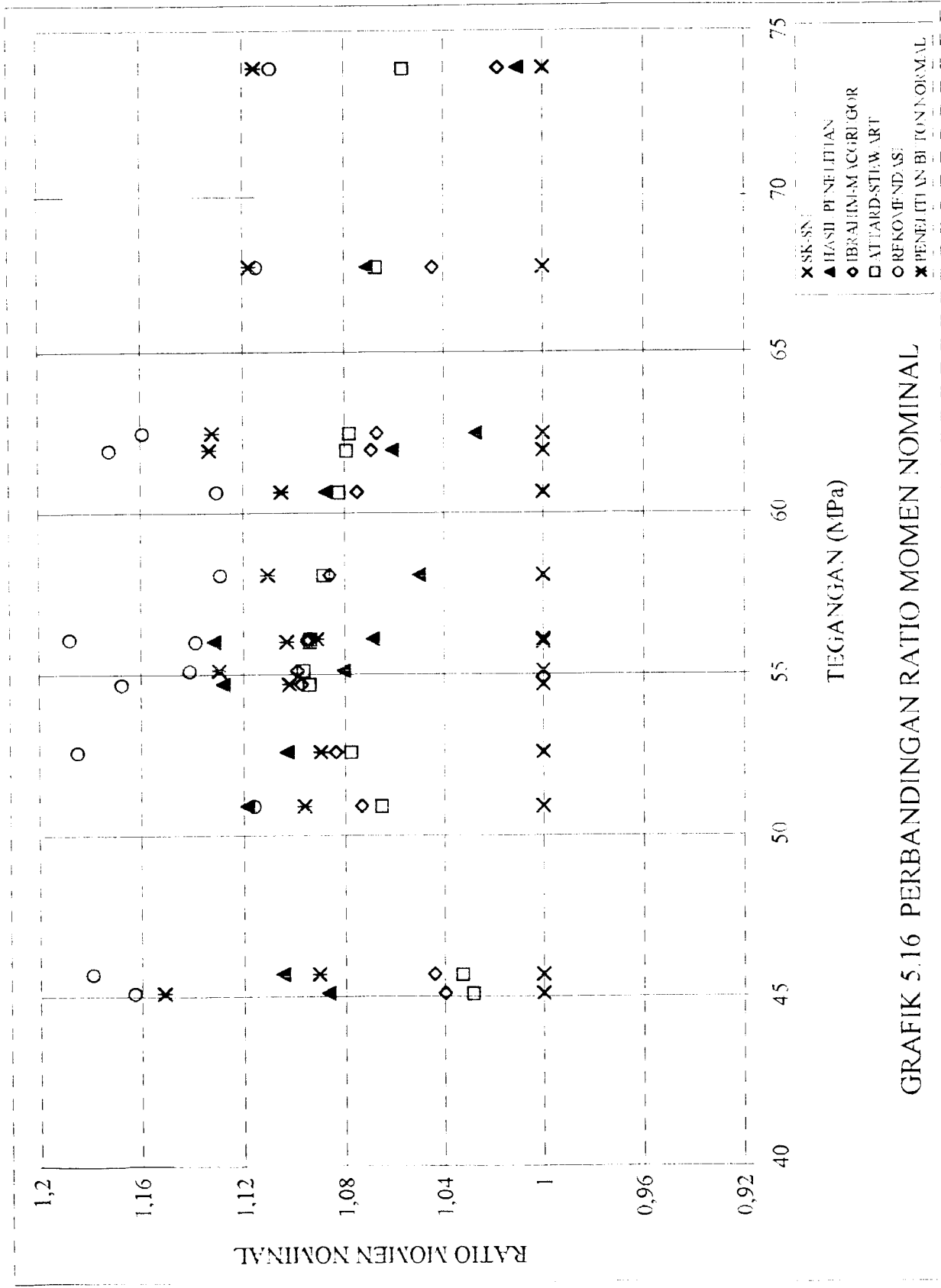
GRAFIK 5.13 DIAGRAM TEGANGAN REGANGAN MASING-MASING INTERVAL



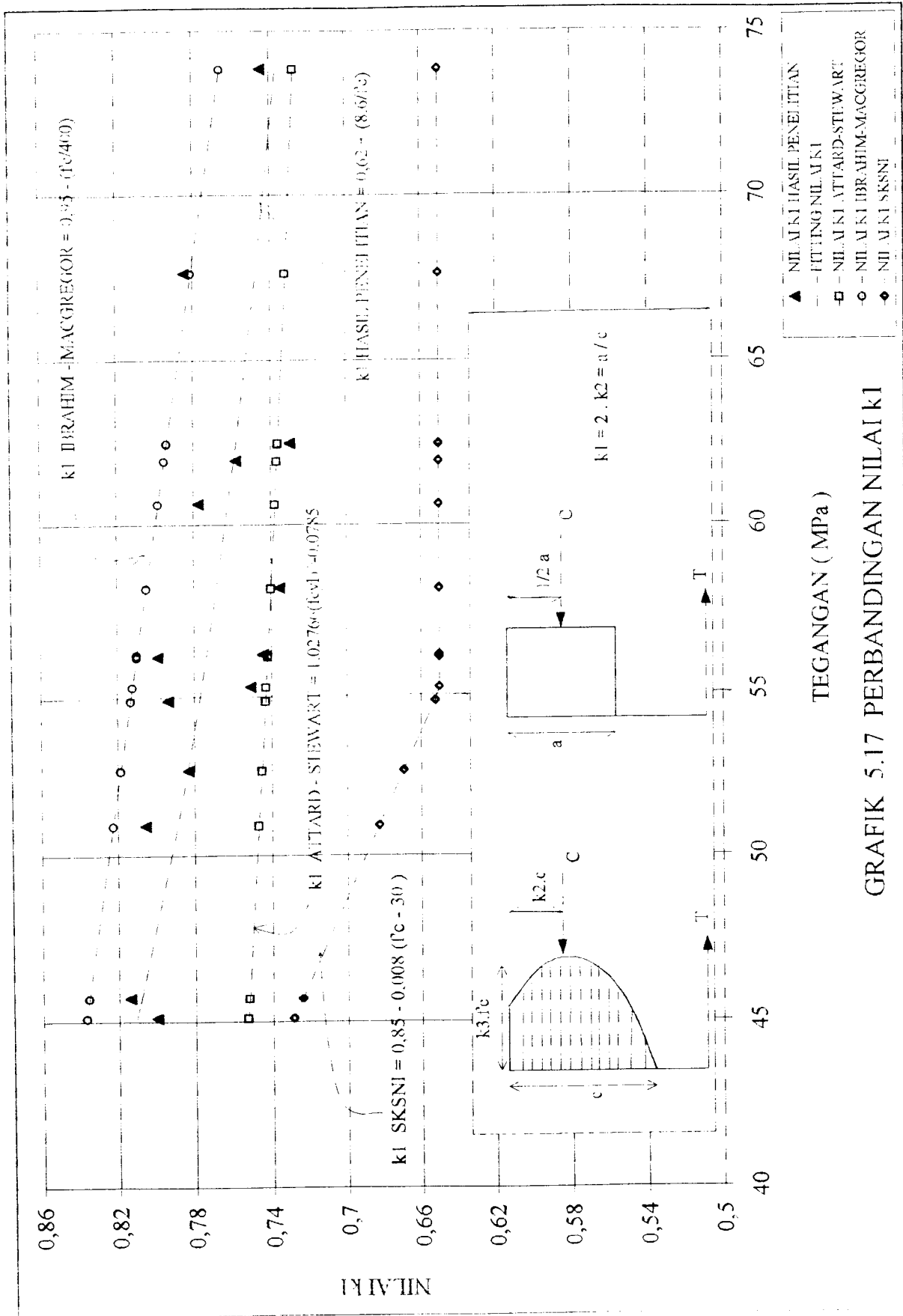
GRAFIK 5.14 PERBANDINGAN NILAI ALPHIA

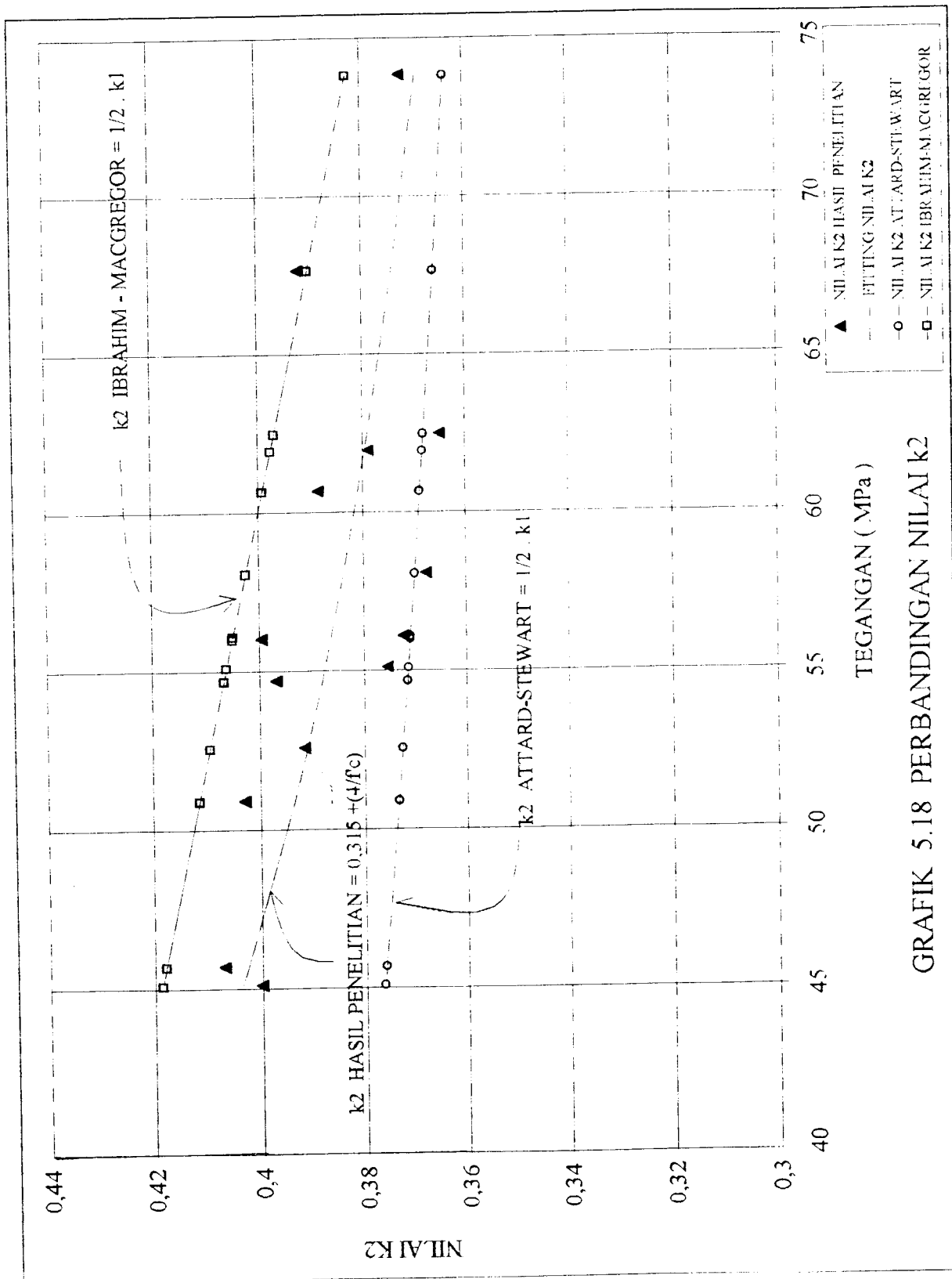


GRAFIK 5.15 PERBANDINGAN NILAI MOMEN NOMINAL

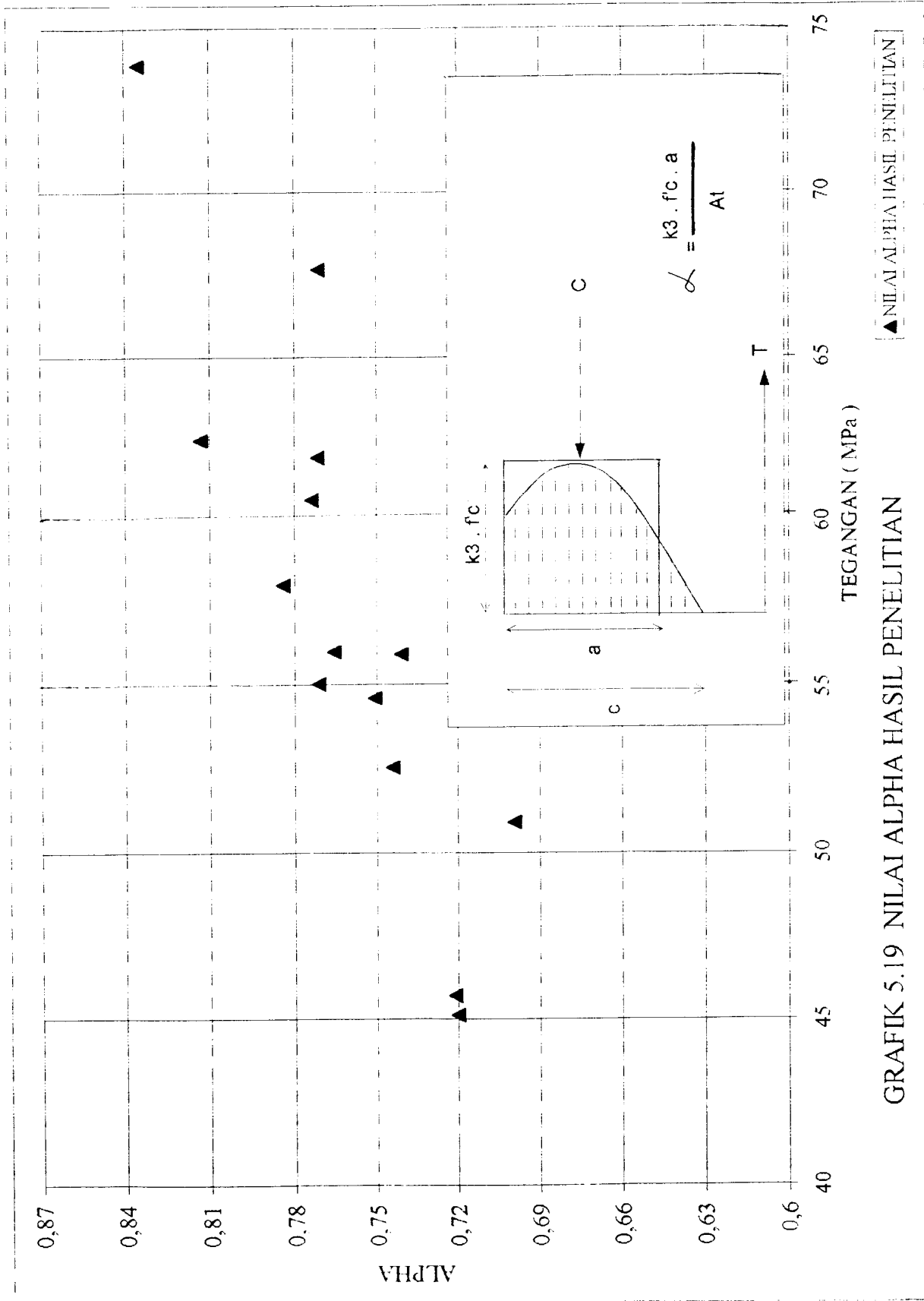


GRAFIK 5.16 PERBANDINGAN RATIO MOMEN NOMINAL



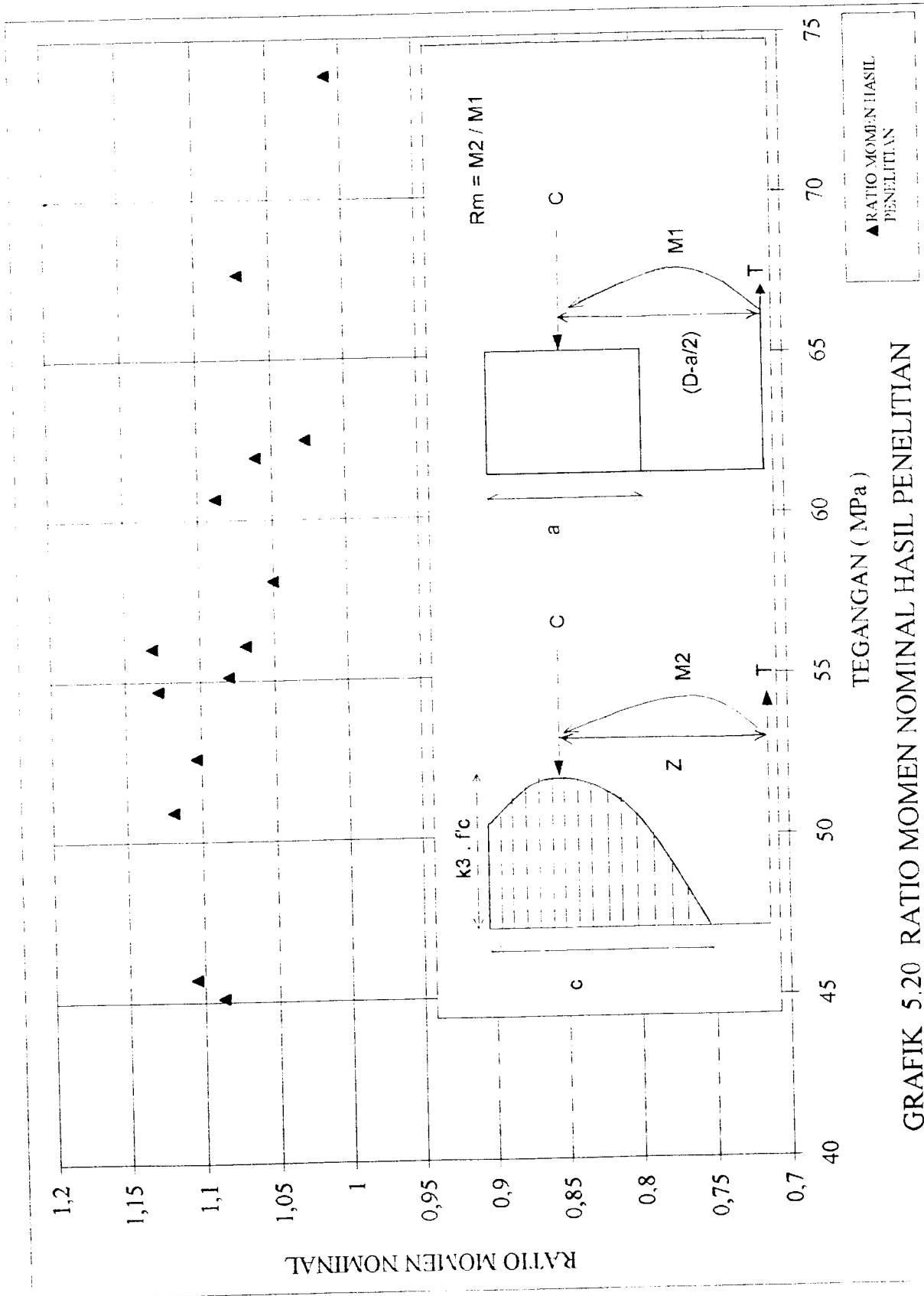


GRAFIK 5.18 PERBANDINGAN NILAI K2



▲ NILAI ALPHA HASIL PENELITIAN

GRAFIK 5.19 NILAI ALPHA HASIL PENELITIAN



GRAFIK 5.20 RATIO MOMEN NOMINAL HASIL PENELITIAN

Hubungan antara k_2 dan k_1k_3 terhadap f'_c dalam penelitian ini diajukan dalam bentuk persamaan : $k_2 = 0,315 + [4 / f'_c]$

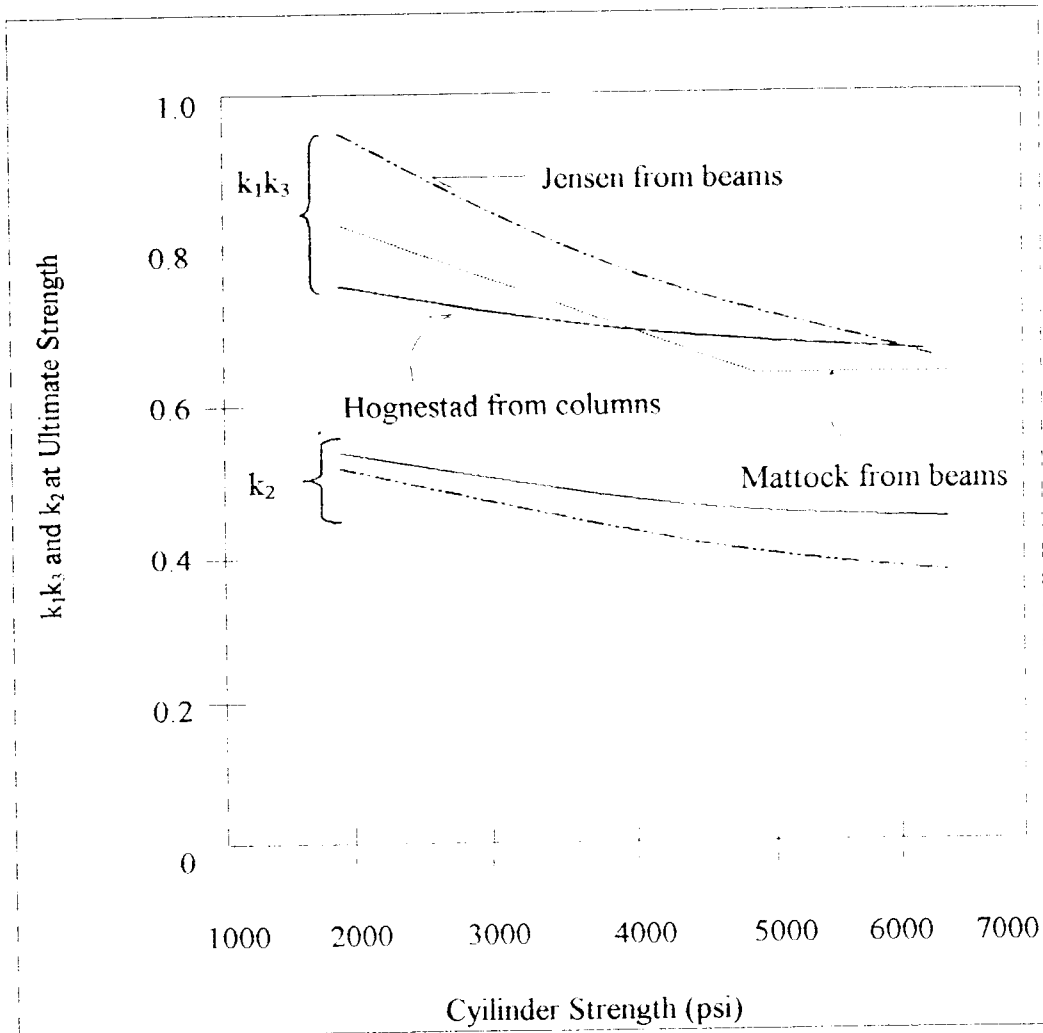
$$k_1k_3 = 0,356 + [13,779 / f'_c]$$

Hasil yang diperoleh penelitian ini menunjukkan kelandaian yang hampir sama dengan yang diusulkan oleh Jensen dan Hognestad. Nilai k_1k_3 hasil penelitian ini berkisar 0,66 – 0,55 dan nilai k_2 berkisar 0,4 – 0,365 sehingga cenderung lebih mendekati hasil penelitian yang dilakukan Jansen.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, Jansen mengajukan sebuah distribusi tegangan trapesoid dan diperoleh sebuah fungsi dari kuat desak silinder dengan nilai k_1k_3 dan k_2 untuk kuat desak antara 2000 – 7000 psi seperti tercantum pada Gambar 5.3. Nilai k_1k_3 pada kuat desak 45 MPa (6500 psi) = 0,66 dan semakin rendah pada saat kuat desak meningkat. Nilai k_2 pada kuat desak 45 MPa = 0,37 dan pada kuat desak > 7000 psi nilai k_2 konstan.

Sementara menurut Hognestad distribusi tegangan terdiri dari *a rising parabola* dan *descending* yang berbentuk garis lurus setelah tegangan maksimum (ultimit) dengan nilai $k_3 = 0,85$. Kelandaian daerah *descending* dipilih garis lurus karena karena ada kesesuaian antara perhitungan dan pengamatan dalam percobaan kuat desak kolom. Nilai k_1k_3 dan K_2 menurut Hognestad yaitu nilai k_1k_3 pada kuat desak > 6500 psi (45 MPa) cenderung konstan (= 0,66) sedangkan nilai $k_2 > 0,4$ seperti terlihat pada Gambar 5.3.

Nilai k_2 dan Nilai k_1k_3 hasil penelitian ini ditampilkan pada Tabel 5.15, Grafik 5.18 dan Grafik 5.21, dimana semakin tinggi f'_c beton maka nilai k_1k_3 semakin kecil (rendah).



Gambar 5.3 Fungsi tegangan terhadap nilai k_1k_3 dan k_2

TABEL 5.15 : PERBANDINGAN NILAI K1, K2, K3, K1K3

Tee Mpa	K3	K1	K2	K1K3	fitting K1	fitting K1K3	fitting K2	K1K3 Attard	K1 Attard	K2 Attard	K1 Gregor	K2 Gregor	K3 Gregor	K1K3 Gregor	K1 SKSNI
45.10972	0,821682	0,8	0,4	0,657345	0,788673	0,6614532	0,403673	0,7311679	0,7528707	0,376435	0,837226	0,418613	0,793613	0,664433	0,729122
45.70143	0,818812	0,813903	0,40695	0,666433	0,787525	0,6575004	0,402525	0,7314779	0,73221	0,376105	0,835746	0,417873	0,792873	0,662641	0,724389
50,91	0,796425	0,80566	0,40283	0,641648	0,77857	0,6266541	0,39357	0,7340719	0,746715	0,373357	0,822725	0,411365	0,786363	0,64696	0,68272
52.57744	0,790196	0,783146	0,39157	0,618839	0,776078	0,6180706	0,391078	0,7348554	0,7450669	0,372533	0,818556	0,409278	0,784278	0,641976	0,66938
54.69214	0,782842	0,79348	0,39674	0,621169	0,773137	0,6079375	0,388157	0,7358195	0,7430463	0,371523	0,81327	0,406635	0,781635	0,63568	0,652463
55.11811	0,781429	0,750692	0,37535	0,586612	0,772571	0,6059904	0,387571	0,7360099	0,7426482	0,371324	0,812205	0,406102	0,781102	0,634415	0,65
56.01927	0,77851	0,799048	0,39952	0,622067	0,771404	0,6019689	0,386404	0,7364086	0,7418157	0,370908	0,809952	0,404976	0,779976	0,631743	0,65
56.09154	0,77828	0,744344	0,37217	0,579308	0,771312	0,601652	0,386312	0,7364403	0,7417495	0,370875	0,809771	0,404886	0,779886	0,631529	0,65
58,0838	0,772165	0,755298	0,36765	0,567771	0,768866	0,5932262	0,383806	0,7373018	0,7399554	0,369978	0,804791	0,402395	0,777395	0,62564	0,65
60.66024	0,764853	0,777226	0,38861	0,594463	0,765941	0,5831504	0,380941	0,7383794	0,7377206	0,36886	0,798349	0,399175	0,774175	0,618062	0,65
61.95998	0,761395	0,757643	0,37882	0,576865	0,764558	0,5783855	0,379558	0,7389082	0,7366275	0,368314	0,7951	0,39755	0,77255	0,614255	0,65
62.48921	0,760028	0,729694	0,36485	0,554588	0,764011	0,5765021	0,379011	0,7391207	0,7361887	0,368094	0,793777	0,396888	0,771888	0,612707	0,65
67.65555	0,747808	0,784494	0,39225	0,586651	0,759123	0,559664	0,374123	0,7411185	0,7320844	0,366042	0,780861	0,390431	0,765431	0,597695	0,65
73.84372	0,735421	0,744564	0,37228	0,547568	0,754168	0,5425968	0,369168	0,7433443	0,7275514	0,363776	0,765391	0,382695	0,757695	0,579933	0,65

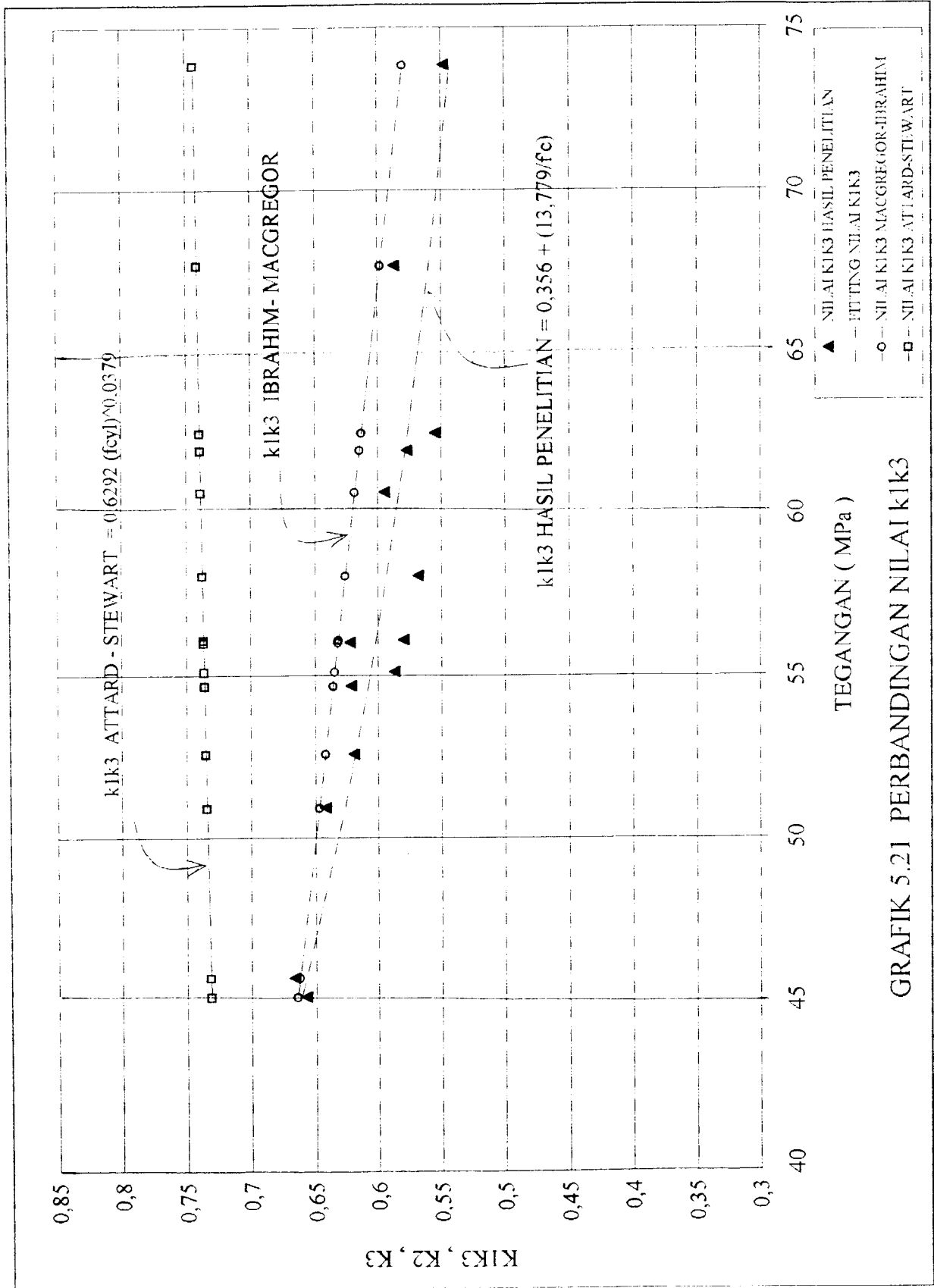
Keterangan :

$$K3 = 0,6 + (10/fc)$$

$$\text{Fitting K1K3} = 0,356 + (13,779/fc)$$

$$\text{Fitting K2} = 0,315 + (4/fc)$$

$$\text{Fitting K1} = 0,62 + (8,61/fc)$$



GRAFIK 5.21 PERBANDINGAN NILAI K1K3

Perhitungan momen hasil penelitian ditampilkan pada Grafik 5.15 dimana semakin tinggi tegangan beton nilai momen semakin tinggi pula. Tetapi nilai ratio momen terjadi sebaliknya, yaitu semakin tinggi tegangan beton nilai ratio momen semakin rendah (semakin kecil). Untuk menerangkan hubungan tersebut maka dicari hubungan antara c , k_1 , k_2 , C dan M dengan tegangan beton dari penurunan rumus berikut ini :

$$\begin{aligned}
 M &= k_3 \cdot f'_c \cdot k_1 \cdot c \cdot b \left(d - \frac{k_1 \cdot c}{2} \right) \\
 \frac{M}{b} &= k_3 \cdot f'_c \cdot k_1 \cdot c \left(d - \frac{k_1 \cdot c}{2} \right) \\
 &= k_3 \cdot f'_c \cdot k_1 \cdot c \cdot d - \frac{1}{2} \cdot k_3 \cdot f'_c \cdot k_1^2 \cdot c^2 \\
 \frac{1}{2} \cdot k_3 \cdot f'_c \cdot k_1^2 \cdot c^2 - k_3 \cdot f'_c \cdot k_1 \cdot d \cdot c + \frac{M}{b} &= 0 \\
 \text{dengan: } k_3 \cdot f'_c \cdot k_1^2 &= \delta \\
 k_3 \cdot f'_c \cdot k_1 &= \lambda \\
 \text{maka: } \frac{1}{2} \cdot \delta \cdot c^2 - \lambda \cdot d \cdot c + \frac{M}{b} &= 0 \\
 c^2 - 2 \frac{\lambda \cdot d \cdot c}{\delta} + 2 \frac{M}{\delta \cdot b} &= 0 \tag{5.3}
 \end{aligned}$$

$$\text{dengan: } k_1 = 0,62 + (8,61/f'_c)$$

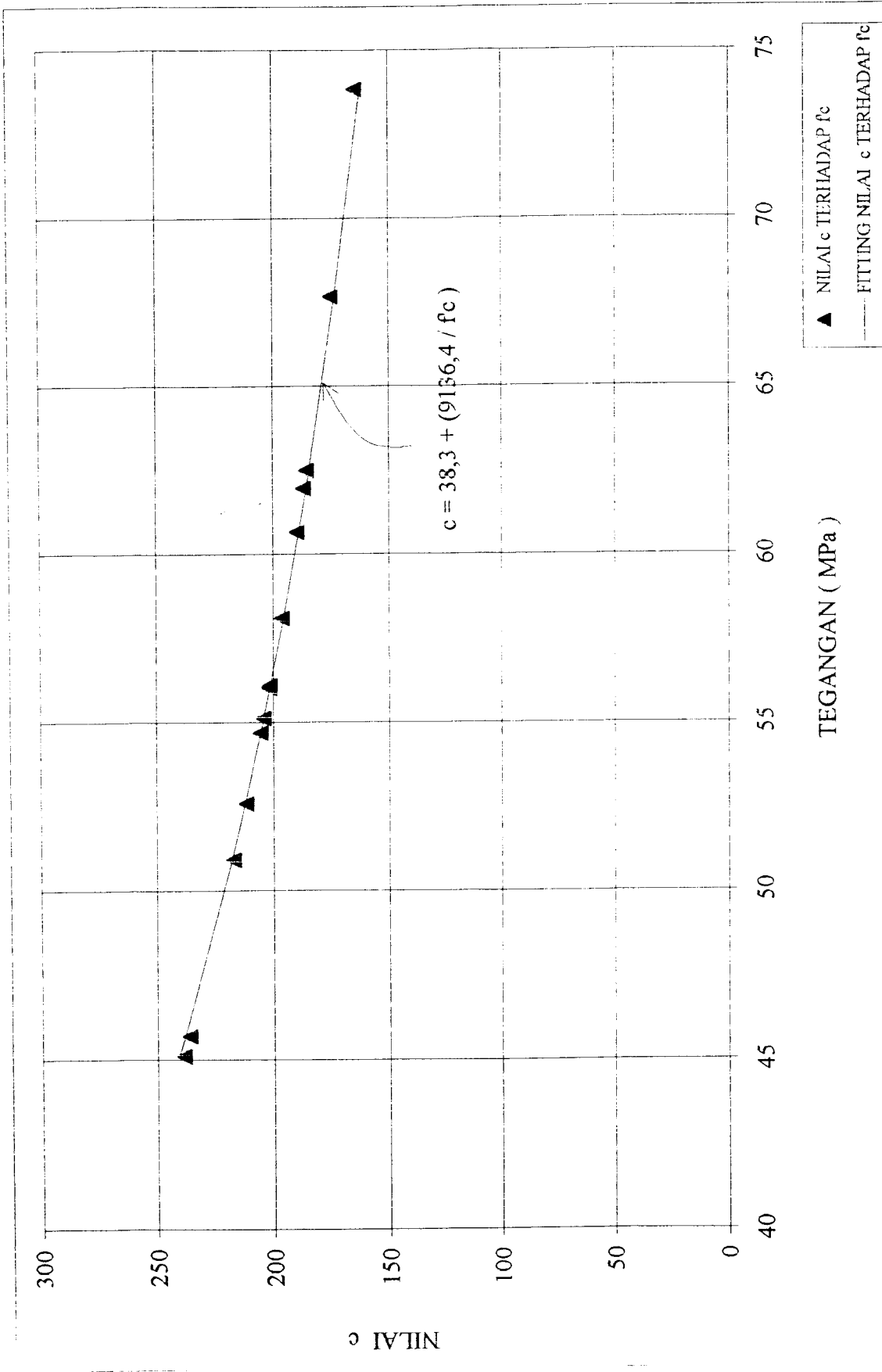
$$k_3 = 0,6 + (10/f'_c)$$

Dengan mengganti nilai k_1 , k_3 dengan persamaan dari hasil penelitian maka diperoleh nilai c , Z , M , C , R_m seperti terlihat pada Tabel 5.16 dan kemudian diplotkan pada Grafik 5.22 sampai dengan Grafik 5.24.

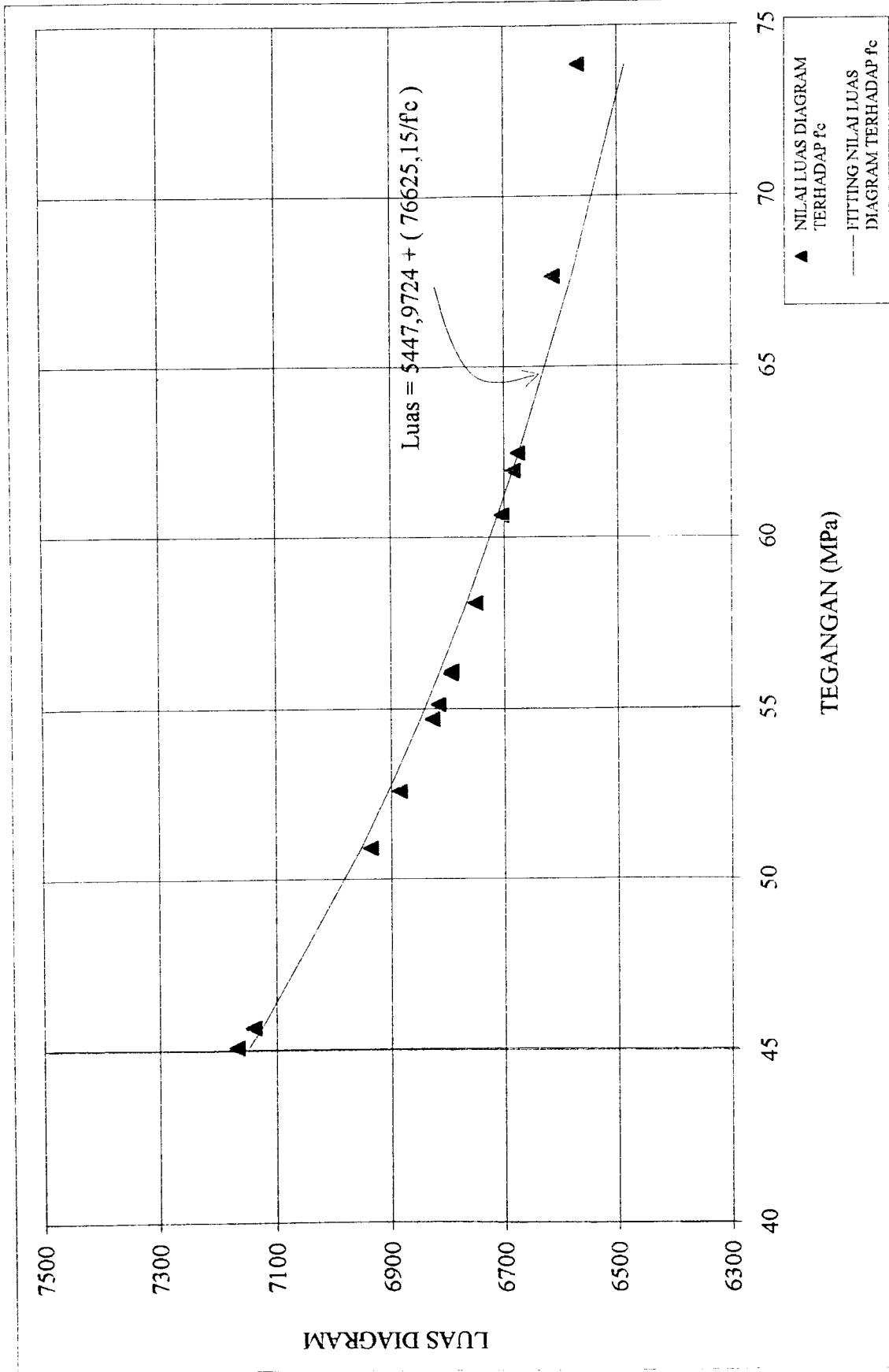
TABEL 5.16 : NILAI K1, K2, K3, C, Z, MOMEN, RM (penurunan rumus)

Teg (MPa)	c (mm)	Fitting K1	Fitting K2	Ploting K3	LUASAN (mm ²)	Z (mm)	C (N)	M (Nmm)	M.SK-SNI (Nmm)	RM	Fitting nilai c	Fitting RM	Fitting Luasan
45.10972	238,427	0,810868	0,4036727	0,8216817	7166,0416	453,3336	2149812,48	931585966,2	794104059	1,17313	240,8373	1,190116	7146,60886
45.70143	235,964	0,808397	0,4025246	0,8188115	7138,12319	434,6237	2141436,96	930719333,2	795577973,7	1,16987	238,215	1,1866	7124,61611
50,91	216,759	0,789122	0,39357	0,7964251	6935,36456	444,4754	2080509,37	924779586,6	795696193,7	1,16223	217,7618	1,159181	6953,07975
52.57744	211,414	0,783758	0,3910783	0,7901956	6884,14538	447,1512	2065243,67	92347628,11	795985360,2	1,16117	212,0703	1,151552	6905,3468
54.69214	205,099	0,777427	0,3881367	0,7828416	6826,8725	450,2753	2048061,75	92219159,16	799049923,7	1,15411	205,3514	1,142544	6848,99666
55.11811	203,886	0,77621	0,3875714	0,7814286	6816,32428	450,8768	2044897,28	921984523,3	803546209,8	1,14739	204,0614	1,146814	6838,16911
56.01927	201,378	0,773697	0,386404	0,77853	6794,92458	452,0972	2038477,37	921589936,5	805879340,3	1,14358	201,3939	1,137239	6815,80556
56.09154	201,18	0,773499	0,386312	0,77828	6793,25386	452,1937	2037976,16	921560034,1	806844703,9	1,14218	201,1837	1,136957	6814,0432
58,0838	195,923	0,768234	0,383866	0,772165	6750,62779	454,7426	2025188,34	920939481	810034501,3	1,13691	195,5939	1,129468	6767,18731
60.66024	189,629	0,761938	0,3809411	0,7648526	6703,57296	457,7572	2011071,89	920582674,3	816561598,3	1,12739	188,916	1,120511	6711,15591
61.95998	186,65	0,758961	0,3795578	0,7613945	6682,95084	459,17	2004885,25	920583153,1	820844108	1,12151	185,7565	1,116276	6684,658
62.48921	185,473	0,757784	0,3790111	0,7600276	6675,14662	459,7258	2002542,19	920620276,8	828890920,5	1,11067	184,5076	1,114502	6674,18433
67.65555	174,93	0,747262	0,374123	0,7478075	6613,48885	464,6407	1984046,66	921868835,1	853018545,5	1,08071	173,3429	1,099635	6580,54785
73.84372	164,223	0,736598	0,3691685	0,7354211	6569,22213	469,5169	1970766,64	92308177,8	856508632,5	1,08033	162,0242	1,084464	6485,63701

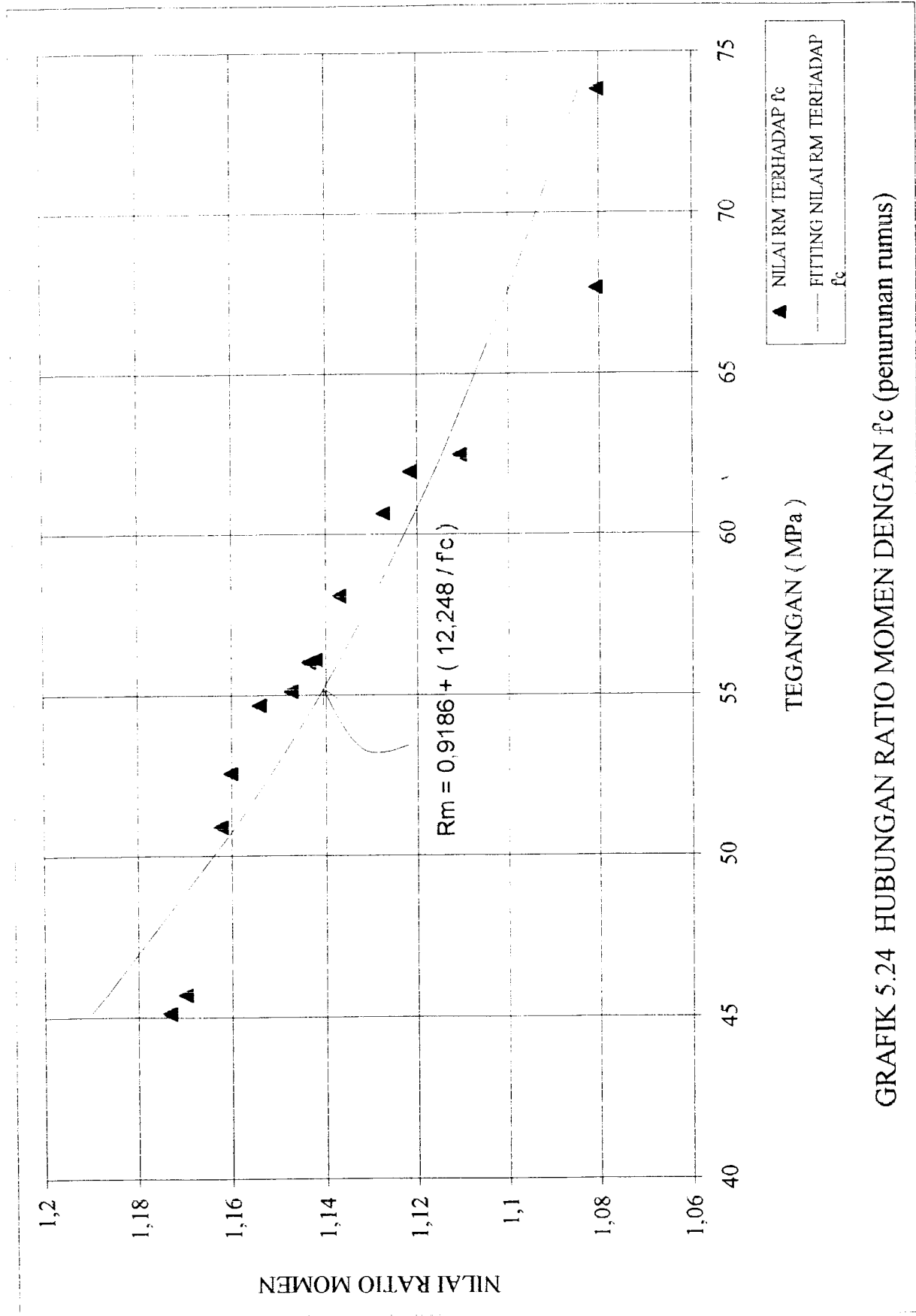
Keterangan : Fitting nilai c, ratio momen , dan luasan hanya digunakan untuk penelitian ini



GRAFIK 5.22 HUBUNGAN NILAI c DENGAN f_c (penurunan rumus)



GRAFIK 5.23 HUBUNGAN LUAS DIAGRAM DENGAN f_c (penurunan rumus)



GRAFIK 5.24 HUBUNGAN RATIO MOMEN DENGAN f_c (penurunan rumus)

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil yang diperoleh dalam penelitian ini adalah :

1. Regangan beton pada saat mencapai tegangan maksimum pada penelitian ini berkisar antara 0,001654 – 0,002612 hampir mendekati nilai regangan pada Norwegian Code yang berkisar antara 0,00197 – 0,00215.
2. Nilai k_1 yang diperoleh hasil penelitian ini menunjukkan semakin tinggi f'_c beton maka nilai k_1 akan semakin kecil. Hal ini menunjukkan terdapat kesamaan dengan penelitian yang dilakukan Ibrahim & MacGregor serta Attard & Stewart.
3. Nilai α yang diperoleh hasil penelitian ini menunjukkan nilai yang beragam terhadap kenaikan tegangan beton. Sementara itu hasil penelitian yang dilakukan Ibrahim & MacGregor menunjukkan semakin tinggi tegangan beton maka nilai α semakin rendah.
4. Ratio momen hasil penelitian ini dan penelitian terdahulu menunjukkan nilai yang lebih besar dari SKSNI.

6.2 Saran-Saran

Saran-saran yang dapat disampaikan berkaitan dengan penelitian ini adalah :

1. Perlu diadakan penelitian lebih lanjut dengan mutu beton yang sama atau lebih tinggi, jumlah sampel yang lebih banyak dan ukuran sampel yang lebih kecil mengingat hasil yang dicapai masih beragam.
2. Menggunakan bentuk sampel yang berbeda dan dapat dipakai pengekangan (*confined concrete*).
3. Dalam pembuatan benda uji digunakan bahan campuran atau gradasi yang beragam dan bahan tambah yang berbeda, juga diperhatikan proses pemadatan dan perawatannya.
4. Menggunakan persamaan dengan tipe yang berbeda misal persamaan eksponensial, sehingga diperoleh kurva tegangan regangan yang lebih mendekati hasil-hasil penelitian yang sudah ada.
5. Alat yang digunakan sangat mempengaruhi data-data untuk perhitungan sehingga saat pengujian sebaiknya digunakan alat yang dapat membaca tegangan regangan pada daerah *descending*.

DAFTAR PUSTAKA

_____, 1990, **TATA CARA PERHITUNGAN BETON BERTULANG INDONESIA**, SK-SNI-T-15-1990-03, Yayasan LPMB, Bandung.

Antono, A., 1985, **TEKNOLOGI BETON**, KMTS-UGM, Yogyakarta.

Ariyuni, E., dan Rahim, S.A., 1991, **PENGAMATAN RANGKAK PADA BETON MUTU TINGGI UMUR PENDEK**, Seminar Mekanika Bahan dalam Berbagai Aspek, PAU-IT-UGM, Yogyakarta.

Attard, M.M., dan Stewart, M.G., 1998, **A TWO PARAMETER STRESS BLOCK FOR HIGH STRENGTH CONCRETE**, ACI Structural Journal, Title no.95-S28, May-June.

Ibrahim, H.H., dan MacGregor, J.G., 1997, **MODIFICATION OF THE ACI RECTANGULAR STRESS BLOCK FOR HIGH STRENGTH CONCRETE**, ACI Structural Journal, Title no.94-S5, January-February.

Kusuma, G., Sagel, R. dan Kole, P., 1993, **PEDOMAN Pengerjaan Beton**, SK-SNI-T-15-1991-03, Yayasan LPMB, Bandung.

Murdock, L.J., dan Brook, K.M., 1986, **BAHAN DAN PRAKTEK BETON**, Edisi Keempat, Erlangga.

Nakamura, S., 1991, **APPLIED NUMERICAL METHOD WITH SOFTWARE**, Prentice Hall International Edition.

Parka, I.N., 1999, **PEMBUATAN DAN PENGUJIAN BETON MUTU TINGGI PROYEK BDNI JAKARTA**, Seminar Beton Mutu Tinggi, BMPTSI dan Universitas Tarumanegara, Jakarta.

Suhud, R., 1999, **BETON KINERJA TINGGI MENGGUNAKAN KERIKIL ALAM**, Seminar Beton Mutu Tinggi, BMPTSI dan Universitas Tarumanegara, Jakarta.

Subakti, A., 1995, **TEKNOLOGI BETON DALAM PRAKTEK**, Jur. Teknik Sipil- FTSP, ITS, Surabaya.

Subakti, A., dan Bachtiar, N.Y., 1993, **PENGARUH PENAMBAHAN SILICA FUME PADA DURABILITAS BETON**, Seminar Nasional Hasil Terbaru Penelitian Bahan, PAU-UGM, Yogyakarta.

Subakti, A., dan Suluh, H.S., 1993, **SIFAT FISIK DAN MEKANIK BETON MUTU TINGGI DENGAN SILICA FUME**, Seminar Nasional Hasil Terbaru Penelitian Bahan, PAU-UGM, Yogyakarta.

Tjokrodimuljo, K., 1995, **TEKNOLOGI BETON**, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil UGM, Yogyakarta.

Wahyudi, L., dan Rahim, S.A., 1997, **STRUKTUR BETON BERTULANG STANDAR BARU**, SNI-T-15-1991-03, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.

Wee, T. H., Chin, M.S., dan Mansur, M.A., 1997, **FLEXURAL BEHAVIOR OF HIGH-STRENGTH CONCRETE BEAM**, ACI Structural Journal, Title no. 94-S60, November-December.

LAMPIRAN

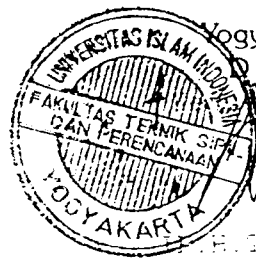
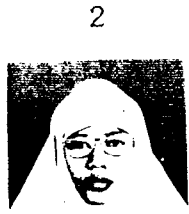


KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

No.	Nama	No. Mhs.	N.I.R.M.	Bidang Studi
1.	RIHLEH MARYANING S.	04 01 190		STRUKTUR
2.	RIHLEH MARYANING S.	06 01 170		STRUKTUR

JUDUL TUGAS AKHIR : ~~PERENCANAAN DAN PERENCANAAN STRUKTUR TUGAS AKHIR~~ DIABEAN
 TERAPAN KELOMPOK MELAKUKAN BETON MUDA TINGGI TAN TEPUSANBEN INKLIVASINUSA
 TERHADAP KUALITAS BAHAN BAKU

Dosen Pembimbing I : ~~DR. H. NURUL HUDA, Ph.D.~~
 Dosen Pembimbing II : ~~DR. H. NURUL HUDA, Ph.D.~~ fatihkurrahman







Yogyakarta, 14 Agustus 1999
 Dekan,
 Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

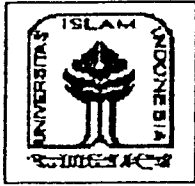
CATATAN - KONSULTASI

No.	Tanggal	Konsultasi ke :	KETERANGAN	Paraf
1.	18-8-1999	I	- gunakan buku pedoman TA utk peralunya. - lengkapi tugas dg variasi mutu beton - perbaikan hasil foreksi	
2	31-8-1999	II	- tambahkan rumus masalah - manfaat - hipotesa (bila perlu) - Carifjunal lain. → PAVUOM - quote yg sudah debat dg variabel penelitian Dapat digunakan penelitian Collins $0.6 + \frac{10}{f_c} < 0.85$ → Pengolahan hasil sudah cukup → laporan ditinjau seluruh (Aes)	 25/04-2000 29/08-2000

Seminar! → Buat Abstrak. Supra Urah 6/08

CATATAN - KONSULTASI

No.	Tanggal	Konsultasi ke :	KETERANGAN	Paraf
			Kabinat & Direktorat Analisis Usul :	 11/sep 2012
			Perbaikan & koreksi & day dinyatakan selesai () & lanjutkan ke. Dosen Lemb. I	 18/07-20
			Pembetulan setelah pendataan dinyatakan selesai → dijilid	 



DATA PEMERIKSAAN
KANDUNGAN LUMPUR DALAM PASIR

Jenis Benda Uji : _____
Nama Benda uji : PASIR
Asal : KALI PROGO
Keperluan : _____

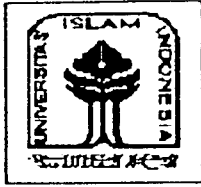
Diperiksa oleh :
1) _____
2) _____
Tanggal : _____

ALAT – ALAT

1. Timbangan Kapasitas 2610 gram
2. Oven
3. Gelas ukur Volume 100 cc
4. Stop wath , Desikator
5. Piring, gayuh
6. Sendok, lap, torong, penggaris
7. Dan lain-lain

	BENDA UJI I	BENDA UJI II
Berat piring kosong (W1)	98 gram	158,4 gram
Berat piring + pasir kering oven (W2)	188 gram	258,4 gram
Berat pasir kering oven (W _{ko1}) (W2 - W1)	100 gram	100 gram
Pasir kering oven setelah dicuci (W _{ko2})	97,8 gram	98,4 gram
Kandungan lumpur $\frac{W_{ko1} - W_{ko2}}{W_{ko2}} \times 100 \%$	2,249 %	1,626 %
Kandungan Lumpur Rata - rata	1,9375	

Yogyakarta
LABORATORIUM
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK UII



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jln. Kaliurang Km. 14,4 telp. (0274) 895707, 895042 Sleman Yogyakarta

DATA PEMERIKSAAN GRADASI AGREGAT KASAR

Jenis Benda Uji : _____
 Nama Benda uji : SPLIT
 Asal : Clereng
 Keperluan : _____

Diperiksa oleh :
 1) Invan 83-070
 2) Endah 94-162

Tanggal : _____

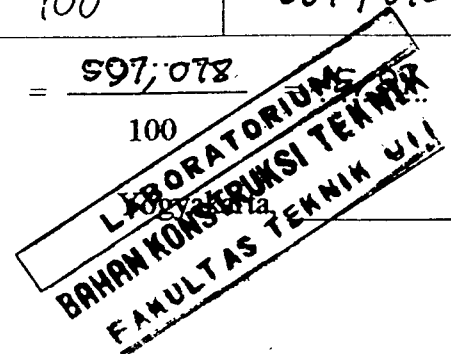
ALAT - ALAT :

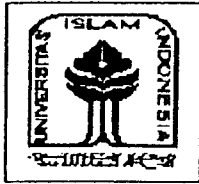
1. Timbangan kapaitas 20 kg
2. Mesin penggetar / mesin ayak
3. Saringan 1 (satu) set (40, 20, 10, 4.80, 2.40, 1.20, 0.60, 0.30, 0.15, pan) mm
4. Sikat baja (Kasar / halus)
5. Kuas , Lap kaos
6. Piring, serok . dll

LUBANG AYAKAN (mm)	BERAT TERTINGGAL (gram)		BERAT TERTINGGAL (%)		BERAT TERTINGGAL KUMULATIF	
	I	II	I	II	I	II
PERCOBAAN KE :						
40(7/8")	---	29,5	---	0,592	---	0,592
20	118,7	262,2	2,375	5,258	2,375	5,85
10	4675,2	4546,2	93,534	91,159	95,909	97,009
4.80	130,7	102,4	2,615	2,053	98,524	99,062
2.40	6,3	4,5	0,136	0,09	98,66	99,152
1.20	3,4	2,4	0,068	0,048	98,728	99,2
0.60	-	-	-	-	-	-
0.30	-	-	-	-	-	-
0.15 0,075	36,3	22	0,726	0,441	99,454	99,641
SISA	27,8	17,9	0,556	0,359	100	100
Jumlah	4998,4	4987,1	100	593,65	600,506
Jumlah rata-rata	4988,55		100		597,078	

Modulus Halus Butir (MHB) kerikil = $\frac{597,078}{100}$

ember 1 : 522 GR
 2 : 545,5 GR
 piring : 147 GR
 loyang : 377,5 GR





DATA PEMERIKSAAN
BERAT JENIS AGREGAT HALUS

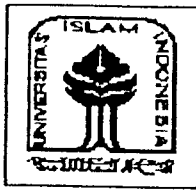
Jenis Benda Uji : _____ Diperiksa oleh :
 Nama Benda uji : _____ 1) _____
 Asal : Kali Progo _____ 2) _____
 Keperluan : _____
 Tanggal : _____

ALAT – ALAT

1. Gelas ukur kapasitas 1000 cc
2. Timbangan ketelitian 0,01 gram
3. Piring, sekop kecil

	BENDA UJI I	BENDA UJI II
Berat Agregat (W)	<u>400</u> Gram	<u>400</u> ... Gram
Gelas ukur + Air (V1)	<u>500</u> Cc	<u>500</u> Cc
Gelas ukur + Air + Agregat (V2)	<u>653</u> Cc	<u>655</u> Cc
BERAT JENIS (BJ) = $\frac{W}{V2 - v1}$	$\frac{400}{153} = 2,61$	$\frac{400}{155} = 2,58$
BERAT JENIS (BJ) RATA-RATA	$\frac{2,61 + 2,58}{2} = 2,6$	

Yogyakarta
LABORATORIUM
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK SIPIL



DATA PEMERIKSAAN
GRADASI AGREGAT HALUS

Jenis Benda Uji : _____
 Nama Benda uji : PASIR
 Asal : KALI PROGO
 Keperluan : _____

Diperiksa oleh :
 1) _____
 2) _____

Tanggal : _____

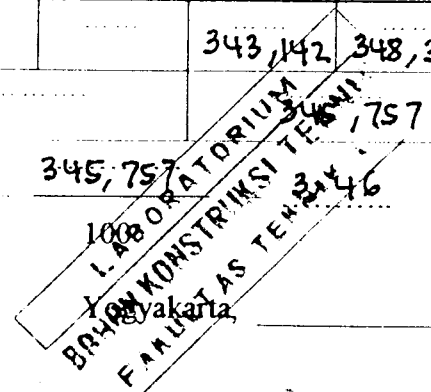
ALAT – ALAT :

1. Timbangan kapaitas 20 kg
2. Mesin penggetar / mesin ayak
3. Saringan 1 (satu) set (40, 20, 10, 4.80, 2.40, 1.20, 0.60, 0.30, 0.15, pan) mm
4. Sikat baja (Kasar / halus)
5. Kuas , Lap kaos
6. Piring, serok . dll

LUBANG AYAKAN (mm)	BERAT TERTINGGAL (gram)		BERAT TERTINGGAL (%)		BERAT TERTINGGAL KUMULATIF	
	I	II	I	II	I	II
PERCOBAAN KE :						
40	-	-	-	-	-	-
20	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-
4.80	-	-	-	-	-	-
2.40	44,7	45,8	2,231	2,276	2,281	2,276
1.20	325,1	347,6	16,227	17,276	18,458	19,552
0.60	610,3	649	30,462	32,256	48,92	51,808
0.30	594	565	29,648	28,082	78,568	79,89
0.15	346,2	319,4	17,28	15,875	95,848	96,765
SISA	83,2	85,2	4,152	4,234	100	99,999
Jumlah	1994,9	1995,8			343,142	348,371
Jumlah rata-rata						

Modulus Halus Butir (MHB) _____

piring bulat = 102,5 GR
 .. kotak = 362,4 GR



PENGUJIAN DESAK SILINDER BETON

Data benda uji : Diameter (d) : 150,5 mm
 Luas penampang (A) : 1777,8 cm²
 Tinggi awal (L₀) : 150 mm
 Berat benda uji (W) : 12,83 kg
 Umur benda uji : 28 hari
 Tinggi benda uji (L) : 304,3 mm

Beban (KN)	Perpendekan (x 0,001 mm)
20	10
40	18
60	30
80	38
100	49
120	57
140	68
160	76
180	87
200	95
220	105
240	114
260	124
280	134
300	143
320	153
340	164
360	173
380	188
400	195
420	204
440	218
460	230
480	241
500	255
520	265
540	270
560	283
580	290
600	300
620	310
640	325

Beban (KN)	Perpendekan (x 0,001 mm)
660	332
680	345
700	353
720	364
740	376
760	386
780	394
800	407
820	416
840	428
860	438
880	448
900	450
920	468
940	480
960	490
980	512
1000	
1020	
1040	
1060	
1080	
1100	
1120	
1140	
1160	
1180	
1200	
1220	
1240	
1260	
1280	

LABORATORIUM
 BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 FAKULTAS TEKNIK UIN

PENGUJIAN DESAK SILINDER BETON

Data benda uji :

Diameter (d) :	150	mm
Luas penampang (A) :	176, 625	cm ²
Tinggi awal (Lo) :	254	mm
Berat benda uji (W) :	13, 011	kg
Umur benda uji :	28,	hari
Tinggi benda uji (L) :	304	mm

Beban (KN)	Perpendekan (x 0,001 mm)
60	20
120	40
185	60
245	80
310	100
380	120
440	140
510	160
575	180
645	200
690	220
760	240
820	260
875	280
920	300
975	320
1030	340
1080	360
1130	380
1190	400
1195	410

LABORATORIUM
 BINAAN STRUKTUR TEKNIK
 FAKULTAS TEKNIK

PENGUJIAN DESAK SILINDER BETON

Data benda uji : Diameter (d) : 150,3 mm
 Luas penampang (A) : 177,33 cm²
 Tinggi awal (Lo) : 150 mm
 Berat benda uji (W) : 12,95 kg
 Umur benda uji : 28 hari
 Tinggi benda uji (L) : 304,8 mm

Beban (KN)	Perpendekan (x 0,001 mm)
20	9
40	16
60	25
80	34
100	42
120	52
140	62
160	70
180	79
200	89
220	95
240	105
260	115
280	125
300	132
320	142
340	152
360	162
380	172
400	182
420	191
440	200
460	210
480	220
500	232
520	242
540	250
560	262
580	272
600	281
620	290
640	302

Beban (KN)	Perpendekan (x 0,001 mm)
660	311
680	325
700	335
720	345
740	355
760	366
780	374
800	377
820	389
840	398
860	408
880	417
900	428
920	430
940	450
960	461
980	474
1000	484
1020	495
1030	507
1040	
1060	
1080	
1100	
1120	
1140	
1160	
1180	
1200	
1220	
1240	
1260	

LABORATORIUM
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK

PENGUJIAN DESAK SILINDER BETON

Data benda uji : Diameter (d) : 150,7 mm
 Luas penampang (A) : 178,28 cm²
 Tinggi awal (Lo) : 150 mm
 Berat benda uji (W) : 13,022 kg
 Umur benda uji : 28 hari
 Tinggi benda uji (L) : 303,3 mm

Beban (KN)	Perpendekan (x 0,001 mm)
20	10
40	20
60	30
80	40
100	50
120	57
140	65
160	74
180	84
200	91
220	100
240	109
260	118
280	128
300	135
320	145
340	155
360	169
380	175
400	190
420	197
440	205
460	211
480	220
500	235
520	242
540	252
560	265
580	272
600	282
620	292
640	300

Beban (KN)	Perpendekan (x 0,001 mm)
660	307
680	315
700	330
720	340
740	342
760	353
780	365
800	378
820	389
840	400
860	414
880	426
900	438
920	450
940	462
960	481
980	488
1000	500
1020	
1040	
1060	
1080	
1100	
1120	
1140	
1160	
1180	
1200	
1220	
1240	
1260	
1280	

Benda Uji

LABORATORIUM
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK CITI

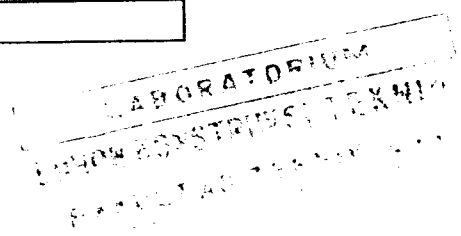
PENGUJIAN DESAK SILINDER BETON

Data benda uji : Diameter (d) : 150,8 mm
 Luas penampang (A) : 178,51 cm²
 Tinggi awal (Lo) : 150 mm
 Berat benda uji (W) : 13,109 kg
 Umur benda uji : 28 hari
 Tinggi benda uji (L) : 302,4 mm

Beban (KN)	Perpendekan (x 0,001 mm)
20	8
40	15
60	26
80	35
100	45
120	55
140	65
160	74
180	86
200	95
220	106
240	116
260	127
280	140
300	150
320	162
340	172
360	182
380	193
400	201
420	207
440	215
460	226
480	250
500	269
520	278
540	286
560	296
580	305
600	315
620	325
640	335

Beban (KN)	Perpendekan (x 0,001 mm)
660	344
680	356
700	367
720	379
740	380
760	398
780	408
800	417
820	428
840	439
860	450
880	462
900	471
920	484
940	495
960	507
980	518
1000	535
1020	
1040	
1060	
1080	
1100	
1120	
1140	
1160	
1180	
1200	
1220	
1240	
1260	
1280	

Kelemahan: 1000



'99.11.29.13:54:14

0T
[M] 000 + 0.000 mm
[M] 001 + 0.000 mm

'99.11.29.13:54:37

10T
[M] 000 - 0.047 mm
[M] 001 + 0.006 mm

'99.11.29.13:54:44

20T
[M] 000 - 0.080 mm
[M] 001 + 0.003 mm

'99.11.29.13:54:50

30T
[M] 000 - 0.113 mm
[M] 001 - 0.012 mm

'99.11.29.13:54:56

40T
[M] 000 - 0.143 mm
[M] 001 - 0.032 mm

'99.11.29.13:55:02

50T
[M] 000 - 0.171 mm
[M] 001 - 0.055 mm

'99.11.29.13:55:07

60T
[M] 000 - 0.200 mm
[M] 001 - 0.078 mm

'99.11.29.13:55:13

70T
[M] 000 - 0.229 mm
[M] 001 - 0.101 mm

'99.11.29.13:55:18

80T
[M] 000 - 0.260 mm
[M] 001 - 0.126 mm

'99.11.29.13:55:35

82T
[M] 000 - 0.271 mm
[M] 001 - 0.133 mm

'99.11.29.13:55:40

84T
[M] 000 - 0.277 mm
[M] 001 - 0.139 mm

'99.11.29.13:55:43

86T
[M] 000 - 0.283 mm
[M] 001 - 0.143 mm

'99.11.29.13:55:46

88T
[M] 000 - 0.291 mm
[M] 001 - 0.149 mm

'99.11.29.13:55:48

90T
[M] 000 - 0.297 mm
[M] 001 - 0.154 mm

'99.11.29.13:55:50

92T
[M] 000 - 0.314 mm
[M] 001 - 0.155 mm

'99.11.29.13:55:55

92.2T
[M] 000 - 0.234 mm
[M] 001 + 0.468 mm

$P_{max} = 92200 \text{ kg}$

'99.11.29.13:00:42

[M] 000 + 0.079 mm
[M] 001 - 0.387 mm

66T

'99.11.29.13:01:26

[M] 000 + 0.044 mm
[M] 001 - 0.480 mm

90T

'99.11.29.13:00:48

[M] 000 + 0.076 mm
[M] 001 - 0.395 mm

68T

'99.11.29.13:01:29

[M] 000 + 0.041 mm
[M] 001 - 0.489 mm

92T

'99.11.29.12:59:17

[M] 000 + 0.000 mm
[M] 001 + 0.000 mm

0T

'99.11.29.13:00:52

[M] 000 + 0.073 mm
[M] 001 - 0.402 mm

70T

'99.11.29.13:01:33

[M] 000 + 0.037 mm
[M] 001 - 0.498 mm

94T

'99.11.29.12:59:39

[M] 000 + 0.054 mm
[M] 001 - 0.100 mm

10T

'99.11.29.13:00:56

[M] 000 + 0.071 mm
[M] 001 - 0.410 mm

72T

'99.11.29.13:01:37

[M] 000 + 0.035 mm
[M] 001 - 0.508 mm

96T

'99.11.29.12:59:46

[M] 000 + 0.088 mm
[M] 001 - 0.174 mm

20T

'99.11.29.13:00:59

[M] 000 + 0.068 mm
[M] 001 - 0.418 mm

74T

'99.11.29.13:01:40

[M] 000 + 0.032 mm
[M] 001 - 0.518 mm

98T

'99.11.29.12:59:54

[M] 000 + 0.099 mm
[M] 001 - 0.231 mm

30T

'99.11.29.13:01:02

[M] 000 + 0.065 mm
[M] 001 - 0.425 mm

76T

'99.11.29.13:01:44

[M] 000 + 0.030 mm
[M] 001 - 0.530 mm

100T

'99.11.29.13:00:02

[M] 000 + 0.100 mm
[M] 001 - 0.278 mm

40T

'99.11.29.13:01:06

[M] 000 + 0.062 mm
[M] 001 - 0.432 mm

78T

'99.11.29.13:01:48

[M] 000 + 0.026 mm
[M] 001 - 0.541 mm

102T

'99.11.29.13:00:10

[M] 000 + 0.094 mm
[M] 001 - 0.322 mm

50T

'99.11.29.13:01:09

[M] 000 + 0.060 mm
[M] 001 - 0.440 mm

80T

'99.11.29.13:01:51

[M] 000 + 0.026 mm
[M] 001 - 0.557 mm

104T

'99.11.29.13:00:18

[M] 000 + 0.086 mm
[M] 001 - 0.363 mm

60T

'99.11.29.13:01:12

[M] 000 + 0.056 mm
[M] 001 - 0.448 mm

82T

'99.11.29.13:01:55

[M] 000 + 0.024 mm
[M] 001 - 0.569 mm

106T

'99.11.29.13:00:20

[M] 000 + 0.084 mm
[M] 001 - 0.371 mm

62T

'99.11.29.13:01:16

[M] 000 + 0.053 mm
[M] 001 - 0.456 mm

84T

'99.11.29.13:01:59

[M] 000 + 0.024 mm
[M] 001 - 0.591 mm

108T

'99.11.29.13:00:23

~~[M] 000 + 0.084 mm~~
~~[M] 001 - 0.371 mm~~

'99.11.29.13:01:19

[M] 000 + 0.049 mm
[M] 001 - 0.464 mm

86T

'99.11.29.13:02:04

[M] 000 + 0.118 mm
[M] 001 - 0.859 mm

109T

'99.11.29.13:00:36

[M] 000 + 0.081 mm
[M] 001 - 0.380 mm

64T

'99.11.29.13:01:23

[M] 000 + 0.046 mm
[M] 001 - 0.472 mm

88T

Pinax = 109 T

1999.11.29.12:10:19

66T

[M] 000 - 0.406 mm
[M] 001 + 0.089 mm

1999.11.29.12:10:22

68T

[M] 000 - 0.413 mm
[M] 001 + 0.082 mm

1999.11.29.12:08:48

0T

[M] 000 + 0.000 mm
[M] 001 - 0.000 mm

1999.11.29.12:09:13

10T

[M] 000 - 0.110 mm
[M] 001 + 0.096 mm

1999.11.29.12:09:27

20T

[M] 000 - 0.191 mm
[M] 001 + 0.150 mm

1999.11.29.12:09:39

30T

[M] 000 - 0.252 mm
[M] 001 + 0.162 mm

1999.11.29.12:09:50

40T

[M] 000 - 0.305 mm
[M] 001 + 0.156 mm

1999.11.29.12:09:59

50T

[M] 000 - 0.349 mm
[M] 001 + 0.138 mm

1999.11.29.12:10:08

60T

[M] 000 - 0.388 mm
[M] 001 + 0.110 mm

1999.11.29.12:10:09

62T

[M] 000 - 0.395 mm
[M] 001 + 0.104 mm

1999.11.29.12:10:14

64T

[M] 000 - 0.401 mm
[M] 001 + 0.097 mm

1999.11.29.12:10:26

70T

[M] 000 - 0.421 mm
[M] 001 + 0.075 mm

1999.11.29.12:10:30

72T

[M] 000 - 0.429 mm
[M] 001 + 0.069 mm

1999.11.29.12:10:34

74T

[M] 000 - 0.437 mm
[M] 001 + 0.062 mm

1999.11.29.12:10:38

76T

[M] 000 - 0.447 mm
[M] 001 + 0.055 mm

1999.11.29.12:10:42

78T

[M] 000 - 0.456 mm
[M] 001 + 0.048 mm

1999.11.29.12:10:46

80T

[M] 000 - 0.465 mm
[M] 001 + 0.040 mm

1999.11.29.12:10:55

818T

[M] 000 - 0.436 mm
[M] 001 + 0.011 mm

1999.11.29.12:10:57

[M] 000 - ~~0.214~~ mm
[M] 001 + ~~0.069~~ mm

$P_{max} = 81800 \text{ kg}$

199.11.29.12:15:01

[M] 000 - 0.039 mm
[M] 001 - 0.288 mm

199.11.29.12:15:04

[M] 000 - 0.045 mm
[M] 001 - 0.293 mm

199.11.29.12:13:30

[M] 000 + 0.000 mm
[M] 001 + 0.000 mm

199.11.29.12:13:52

[M] 000 + 0.000 mm
[M] 001 - 0.074 mm

199.11.29.12:14:01

[M] 000 + 0.000 mm
[M] 001 - 0.131 mm

199.11.29.12:14:08

[M] 000 + 0.000 mm
[M] 001 - 0.174 mm

199.11.29.12:14:15

[M] 000 + 0.000 mm
[M] 001 - 0.208 mm

199.11.29.12:14:21

[M] 000 + 0.000 mm
[M] 001 - 0.238 mm

199.11.29.12:14:28

[M] 000 - 0.008 mm
[M] 001 - 0.265 mm

199.11.29.12:14:49

[M] 000 - 0.019 mm
[M] 001 - 0.270 mm

199.11.29.12:14:52

[M] 000 - 0.022 mm
[M] 001 - 0.274 mm

199.11.29.12:14:55

[M] 000 - 0.027 mm
[M] 001 - 0.279 mm

199.11.29.12:14:58

[M] 000 - 0.031 mm
[M] 001 - 0.283 mm

199.11.29.12:15:07

[M] 000 - 0.052 mm
[M] 001 - 0.297 mm

199.11.29.12:15:11

[M] 000 - 0.061 mm
[M] 001 - 0.302 mm

199.11.29.12:15:13

[M] 000 - 0.067 mm
[M] 001 - 0.305 mm

199.11.29.12:15:16

[M] 000 - 0.075 mm
[M] 001 - 0.308 mm

199.11.29.12:15:20

[M] 000 - 0.084 mm
[M] 001 - 0.311 mm

199.11.29.12:15:23

[M] 000 - 0.092 mm
[M] 001 - 0.314 mm

199.11.29.12:15:27

[M] 000 - 0.102 mm
[M] 001 - 0.316 mm

199.11.29.12:15:30

[M] 000 - 0.111 mm
[M] 001 - 0.316 mm

199.11.29.12:15:34

[M] 000 - 0.125 mm
[M] 001 - 0.311 mm

199.11.29.12:15:38

[M] 000 - 0.152 mm
[M] 001 - 0.477 mm

$P_{max} = 90400 \text{ kg}$

199.11.29.14:03:02
82 T
[M] 000 + 0.136 mm
[M] 001 - 0.508 mm

199.11.29.14:02:45
64 T
[M] 000 + 0.181 mm
[M] 001 - 0.451 mm

199.11.29.14:03:04
84 T
[M] 000 + 0.131 mm
[M] 001 - 0.514 mm

11.29.14:02:00
0 T
000 + 0.000 mm
001 + 0.000 mm

199.11.29.14:02:47
66 T
[M] 000 + 0.176 mm
[M] 001 - 0.458 mm

199.11.29.14:03:05
86 T
[M] 000 + 0.126 mm
[M] 001 - 0.520 mm

11.29.14:02:13
10 T
000 + 0.122 mm
001 - 0.139 mm

199.11.29.14:02:49
68 T
[M] 000 + 0.171 mm
[M] 001 - 0.465 mm

199.11.29.14:03:07
88 T
[M] 000 + 0.120 mm
[M] 001 - 0.527 mm

11.29.14:02:19
20 T
000 + 0.195 mm
001 - 0.240 mm

199.11.29.14:02:51
70 T
[M] 000 + 0.166 mm
[M] 001 - 0.471 mm

199.11.29.14:03:09
90 T
[M] 000 + 0.115 mm
[M] 001 - 0.533 mm

11.29.14:02:25
30 T
000 + 0.201 mm
001 - 0.313 mm

199.11.29.14:02:53
72 T
[M] 000 + 0.161 mm
[M] 001 - 0.477 mm

199.11.29.14:03:11
92 T
[M] 000 + 0.109 mm
[M] 001 - 0.541 mm

11.29.14:02:30
40 T
000 + 0.201 mm
001 - 0.364 mm

199.11.29.14:02:55
74 T
[M] 000 + 0.156 mm
[M] 001 - 0.483 mm

199.11.29.14:03:12
94 T
[M] 000 + 0.103 mm
[M] 001 - 0.547 mm

11.29.14:02:35
50 T
000 + 0.201 mm
001 - 0.405 mm

199.11.29.14:02:56
76 T
[M] 000 + 0.151 mm
[M] 001 - 0.489 mm

199.11.29.14:03:14
~~96 T~~
~~[M] 000 + 0.098 mm~~
~~[M] 001 - 0.555 mm~~

11.29.14:02:40
60 T
000 + 0.190 mm
001 - 0.438 mm

199.11.29.14:02:58
78 T
[M] 000 + 0.146 mm
[M] 001 - 0.495 mm

199.11.29.14:03:16
96 T
[M] 000 + 0.092 mm
[M] 001 - 0.564 mm

11.29.14:02:43
62 T
000 + 0.185 mm
001 - 0.444 mm

199.11.29.14:03:00
80 T
[M] 000 + 0.141 mm
[M] 001 - 0.501 mm

199.11.29.14:03:17
96,6 T
[M] 000 + 0.094 mm
[M] 001 - 0.610 mm

$P_{max} = 99600 \text{ kg}$

1999.11.29.13:41:38

0 T

[M] 000 + 0.000 mm
[M] 001 + 0.000 mm

1999.11.29.13:42:16

10 T

[M] 000 + 0.007 mm
[M] 001 - 0.049 mm

1999.11.29.13:42:36

20 T

[M] 000 - 0.004 mm
[M] 001 - 0.074 mm

1999.11.29.13:42:44

30 T

[M] 000 - 0.024 mm
[M] 001 - 0.100 mm

1999.11.29.13:42:51

40 T

[M] 000 - 0.045 mm
[M] 001 - 0.122 mm

1999.11.29.13:42:57

50 T

[M] 000 - 0.067 mm
[M] 001 - 0.146 mm

1999.11.29.13:43:04

60 T

[M] 000 - 0.089 mm
[M] 001 - 0.169 mm

1999.11.29.13:43:06

62 T

[M] 000 - 0.094 mm
[M] 001 - 0.175 mm

1999.11.29.13:43:08

64 T

[M] 000 - 0.098 mm
[M] 001 - 0.180 mm

1999.11.29.13:43:10

66 T

[M] 000 - 0.102 mm
[M] 001 - 0.185 mm

1999.11.29.13:43:11

68 T

[M] 000 - 0.107 mm
[M] 001 - 0.189 mm

1999.11.29.13:43:13

70 T

[M] 000 - 0.111 mm
[M] 001 - 0.194 mm

1999.11.29.13:43:15

72 T

[M] 000 - 0.116 mm
[M] 001 - 0.199 mm

1999.11.29.13:43:17

74 T

[M] 000 - 0.121 mm
[M] 001 - 0.204 mm

1999.11.29.13:43:19

76 T

[M] 000 - 0.126 mm
[M] 001 - 0.210 mm

1999.11.29.13:43:21

78 T

[M] 000 - 0.130 mm
[M] 001 - 0.215 mm

1999.11.29.13:43:23

80 T

[M] 000 - 0.135 mm
[M] 001 - 0.221 mm

1999.11.29.13:43:26

82 T

[M] 000 - 0.140 mm
[M] 001 - 0.226 mm

1999.11.29.13:43:28

84 T

[M] 000 - 0.146 mm
[M] 001 - 0.233 mm

1999.11.29.13:43:30

86 T

[M] 000 - 0.151 mm
[M] 001 - 0.238 mm

1999.11.29.13:43:32

88 T

[M] 000 - 0.155 mm
[M] 001 - 0.243 mm

1999.11.29.13:43:34

90 T

[M] 000 - 0.160 mm
[M] 001 - 0.248 mm

1999.11.29.13:44:00

114 T

[M] 000 - 0.224 mm
[M] 001 - 0.321 mm

1999.11.29.13:43:35

92 T

[M] 000 - 0.164 mm
[M] 001 - 0.253 mm

1999.11.29.13:44:03

116 T

[M] 000 - 0.231 mm
[M] 001 - 0.329 mm

1999.11.29.13:43:38

94 T

[M] 000 - 0.169 mm
[M] 001 - 0.259 mm

1999.11.29.13:44:05

118 T

[M] 000 - 0.235 mm
[M] 001 - 0.334 mm

1999.11.29.13:43:40

96 T

[M] 000 - 0.175 mm
[M] 001 - 0.264 mm

1999.11.29.13:44:08

120 T

[M] 000 - 0.242 mm
[M] 001 - 0.343 mm

1999.11.29.13:43:42

98 T

[M] 000 - 0.180 mm
[M] 001 - 0.270 mm

1999.11.29.13:44:11

122 T

[M] 000 - 0.248 mm
[M] 001 - 0.349 mm

1999.11.29.13:43:44

100 T

[M] 000 - 0.185 mm
[M] 001 - 0.276 mm

1999.11.29.13:44:13

124 T

[M] 000 - 0.253 mm
[M] 001 - 0.356 mm

1999.11.29.13:43:46

102 T

[M] 000 - 0.191 mm
[M] 001 - 0.283 mm

1999.11.29.13:44:17

126 T

[M] 000 - 0.261 mm
[M] 001 - 0.369 mm

1999.11.29.13:43:48

104 T

[M] 000 - 0.196 mm
[M] 001 - 0.288 mm

1999.11.29.13:44:20

128 T

[M] 000 - 0.267 mm
[M] 001 - 0.381 mm

1999.11.29.13:43:51

106 T

[M] 000 - 0.201 mm
[M] 001 - 0.294 mm

1999.11.29.13:44:23

130 T

[M] 000 - 0.270 mm
[M] 001 - 0.400 mm

1999.11.29.13:43:53

108 T

[M] 000 - 0.207 mm
[M] 001 - 0.300 mm

1999.11.29.13:44:27

130.6 T

[M] 000 - 0.275 mm
[M] 001 - 0.446 mm

1999.11.29.13:43:55

110 T

[M] 000 - 0.212 mm
[M] 001 - 0.306 mm

1999.11.29.13:44:29

[M] 000 - ~~0.030~~ mm
[M] 001 - ~~0.045~~ mm

1999.11.29.13:43:57

112 T

Penal = 130600 kg

199.11.30.10:50:11

68 T

[M] 000 - 0.127 mm
[M] 001 - 0.238 mm

199.11.30.10:50:36

94 T

[M] 000 - 0.209 mm
[M] 001 - 0.319 mm

199.11.30.10:50:13

70 T

[M] 000 - 0.134 mm
[M] 001 - 0.244 mm

199.11.30.10:50:39

96 T

[M] 000 - 0.216 mm
[M] 001 - 0.327 mm

199.11.30.10:50:15

72 T

[M] 000 - 0.139 mm
[M] 001 - 0.250 mm

199.11.30.10:50:41

98 T

[M] 000 - 0.223 mm
[M] 001 - 0.334 mm

199.11.30.10:48:28

0 T

[M] 000 + 0.000 mm
[M] 001 + 0.000 mm

199.11.30.10:50:17

74 T

[M] 000 - 0.145 mm
[M] 001 - 0.255 mm

199.11.30.10:50:43

100 T

[M] 000 - 0.229 mm
[M] 001 - 0.341 mm

199.11.30.10:49:15

10 T

[M] 000 + 0.005 mm
[M] 001 - 0.056 mm

199.11.30.10:50:19

76 T

[M] 000 - 0.152 mm
[M] 001 - 0.262 mm

199.11.30.10:50:45

102 T

[M] 000 - 0.236 mm
[M] 001 - 0.350 mm

199.11.30.10:49:27

20 T

[M] 000 - 0.000 mm
[M] 001 - 0.098 mm

199.11.30.10:50:21

78 T

[M] 000 - 0.158 mm
[M] 001 - 0.268 mm

199.11.30.10:50:47

104 T

[M] 000 - 0.243 mm
[M] 001 - 0.357 mm

199.11.30.10:49:37

30 T

[M] 000 - 0.021 mm
[M] 001 - 0.132 mm

199.11.30.10:50:23

80 T

[M] 000 - 0.164 mm
[M] 001 - 0.274 mm

199.11.30.10:50:49

106 T

[M] 000 - 0.250 mm
[M] 001 - 0.365 mm

199.11.30.10:49:46

40 T

[M] 000 - 0.048 mm
[M] 001 - 0.160 mm

199.11.30.10:50:25

82 T

[M] 000 - 0.170 mm
[M] 001 - 0.280 mm

199.11.30.10:50:51

108 T

[M] 000 - 0.258 mm
[M] 001 - 0.374 mm

199.11.30.10:49:55

50 T

[M] 000 - 0.076 mm
[M] 001 - 0.187 mm

199.11.30.10:50:27

84 T

[M] 000 - 0.176 mm
[M] 001 - 0.286 mm

199.11.30.10:50:54

110 T

[M] 000 - 0.265 mm
[M] 001 - 0.383 mm

199.11.30.10:50:04

60 T

[M] 000 - 0.105 mm
[M] 001 - 0.216 mm

199.11.30.10:50:29

86 T

[M] 000 - 0.182 mm
[M] 001 - 0.292 mm

199.11.30.10:50:56

112 T

[M] 000 - 0.274 mm
[M] 001 - 0.401 mm

199.11.30.10:50:06

62 T

[M] 000 - 0.110 mm
[M] 001 - 0.221 mm

199.11.30.10:50:30

88 T

[M] 000 - 0.189 mm
[M] 001 - 0.299 mm

199.11.30.10:51:00

[M] 000 - 2.010 mm
[M] 001 + 1.170 mm

199.11.30.10:50:08

64 T

[M] 000 - 0.116 mm
[M] 001 - 0.226 mm

199.11.30.10:50:32

90 T

[M] 000 - 0.195 mm
[M] 001 - 0.305 mm

$P_{max} = 111700 \text{ kg}$

199.11.30.10:50:10

66 T

199.11.30.10:50:34

92 T

199.11.30.10:35:28
 OT
 [M] 000 + 0.000 mm
 [M] 001 - 0.000 mm

 199.11.30.10:36:15
 10 T
 [M] 000 + 0.100 mm
 [M] 001 - 0.148 mm

 199.11.30.10:36:30
 20 T
 [M] 000 + 0.199 mm
 [M] 001 - 0.279 mm

 199.11.30.10:36:43
 30 T
 [M] 000 + 0.234 mm
 [M] 001 - 0.369 mm

 199.11.30.10:36:55
 40 T
 [M] 000 + 0.241 mm
 [M] 001 - 0.436 mm

 199.11.30.10:37:07
 50 T
 [M] 000 + 0.228 mm
 [M] 001 - 0.493 mm

 199.11.30.10:37:18
 60 T
 [M] 000 + 0.211 mm
 [M] 001 - 0.542 mm

 199.11.30.10:37:21
 62 T
 [M] 000 + 0.206 mm
 [M] 001 - 0.554 mm

199.11.30.10:37:23
 64 T
 [M] 000 + 0.203 mm
 [M] 001 - 0.562 mm

 199.11.30.10:37:25
 66 T
 [M] 000 + 0.199 mm
 [M] 001 - 0.570 mm

 199.11.30.10:37:28
 68 T
 [M] 000 + 0.195 mm
 [M] 001 - 0.579 mm

 199.11.30.10:37:30
 70 T
 [M] 000 + 0.191 mm
 [M] 001 - 0.587 mm

 199.11.30.10:37:33
 72 T
 [M] 000 + 0.186 mm
 [M] 001 - 0.598 mm

 199.11.30.10:37:36
 74 T
 [M] 000 + 0.182 mm
 [M] 001 - 0.607 mm

 199.11.30.10:37:39
 76 T
 [M] 000 + 0.175 mm
 [M] 001 - 0.616 mm

 199.11.30.10:37:43
~~[M] 000 + 0.160 mm~~
~~[M] 001 - 0.628 mm~~

 199.11.30.10:37:47
 78 T
 [M] 000 + 0.090 mm
 [M] 001 - 0.510 mm

 199.11.30.10:37:57
 78,3 T
 [M] 000 - 0.364 mm
 [M] 001 + 0.229 mm

Pmax = 78300 kg

	1999.11.30.10:14:25	1999.11.30.10:14:55
	70T	92T
	[M] 000 - 0.139 mm	[M] 000 - 0.206 mm
	[M] 001 - 0.149 mm	[M] 001 - 0.205 mm
	1999.11.30.10:14:28	1999.11.30.10:14:58
	72T	94T
	[M] 000 - 0.145 mm	[M] 000 - 0.212 mm
	[M] 001 - 0.155 mm	[M] 001 - 0.210 mm
1999.11.30.10:12:47	1999.11.30.10:14:30	1999.11.30.10:15:01
0T	74T	96T
[M] 000 + 0.000 mm	[M] 000 - 0.152 mm	[M] 000 - 0.219 mm
[M] 001 + 0.000 mm	[M] 001 - 0.160 mm	[M] 001 - 0.215 mm
1999.11.30.10:13:14	1999.11.30.10:14:33	1999.11.30.10:15:04
10T	76T	98T
[M] 000 + 0.000 mm	[M] 000 - 0.157 mm	[M] 000 - 0.225 mm
[M] 001 - 0.000 mm	[M] 001 - 0.165 mm	[M] 001 - 0.220 mm
1999.11.30.10:13:24	1999.11.30.10:14:36	1999.11.30.10:15:07
20T	78T	100T
[M] 000 - 0.006 mm	[M] 000 - 0.165 mm	[M] 000 - 0.232 mm
[M] 001 - 0.026 mm	[M] 001 - 0.171 mm	[M] 001 - 0.224 mm
1999.11.30.10:13:36	1999.11.30.10:14:38	1999.11.30.10:15:10
30T	80T	102T
[M] 000 - 0.026 mm	[M] 000 - 0.169 mm	[M] 000 - 0.238 mm
[M] 001 - 0.056 mm	[M] 001 - 0.175 mm	[M] 001 - 0.229 mm
1999.11.30.10:13:48	1999.11.30.10:14:42	1999.11.30.10:15:14
40T	82T	104T
[M] 000 - 0.054 mm	[M] 000 - 0.176 mm	[M] 000 - 0.248 mm
[M] 001 - 0.080 mm	[M] 001 - 0.181 mm	[M] 001 - 0.230 mm
1999.11.30.10:14:00	1999.11.30.10:14:44	1999.11.30.10:15:19
50T	84T	106T
[M] 000 - 0.083 mm	[M] 000 - 0.182 mm	[M] 000 - 0.261 mm
[M] 001 - 0.103 mm	[M] 001 - 0.185 mm	[M] 001 - 0.227 mm
1999.11.30.10:14:13	1999.11.30.10:14:47	1999.11.30.10:15:23
60T	86T	108T
[M] 000 - 0.112 mm	[M] 000 - 0.188 mm	[M] 000 - 0.272 mm
[M] 001 - 0.127 mm	[M] 001 - 0.190 mm	[M] 001 - 0.213 mm
1999.11.30.10:14:17	1999.11.30.10:14:50	1999.11.30.10:15:29
64T	88T	
[M] 000 - 0.122 mm	[M] 000 - 0.193 mm	[M] 000 - 0.099 mm
[M] 001 - 0.135 mm	[M] 001 - 0.195 mm	[M] 001 - 0.126 mm
1999.11.30.10:14:22	1999.11.30.10:14:52	
68T	90T	
[M] 000 - 0.133 mm	[M] 000 - 0.197 mm	
[M] 001 - 0.140 mm	[M] 001 - 0.200 mm	

P_{max} = 109500 kg

Tabel : Tegangan dan Regangan yang terjadi

SAMPSEL 1			SAMPSEL 2			SAMPSEL 3			SAMPSEL 4			SAMPSEL 5		
NO.	Teg (MPa)	Regangan	NO.	Teg (MPa)	Regangan	NO.	Teg (MPa)	Regangan	NO.	Teg (MPa)	Regangan	NO.	Teg (MPa)	Regangan
1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
2	5,76114	0,000174	2	5,586971	5,07E-05	2	5,631637	5,07E-05	2	5,71494	0,000149	2	5,661713	0,00014
3	11,52228	0,00029	3	11,17394	0,000149	3	11,26327	0,000127	3	11,4299	0,000279	3	11,32343	0,00025
4	17,28342	0,000489	4	16,76091	0,000326	4	16,89491	0,000246	4	17,0532	0,000453	4	16,98514	0,00041
5	23,04456	0,000707	5	22,34789	0,00054	5	22,52655	0,000348	5	22,7376	0,000634	5	22,64685	0,00059
6	28,8057	0,00096	6	27,93486	0,000764	6	28,15819	0,000464	6	28,422	0,000819	6	28,30856	0,00075
7	34,56684	0,0012	7	33,52183	0,001007	7	33,78982	0,000598	7	34,1064	0,001007	7	33,97028	0,0009
8	35,71907	0,001261	8	34,63922	0,001054	8	34,91615	0,000616	8	40,0046	0,001196	8	35,10262	0,00094
9	36,87129	0,001315	9	35,75662	0,001101	9	36,04248	0,000667	9	45,7195	0,001399	9	36,23496	0,00098
10	38,02352	0,001344	10	36,87401	0,001149	10	37,16881	0,000721	10	46,8625	0,001464	10	37,3673	0,00102
11	39,17575	0,001392	11	37,99141	0,001199	11	38,29513	0,000775	11	48,0055	0,001507	11	38,49965	0,00107
12	40,32798	0,001435	12	39,1088	0,001254	12	39,42146	0,000826	12	49,1485	0,001543	12	39,63199	0,00111
13	41,48021	0,001493	13	40,22619	0,001304	13	40,54779	0,000844	13	50,2915	0,001594	13	40,76433	0,00113
14	42,63243	0,00154	14	41,34359	0,001359	14	41,67412	0,000895	14	51,4344	0,001634	14	41,89667	0,00119
15	43,78466	0,001598	15	42,46098	0,00142	15	42,80044	0,000949	15	52,5774	0,001699	15	43,02902	0,00122
16	44,93689	0,001696	16	43,57838	0,001478	16	43,92677	0,000996	16	49,8484	0,0018	16	44,16136	0,00126
17	45,10972	0,001884	17	44,69577	0,00154	17	45,0531	0,001043	17	49,2403	0,002	17	45,2937	0,00132
18	42,06216	0,002	18	45,70143	0,001721	18	46,17943	0,001054	18	48,061	0,0022	18	46,42604	0,00135
19	41,02266	0,0022	19	42,63256	0,002	19	47,30575	0,001101	19	46,5066	0,0024	19	47,55839	0,00139
20	39,51304	0,0024	20	41,6478	0,0022	20	48,43208	0,001145	20	44,7282	0,0026	20	48,69073	0,00142
21	37,71009	0,0026	21	40,23497	0,0024	21	49,55841	0,001181	21	42,8365	0,0028	21	49,82307	0,00147
22	35,75212	0,0028	22	38,55448	0,0026	22	50,68474	0,001236	22	40,91	0,003	22	50,95541	0,00151
23	33,74075	0,003	23	36,72995	0,0028	23	50,91	0,001728	23	40,91	0,003	23	52,08776	0,00157
			24	34,85168	0,003	24	47,61177	0,002	24	47,61177	0,002	24	53,2201	0,00161
						25	46,49672	0,0022	25	46,49672	0,0022	25	54,35244	0,00171
						26	44,99172	0,0024	26	44,99172	0,0024	26	54,69214	0,00187
						27	43,24994	0,0026	27	43,24994	0,0026	27	51,33485	0,0020
						28	41,38532	0,0028	28	41,38532	0,0028	28	50,05971	0,0022
						29	39,4791	0,003	29	39,4791	0,003	29	48,42892	0,0024
												30	46,59092	0,0026
												31	44,65302	0,0028
												32	42,69003	0,003

Tabel : Tegangan dan Regangan yang terjadi

SAMPSEL 6			SAMPSEL 7			SAMPSEL 8			SAMPSEL 9			SAMPSEL 10		
NO	Teg (MPa)	Regangan	NO	Teg (MPa)	Regangan	NO	Teg (MPa)	Regangan	NO	Teg (MPa)	Regangan	NO	Teg (MPa)	Regangan
1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
2	5,624297	0,00016	2	5,60193	0,00015	2	5,609154	0,000167	2	5,6392	0,00014	2	5,616689	0
3	11,24859	0,00032	3	11,2039	0,000317	3	11,21831	0,000303	3	11,2784	0,0003	3	11,23338	0,000116
4	16,87289	0,00048	4	16,8058	0,0005	4	16,82746	0,00045	4	16,9176	0,00044	4	16,85007	0,000297
5	22,49719	0,00065	5	22,4077	0,00067	5	22,43662	0,000633	5	22,5568	0,00061	5	22,46676	0,000486
6	28,12148	0,00085	6	28,0096	0,000897	6	28,04577	0,000783	6	28,196	0,00077	6	28,08345	0,000674
7	33,74578	0,001	7	33,6116	0,00105	7	33,65492	0,00094	7	33,8352	0,00094	7	33,70014	0,000866
8	34,87064	0,00103	8	34,7319	0,001083	8	34,77676	0,000973	8	34,9631	0,00097	8	35,94681	0,000931
9	35,9955	0,00108	9	35,8523	0,001117	9	35,89859	0,001	9	36,0909	0,00101	9	38,19349	0,001007
10	37,12036	0,00111	10	36,9727	0,001147	10	37,02042	0,001023	10	37,2187	0,00104	10	39,31683	0,001043
11	38,24522	0,00115	11	38,0931	0,001187	11	38,14225	0,00105	11	38,3466	0,00108	11	40,44016	0,001087
12	39,37008	0,00118	12	39,2135	0,001223	12	39,26408	0,0011	12	39,4744	0,00112	12	41,5635	0,00113
13	40,49494	0,00121	13	40,3339	0,001263	13	40,38591	0,001133	13	40,6023	0,00115	13	42,68684	0,001167
14	41,6198	0,00125	14	41,4543	0,001297	14	41,50774	0,00114	14	41,7301	0,00118	14	43,81018	0,001217
15	42,74466	0,00129	15	42,5746	0,001327	15	42,62957	0,001177	15	42,8579	0,00122	15	44,93351	0,001246
16	43,86952	0,00131	16	43,695	0,00136	16	43,7514	0,001217	16	43,9858	0,00125	16	46,05685	0,001293
17	44,99438	0,00136	17	44,8154	0,00139	17	44,87323	0,00126	17	45,1136	0,00126	17	47,18019	0,00133
18	46,11924	0,00139	18	45,9358	0,001427	18	45,99506	0,001297	18	46,2415	0,0013	18	48,30353	0,00137
19	47,24409	0,00143	19	47,0562	0,001463	19	47,11689	0,001333	19	47,3693	0,00133	19	49,42687	0,001406
20	48,36895	0,00146	20	48,1766	0,0015	20	48,23873	0,00138	20	48,4972	0,00136	20	50,5502	0,001442
21	49,49381	0,00149	21	49,297	0,001537	21	49,36056	0,00142	21	49,625	0,00139	21	51,67354	0,001489
22	50,61867	0,00153	22	50,4173	0,00158	22	50,48239	0,00146	22	50,7528	0,00143	22	52,79688	0,001529
23	51,74353	0,00156	23	51,5377	0,001613	23	51,60422	0,0015	23	51,8807	0,00146	23	53,92022	0,001572
24	52,86839	0,0016	24	52,6581	0,00165	24	52,72605	0,00154	24	53,0085	0,0015	24	55,04356	0,001612
25	53,99325	0,00163	25	53,7785	0,001691	25	53,84788	0,001603	25	54,1364	0,00154	25	56,16689	0,001652
26	55,11811	0,00171	26	54,8989	0,001727	26	54,96971	0,001627	26	55,2642	0,00158	26	57,29023	0,001692
27	52,51149	0,0018	27	56,0193	0,001783	27	56,09154	0,001667	27	56,392	0,00161	27	58,41357	0,001732
28	51,76392	0,002	28	53,4681	0,0018	28	53,54312	0,0018	28	57,5199	0,00165	28	59,53691	0,001768
29	50,4686	0,0022	29	52,658	0,002	29	52,726	0,002	29	58,0838	0,00169	29	60,66024	0,001793
30	48,8223	0,0024	30	51,3072	0,0022	30	51,36817	0,0022	30	55,7234	0,0018	30	57,4704	0,002
31	46,97267	0,0026	31	49,6135	0,0024	31	49,66782	0,0024	31	54,7887	0,002	31	55,83801	0,0022
32	45,02618	0,0028	32	47,7243	0,0026	32	47,77242	0,0026	32	53,3411	0,0022	32	53,92044	0,0024
33	43,05672	0,003	33	45,7447	0,0028	33	45,7874	0,0028	33	51,5759	0,0024	33	51,85619	0,0026
			34	43,7477	0,003	34	43,78548	0,003	34	49,6355	0,0026	34	49,74043	0,0028
									35	47,62	0,0028	35	47,63649	0,003
									36	45,5976	0,003			

Tabel : Tegangan dan Regangan yang terjadi (rekomendasi)

SAMPSEL 1			SAMPSEL 2 :			SAMPSEL 3			SAMPSEL 4			SAMPSEL 5		
NO.	Teg (MPa)	Regangan	NO.	Teg (MPa)	Regangan	NO.	Teg (MPa)	Regangan	NO.	Teg (MPa)	Regangan	NO.	Teg (MPa)	Regangan
1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
2	5,76114	0,000174	2	5,586971	5,072E-05	2	5,631637	5,072E-05	2	5,714939	0,0001486	2	5,661713	0,00014
3	11,5223	0,00029	3	11,17394	0,0001486	3	11,26327	0,0001268	3	11,42988	0,000279	3	11,32343	0,000246
4	17,2834	0,000489	4	16,76091	0,0003261	4	16,89491	0,0002464	4	17,05321	0,0004529	4	16,98514	0,000406
5	23,0446	0,000707	5	22,34789	0,0005399	5	22,52655	0,0003478	5	22,73761	0,0006341	5	22,64685	0,000591
6	28,8057	0,00096	6	27,93486	0,0007645	6	28,15819	0,0004638	6	28,42201	0,0008188	6	28,30856	0,00075
7	34,5668	0,0012	7	33,52183	0,0010072	7	33,78982	0,0005978	7	34,10641	0,0010072	7	33,97028	0,000899
8	35,7191	0,001261	8	34,63922	0,0010543	8	34,91615	0,0006159	8	40,00457	0,0011957	8	35,10262	0,000939
9	36,8713	0,001315	9	35,75662	0,0011014	9	36,04248	0,0006667	9	45,71951	0,0013986	9	36,23496	0,000979
10	38,0235	0,001344	10	36,87401	0,0011486	10	37,16881	0,000721	10	46,8625	0,0014638	10	37,3673	0,001022
11	39,1758	0,001392	11	37,99141	0,0011993	11	38,29513	0,0007754	11	48,00549	0,0015072	11	38,49965	0,001065
12	40,328	0,001435	12	39,1088	0,0012536	12	39,42146	0,0008261	12	49,14847	0,0015435	12	39,63199	0,001105
13	41,4802	0,001493	13	40,22619	0,0013043	13	40,54779	0,0008442	13	50,29146	0,0015942	13	40,76433	0,001127
14	42,6324	0,00154	14	41,34359	0,0013587	14	41,67412	0,0008949	14	51,43445	0,0016341	14	41,89667	0,001185
15	43,7847	0,001598	15	42,46098	0,0014203	15	42,80044	0,0009493	15	52,57744	0,0016993	15	43,02902	0,001225
16	44,9369	0,001696	16	43,57838	0,0014783	16	43,92677	0,0009964	16	51,96518	0,0018	16	44,16136	0,001265
17	45,1097	0,001884	17	44,69577	0,0015399	17	45,0531	0,0010435	17	50,75279	0,002	17	45,2937	0,00132
18	44,4064	0,002	18	45,70143	0,001721	18	46,17943	0,0010543	18	49,5404	0,0022	18	46,42604	0,001348
19	43,1938	0,0022	19	44,19949	0,002	19	47,30575	0,0011014	19	48,328	0,0024	19	47,55839	0,001388
20	41,9811	0,0024	20	43,12284	0,0022	20	48,43208	0,0011449	20	47,11561	0,0026	20	48,69073	0,001421
21	40,7685	0,0026	21	42,04618	0,0024	21	49,55841	0,0011812	21	45,90322	0,0028	21	49,82307	0,001475
22	39,5559	0,0028	22	40,96953	0,0026	22	50,68474	0,0012355	22	44,69082	0,003	22	50,95541	0,001514
23	38,3433	0,003	23	39,89287	0,0028	23	50,91	0,0017283	23	44,69082	0,003	23	52,08776	0,001565
			24	38,81622	0,003	24	49,27704	0,002	24	49,27704	0,002	24	53,2201	0,001609
			25			25	48,07633	0,0022	25	48,07633	0,0022	25	54,35244	0,00171
			26			26	46,87562	0,0024	26	46,87562	0,0024	26	54,69214	0,00187
			27			27	45,67492	0,0026	27	45,67492	0,0026	27	53,74834	0,002
			28			28	44,47421	0,0028	28	44,47421	0,0028	28	52,29633	0,0022
			29			29	43,2735	0,003	29	43,2735	0,003	29	50,84433	0,0024
												30	49,39233	0,0026
												31	47,94032	0,0028
												32	46,48832	0,003

Tabel : Besarnya Tegangan dan Regangan yang terjadi (rekomendasi)

SAMPET 10

SAMPET 11

Tabel : Tegangan dan Regangan yang terjadi (rekomendasi)

SAMPET 6		
NO.	Teg (MPa)	Regangan
1	0	0
2	5,624297	0,000163
3	11,24859	0,000317
4	16,87289	0,000477
5	22,49719	0,00065
6	28,12148	0,00085
7	33,74578	0,001
8	34,87064	0,001033
9	35,9955	0,001083
10	37,12036	0,001107
11	38,24522	0,00115
12	39,37008	0,001177
13	40,49494	0,001213
14	41,6198	0,001253
15	42,74466	0,001287
16	43,86952	0,001313
17	44,99438	0,001357
18	46,11924	0,001387
19	47,24409	0,001427
20	48,36895	0,00146
21	49,49381	0,001487
22	50,61867	0,00153
23	51,74353	0,00156
24	52,86839	0,0016
25	53,99325	0,001633
26	55,11811	0,001707
27	53,24461	0,002
28	51,96576	0,0022
29	50,68692	0,0024
30	49,40808	0,0026
31	48,12924	0,0028
32	46,85039	0,003

SAMPET 7		
NO.	Teg (MPa)	Regangan
1	0	0
2	5,601927	0,00015
3	11,20385	0,0003167
4	16,80578	0,0005
5	22,40771	0,00067
6	28,00964	0,0008967
7	33,61156	0,00105
8	34,73195	0,0010833
9	35,85233	0,0011167
10	36,97272	0,0011467
11	38,0931	0,0011867
12	39,21349	0,0012233
13	40,33387	0,0012633
14	41,45426	0,0012967
15	42,57465	0,0013267
16	43,69503	0,00136
17	44,81542	0,00139
18	45,9358	0,0014267
19	47,05619	0,0014633
20	48,17657	0,0015
21	49,29696	0,0015367
22	50,41734	0,00158
23	51,53773	0,0016133
24	52,65811	0,00165
25	53,7785	0,0016907
26	54,89889	0,0017267
27	56,01927	0,0017833
28	55,90189	0,0018
29	54,52097	0,002
30	53,14005	0,0022
31	51,75914	0,0024
32	50,37822	0,0026
33	48,9973	0,0028
34	47,61638	0,003

SAMPET 8		
NO.	Teg (MPa)	Regangan
1	0	0
2	5,609154	0,000167
3	11,21831	0,000303
4	16,82746	0,00045
5	22,43662	0,000633
6	28,04577	0,000783
7	33,65492	0,00094
8	34,77676	0,000973
9	35,89859	0,001
10	37,02042	0,001023
11	38,14225	0,00105
12	39,26408	0,0011
13	40,38591	0,001133
14	41,50774	0,00114
15	42,62957	0,001177
16	43,7514	0,001217
17	44,87323	0,00126
18	45,99506	0,001297
19	47,11689	0,001333
20	48,23873	0,00138
21	49,36056	0,00142
22	50,48239	0,00146
23	51,60422	0,0015
24	52,72605	0,00154
25	53,84788	0,001603
26	54,96971	0,001627
27	56,09154	0,001667
28	55,25206	0,0018
29	53,98969	0,002
30	52,72731	0,0022
31	51,46493	0,0024
32	50,20256	0,0026
33	48,94018	0,0028
34	47,67781	0,003

SAMPET 9		
NO	Teg (MPa)	Regangan
1	0	0
2	5,639204	0,00014
3	11,27841	0,000297
4	16,91761	0,00044
5	22,55681	0,000607
6	28,19602	0,000773
7	33,83522	0,000937
8	34,96306	0,000967
9	36,0909	0,001007
10	37,21874	0,001037
11	38,34659	0,001083
12	39,47443	0,001117
13	40,60227	0,00115
14	41,73011	0,001183
15	42,85795	0,00122
16	43,98579	0,001247
17	45,11363	0,001257
18	46,24147	0,001297
19	47,36931	0,001327
20	48,49715	0,00136
21	49,62499	0,00139
22	50,75283	0,001427
23	51,88067	0,001463
24	53,00852	0,0015
25	54,13636	0,001537
26	55,2642	0,00158
27	56,39204	0,001613
28	57,51988	0,001651
29	58,64772	0,00169
30	57,35221	0,0018
31	56,02205	0,002
32	54,69188	0,0022
33	53,36172	0,0024
34	52,03156	0,0026
35	50,70139	0,0028
36	49,37123	0,003

SAMPET 10		
NO	Teg (MPa)	Regangan
1	0	0
2	5,616689	0
3	11,23338	0,000116
4	16,85007	0,000297
5	22,46676	0,000486
6	28,08345	0,000674
7	33,70014	0,000866
8	35,94681	0,000931
9	38,19349	0,001007
10	39,31683	0,001043
11	40,44016	0,001087
12	41,5635	0,00113
13	42,68684	0,001167
14	43,81018	0,001217
15	44,93351	0,001246
16	46,05685	0,001293
17	47,18019	0,00133
18	48,30353	0,00137
19	49,42687	0,001406
20	50,5502	0,001442
21	51,67354	0,001489
22	52,79688	0,001529
23	53,92022	0,001572
24	55,04356	0,001612
25	56,16689	0,001652
26	57,29023	0,001692
27	58,41357	0,001732
28	59,53691	0,001768
29	60,66024	0,001793
30	59,09976	0,002
31	57,59205	0,0022
32	56,08434	0,0024
33	54,57663	0,0026
34	53,06892	0,0028
35	51,5612	0,003

REGRESI POLINOMIAL DIAGRAM TEGANGAN REGANGAN NORMALISASI BETON

Regangan	Teg (MPa)	NORMALISASI						
x	y	x	y	x ²	x ³	x ⁴	xy	x ² y
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,000174	5,76114	0,092357	0,127714	0,00853	0,000788	7,28E-05	0,011795	0,001089
0,00029	11,52228	0,153928	0,255428	0,023694	0,003647	0,000561	0,039317	0,006052
0,000489	17,28342	0,259554	0,383142	0,067368	0,017486	0,004538	0,099446	0,025812
0,000707	23,04456	0,375	0,510856	0,140625	0,052734	0,019775	0,191571	0,071839
0,00096	28,8057	0,509554	0,63857	0,259645	0,132303	0,067416	0,325386	0,165802
0,0012	34,56684	0,636677	0,766284	0,405358	0,258082	0,164315	0,487875	0,310619
0,001261	35,71907	0,669321	0,791826	0,44799	0,299849	0,200695	0,529986	0,35473
0,001315	36,87129	0,697983	0,817369	0,48718	0,340044	0,237345	0,57051	0,398206
0,001344	38,02352	0,713376	0,842912	0,508905	0,363041	0,258984	0,601313	0,428962
0,001392	39,17575	0,738588	0,868455	0,545512	0,402909	0,297584	0,64143	0,473753
0,001435	40,32798	0,761677	0,893998	0,580152	0,441889	0,336577	0,680938	0,518655
0,001493	41,48021	0,792463	0,91954	0,627997	0,497665	0,394381	0,728702	0,577469
0,00154	42,63243	0,81741	0,945083	0,668159	0,546159	0,446436	0,77252	0,631465
0,001598	43,78466	0,848195	0,970626	0,719435	0,610222	0,517587	0,82328	0,698303
0,001696	44,93689	0,899947	0,996169	0,809904	0,728871	0,655945	0,896499	0,806801
0,001884	45,10972	1	1	1	1	1	1	1
0,018776	529,0455	9,96603	11,72797	7,300456	5,695688	4,602213	8,400568	6,469558

$$\begin{array}{l} \left. \begin{array}{ll} 7,300456 & 5,695688 \\ 5,695688 & 4,602213 \end{array} \right\} \begin{array}{l} a \\ b \end{array} = \left. \begin{array}{l} 8,400568 \\ 6,469558 \end{array} \right\} \end{array}$$

$$a = 1,57$$

$$b = - 0,57$$

$$\text{Persamaan garisnya : } G(x) = 1,57x - 0,57x^2$$

REGRESI POLINOMIAL DIAGRAM TEGANGAN REGANGAN NORMALISASI BETON

Teg (MPa)	Regangan	NORMALISASI		x ²	x ³	x ⁴	xy	x ² y
y	x	y	x					
0	0	0	0	0	0	0	0	0
5,586971	5,07E-05	0,122249	0,029474	0,000869	2,56E-05	7,55E-07	0,003603	0,000106
11,17394	0,000149	0,244499	0,086317	0,007451	0,000643	5,55E-05	0,021104	0,001822
16,76091	0,000326	0,366748	0,189475	0,035901	0,006802	0,001289	0,06949	0,013167
22,34789	0,00054	0,488998	0,313687	0,098399	0,030867	0,009682	0,153392	0,048117
27,93486	0,000764	0,611247	0,444214	0,197326	0,087655	0,038938	0,271525	0,120615
33,52183	0,001007	0,733496	0,585268	0,342539	0,200477	0,117333	0,429292	0,251251
34,63922	0,001054	0,757946	0,612637	0,375324	0,229937	0,140868	0,464346	0,284475
35,75662	0,001101	0,782396	0,640005	0,409607	0,262151	0,167778	0,500738	0,320475
36,87401	0,001149	0,806846	0,667374	0,445388	0,29724	0,198371	0,538468	0,35936
37,99141	0,001199	0,831296	0,696848	0,485597	0,338387	0,235805	0,579287	0,403675
39,1088	0,001254	0,855746	0,728427	0,530606	0,386508	0,281543	0,623348	0,454064
40,22619	0,001304	0,880196	0,757901	0,574414	0,435349	0,329952	0,667101	0,505597
41,34359	0,001359	0,904645	0,78948	0,623279	0,492067	0,388477	0,7142	0,563847
42,46098	0,00142	0,929095	0,82527	0,681071	0,562067	0,463857	0,766755	0,63278
43,57838	0,001478	0,953545	0,858955	0,737803	0,633739	0,544353	0,819052	0,703528
44,69577	0,00154	0,977995	0,894829	0,800718	0,716506	0,64115	0,875138	0,783098
45,70143	0,001721	1	1	1	1	1	1	1
559,7028	0,017417	12,24694	10,12016	7,346292	5,680421	4,559451	8,496838	6,445976

$$\begin{vmatrix} 7,346292 & 5,680421 \\ 5,680421 & 4,559451 \end{vmatrix} \begin{matrix} a \\ b \end{matrix} = \begin{vmatrix} 8,496838 \\ 6,445976 \end{vmatrix}$$

$$a = 1,74$$

$$b = -0,74$$

Persamaan garisnya : $G(x) = 1,74x - 0,74x^2$

REGRESI POLINOMIAL DIAGRAM TEGANGAN REGANGAN NORMALISASI BETON

Regangan	Teg (MPa)	NORMALISASI		x^2	x^3	x^4	xy	x^2y
x	y	x	y					
0	0	0	0	0	0	0	0	0
5,07E-05	5,631637	0,029355	0,110619	0,000862	2,53E-05	7,43E-07	0,003247	9,53E-05
0,000127	11,26327	0,073386	0,221239	0,005386	0,000395	2,9E-05	0,016236	0,001191
0,000246	16,89491	0,142579	0,331858	0,020329	0,002898	0,000413	0,047316	0,006746
0,000348	22,52655	0,201288	0,442478	0,040517	0,008156	0,001642	0,089066	0,017928
0,000464	28,15819	0,268384	0,553097	0,07203	0,019332	0,005188	0,148443	0,03984
0,000598	33,78982	0,345964	0,663717	0,119691	0,041409	0,014326	0,229622	0,079441
0,000616	34,91615	0,356448	0,685841	0,127055	0,045289	0,016143	0,244467	0,08714
0,000667	36,04248	0,385802	0,707965	0,148844	0,057424	0,022154	0,273134	0,105376
0,000721	37,16881	0,417254	0,730089	0,174101	0,072644	0,030311	0,304632	0,127109
0,000775	38,29513	0,448705	0,752212	0,201336	0,090341	0,040536	0,337521	0,151448
0,000826	39,42146	0,47806	0,774336	0,228541	0,109256	0,052231	0,370179	0,176968
0,000844	40,54779	0,488543	0,79646	0,238675	0,116603	0,056966	0,389105	0,190095
0,000895	41,67412	0,517898	0,818584	0,268218	0,13891	0,071941	0,423943	0,219559
0,000949	42,80044	0,549349	0,840708	0,301785	0,165785	0,091074	0,461842	0,253713
0,000996	43,92677	0,576607	0,862832	0,332476	0,191708	0,11054	0,497515	0,286871
0,001043	45,0531	0,603865	0,884956	0,364653	0,220201	0,132972	0,534394	0,322701
0,001054	46,17943	0,610155	0,90708	0,372289	0,227154	0,138599	0,553459	0,337696
0,001101	47,30575	0,637413	0,929204	0,406295	0,258978	0,165076	0,592286	0,377531
0,001145	48,43208	0,662574	0,951327	0,439004	0,290873	0,192725	0,630325	0,417637
0,001181	49,55841	0,683541	0,973451	0,467229	0,31937	0,218303	0,665394	0,454824
0,001236	50,68474	0,714993	0,995575	0,511214	0,365515	0,26134	0,711829	0,508952
0,001728	50,91	1	1	1	1	1	1	1
0,017612	811,181	10,19216	15,93363	5,840528	3,742264	2,622509	8,523955	5,16286

$$\begin{vmatrix} 5,840528 & 3,742264 \\ 3,742264 & 2,622509 \end{vmatrix} \begin{matrix} a \\ b \end{matrix} = \begin{vmatrix} 8,523955 \\ 5,16286 \end{vmatrix}$$

$$a = 2,33$$

$$b = - 1,33$$

Persamaan garisnya : $G(x) = 2,33x - 1,33x^2$

REGRESI POLINOMIAL DIAGRAM TEGANGAN REGANGAN NORMALISASI BETON

Regangan	Teg (MPa)	NORMALISASI		X ²	X ³	X ⁴	XY	X ² Y
X	Y	X	Y					
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,000149	5,714939	0,087434	0,108696	0,007645	0,000668	5,84E-05	0,009504	0,000831
0,000279	11,42988	0,164206	0,217391	0,026964	0,004428	0,000727	0,035697	0,005862
0,000453	17,05321	0,266568	0,324345	0,071058	0,018942	0,005049	0,08646	0,023047
0,000634	22,73761	0,373195	0,432459	0,139274	0,051976	0,019397	0,161392	0,060231
0,000819	28,42201	0,481954	0,540574	0,23228	0,111948	0,053954	0,260532	0,125565
0,001007	34,10641	0,592847	0,648689	0,351467	0,208366	0,123529	0,384573	0,227993
0,001196	40,00457	0,703739	0,76087	0,495248	0,348525	0,245271	0,535453	0,376819
0,001399	45,71951	0,823161	0,869565	0,677594	0,557769	0,459134	0,715792	0,589212
0,001464	46,8625	0,861547	0,891304	0,742263	0,639494	0,550954	0,7679	0,661582
0,001507	48,00549	0,887137	0,913043	0,787013	0,698188	0,619389	0,809995	0,718577
0,001543	49,14847	0,908463	0,934783	0,825305	0,749759	0,681128	0,849215	0,77148
0,001594	50,29146	0,938318	0,956522	0,880441	0,826134	0,775177	0,897522	0,842161
0,001634	51,43445	0,961776	0,978261	0,925014	0,889656	0,85565	0,940868	0,904905
0,001699	52,57744	1	1	1	1	1	1	1
0,015377	503,5079	9,050345	9,576502	7,161566	6,105855	5,389418	7,454903	6,308265

$$\begin{vmatrix} 7,161566 & 6,105855 \\ 6,105855 & 5,389418 \end{vmatrix} \begin{matrix} a \\ b \end{matrix} = \begin{vmatrix} 7,454903 \\ 6,308265 \end{vmatrix}$$

$$a = 1,26$$

$$b = -0,26$$

Persamaan garisnya : $G(x) = 1,26 X - 0,26 X^2$

REGRESI POLINOMIAL DIAGRAM TEGANGAN REGANGAN NORMALISASI BETON

Regangan	Teg (MPa)	NORMALISASI						
x	y	x	y	x ²	x ³	x ⁴	xy	x ² y
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,00014	5,661713	0,074866	0,10352	0,005605	0,00042	3,14E-05	0,00775	0,00058
0,000246	11,32343	0,131551	0,207039	0,017306	0,002277	0,000299	0,02724	0,003583
0,000406	16,98514	0,217112	0,310559	0,047138	0,010234	0,002222	0,06743	0,014639
0,000591	22,64685	0,315775	0,414079	0,099714	0,031487	0,009943	0,13076	0,041289
0,00075	28,30856	0,40107	0,517598	0,160857	0,064515	0,025875	0,20759	0,083259
0,000899	33,97028	0,480481	0,621118	0,230862	0,110925	0,053297	0,29844	0,143393
0,000939	35,10262	0,501872	0,641822	0,251875	0,126409	0,063441	0,32211	0,161659
0,000979	36,23496	0,523262	0,662526	0,273803	0,143271	0,074968	0,34667	0,181402
0,001022	37,3673	0,546257	0,68323	0,298396	0,163001	0,08904	0,37322	0,203873
0,001065	38,49965	0,569519	0,703934	0,324352	0,184724	0,105204	0,4009	0,228322
0,001105	39,63199	0,590909	0,724638	0,349174	0,20633	0,121922	0,4282	0,253024
0,001127	40,76433	0,602674	0,745342	0,363216	0,218901	0,131926	0,4492	0,27072
0,001185	41,89667	0,63369	0,766046	0,401563	0,254466	0,161253	0,48544	0,307615
0,001225	43,02902	0,654813	0,78675	0,42878	0,280771	0,183852	0,51517	0,337342
0,001265	44,16136	0,676203	0,807454	0,457251	0,309194	0,209078	0,546	0,369209
0,00132	45,2937	0,705615	0,828157	0,497892	0,35132	0,247897	0,58436	0,412333
0,001348	46,42604	0,720856	0,848861	0,519633	0,37458	0,270018	0,61191	0,441096
0,001388	47,55839	0,741979	0,869565	0,550532	0,408483	0,303086	0,6452	0,478724
0,001421	48,69073	0,759626	0,890269	0,577031	0,438328	0,332965	0,67627	0,513713
0,001475	49,82307	0,788503	0,910973	0,621736	0,490241	0,386556	0,7183	0,566385
0,001514	50,95541	0,809626	0,931677	0,655494	0,530705	0,429672	0,75431	0,610708
0,001565	52,08776	0,836898	0,952381	0,700399	0,586163	0,490559	0,79705	0,667047
0,001609	53,2201	0,86016	0,973085	0,739876	0,636412	0,547416	0,83701	0,719962
0,00171	54,35244	0,914439	0,993789	0,836198	0,764651	0,699227	0,90876	0,831004
0,00187	54,69214	1	1	1	1	1	1	1
0,028158	978,6837	15,05775	17,89441	10,40868	7,687807	5,939749	12,1393	8,840883

$$\begin{vmatrix} 10,40868 & 7,687807 \\ 7,687807 & 5,939749 \end{vmatrix} \begin{matrix} a \\ b \end{matrix} = \begin{vmatrix} 12,1393 \\ 8,840883 \end{vmatrix}$$

$$a = 1,52$$

$$b = -0,52$$

Persamaan garisnya : $G(x) = 1,52 x - 0,52 x^2$

REGRESI POLINOMIAL DIAGRAM TEGANGAN REGANGAN NORMALISASI BETON

Regangan	Teg (MPa)	NORMALISASI		X^2	X^3	X^4	XY	X^2Y
X	Y	X	Y					
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,000163	5,624297	0,095684	0,102041	0,009156	0,000876	8,38E-05	0,009764	0,000934
0,000317	11,24859	0,185511	0,204082	0,034414	0,006384	0,001184	0,037859	0,007023
0,000477	16,87289	0,279242	0,306122	0,077976	0,021774	0,00608	0,085482	0,02387
0,00065	22,49719	0,380785	0,408163	0,144997	0,055213	0,021024	0,155422	0,059183
0,00085	28,12148	0,49795	0,510204	0,247954	0,123469	0,061481	0,254056	0,126507
0,001	33,74578	0,585823	0,612245	0,343189	0,201048	0,117778	0,358667	0,210116
0,001033	34,87064	0,605351	0,632653	0,366449	0,22183	0,134285	0,382977	0,231835
0,001083	35,9955	0,634642	0,653061	0,40277	0,255615	0,162224	0,41446	0,263034
0,001107	37,12036	0,648311	0,673469	0,420307	0,27249	0,176658	0,436618	0,283064
0,00115	38,24522	0,673697	0,693878	0,453867	0,305769	0,205995	0,467463	0,314928
0,001177	39,37008	0,689318	0,714286	0,47516	0,327537	0,225777	0,49237	0,3394
0,001213	40,49494	0,710799	0,734694	0,505235	0,35912	0,255262	0,522219	0,371193
0,001253	41,6198	0,734232	0,755102	0,539096	0,395821	0,290625	0,55442	0,407073
0,001287	42,74466	0,753759	0,77551	0,568153	0,42825	0,322797	0,584548	0,440608
0,001313	43,86952	0,769381	0,795918	0,591947	0,455433	0,350401	0,612364	0,471142
0,001357	44,99438	0,794767	0,816327	0,631654	0,502018	0,398987	0,648789	0,515636
0,001387	46,11924	0,812341	0,836735	0,659898	0,536063	0,435466	0,679714	0,55216
0,001427	47,24409	0,835774	0,857143	0,698519	0,583804	0,487928	0,716378	0,59873
0,00146	48,36895	0,855302	0,877551	0,731541	0,625688	0,535152	0,750571	0,641965
0,001487	49,49381	0,870924	0,897959	0,758508	0,660603	0,575334	0,782054	0,681109
0,00153	50,61867	0,896309	0,918367	0,80337	0,720068	0,645404	0,823141	0,737789
0,00156	51,74353	0,913884	0,938776	0,835184	0,763261	0,697532	0,857932	0,78405
0,0016	52,86839	0,937317	0,959184	0,878563	0,823492	0,771873	0,899059	0,842703
0,001633	53,99325	0,956844	0,979592	0,915551	0,87604	0,838234	0,937317	0,896866
0,001707	55,11811	1	1	1	1	1	1	1
0,02922	973,0034	17,11795	17,65306	13,09346	10,52166	8,717568	13,46365	10,80092

$$\begin{vmatrix} 13,78436 & 11,34936 \\ 11,34936 & 9,625115 \end{vmatrix} \begin{matrix} a \\ b \end{matrix} = \begin{vmatrix} 13,81473 \\ 11,36097 \end{vmatrix}$$

$$a = 1,07$$

$$b = -0,07$$

Persamaan garisnya : $G(x) = 1,07 X - 0,07 X^2$

REGRESI POLINOMIAL DIAGRAM TEGANGAN REGANGAN NORMALISASI BETON

Regangan	Teg (MPa)	NORMALISASI		X ²	X ³	X ⁴	XY	X ² Y
X	Y	X	Y					
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,00015	5,601927	0,084128	0,1	0,007077	0,000595	5,01E-05	0,008413	0,000708
0,000317	11,20385	0,177603	0,2	0,031543	0,005602	0,000995	0,035521	0,006309
0,0005	16,80578	0,280426	0,3	0,078639	0,022052	0,006184	0,084128	0,023592
0,00067	22,40771	0,375771	0,4	0,141204	0,05306	0,019939	0,150308	0,056482
0,000827	28,00964	0,463638	0,5	0,21496	0,099664	0,046208	0,231819	0,10748
0,001023	33,61156	0,573939	0,6	0,329406	0,189059	0,108508	0,344363	0,197644
0,001063	34,73195	0,596373	0,62	0,355661	0,212107	0,126495	0,369751	0,22051
0,001117	35,85233	0,626285	0,64	0,392233	0,24565	0,153847	0,400823	0,251029
0,001147	36,97272	0,643111	0,66	0,413592	0,265985	0,171058	0,424453	0,27297
0,001187	38,0931	0,665545	0,68	0,44295	0,294803	0,196205	0,452571	0,301206
0,001223	39,21349	0,68611	0,7	0,470746	0,322984	0,221602	0,480277	0,329522
0,00126	40,33387	0,706674	0,72	0,499388	0,352905	0,249389	0,508805	0,35956
0,0013	41,45426	0,729108	0,74	0,531599	0,387593	0,282597	0,53954	0,393383
0,001337	42,57465	0,749673	0,76	0,562009	0,421323	0,315855	0,569751	0,427127
0,001373	43,69503	0,770237	0,78	0,593266	0,456955	0,351964	0,600785	0,462747
0,00141	44,81542	0,790802	0,8	0,625368	0,494542	0,391085	0,632642	0,500294
0,001447	45,9358	0,811367	0,82	0,658316	0,534135	0,43338	0,665321	0,539819
0,001483	47,05619	0,831931	0,84	0,69211	0,575788	0,479016	0,698822	0,581372
0,001523	48,17657	0,854365	0,86	0,72994	0,623635	0,532813	0,734754	0,627748
0,00156	49,29696	0,87493	0,88	0,765502	0,669761	0,585994	0,769938	0,673642
0,001597	50,41734	0,895494	0,9	0,80191	0,718106	0,64306	0,805945	0,721719
0,001633	51,53773	0,916059	0,92	0,839164	0,768724	0,704197	0,842774	0,772031
0,00167	52,65811	0,936624	0,94	0,877264	0,821666	0,769592	0,880426	0,824628
0,001707	53,7785	0,957188	0,96	0,916209	0,876985	0,83944	0,918901	0,879561
0,001747	54,89889	0,979622	0,98	0,95966	0,940104	0,920947	0,96003	0,940467
0,001783	56,01927	1	1	1	1	1	1	1
0,032053	1025,153	17,97701	18,3	13,92972	11,35379	9,550417	14,11086	11,47155

$$\begin{vmatrix} 13,92972 & 11,35379 \\ 11,35379 & 9,550417 \end{vmatrix} \begin{matrix} a \\ b \end{matrix} = \begin{vmatrix} 14,11086 \\ 11,47155 \end{vmatrix}$$

$$a = 1,10$$

$$b = - 0,10$$

$$\text{Persamaan garisnya : } G(x) = 1,10 X - 0,10 X^2$$

REGRESI POLINOMIAL DIAGRAM TEGANGAN REGANGAN NORMALISASI BETON

Regangan	Teg (MPa)	NORMALISASI		X ²	X ³	X ⁴	XY	X ² Y
X	Y	X	Y					
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,000167	5,609154	0,09998	0,1	0,009996	0,000999	9,99E-05	0,009998	0,001
0,000303	11,21831	0,181964	0,2	0,033111	0,006025	0,001096	0,036393	0,006622
0,00045	16,82746	0,269946	0,3	0,072871	0,019671	0,00531	0,080984	0,021861
0,000633	22,43662	0,379924	0,4	0,144342	0,054839	0,020835	0,15197	0,057737
0,000783	28,04577	0,469906	0,5	0,220812	0,103761	0,048758	0,234953	0,110406
0,00094	33,65492	0,563887	0,6	0,317969	0,179299	0,101104	0,338332	0,190781
0,000973	34,77676	0,583883	0,62	0,34092	0,199057	0,116226	0,362008	0,21137
0,001	35,89859	0,59988	0,64	0,359856	0,21587	0,129496	0,383923	0,230308
0,001023	37,02042	0,613877	0,66	0,376845	0,231337	0,142012	0,405159	0,248718
0,00105	38,14225	0,629874	0,68	0,396741	0,249897	0,157404	0,428314	0,269784
0,0011	39,26408	0,659868	0,7	0,435426	0,287324	0,189596	0,461908	0,304798
0,001133	40,38591	0,679864	0,72	0,462215	0,314243	0,213643	0,489502	0,332795
0,00114	41,50774	0,683863	0,74	0,467669	0,319822	0,218714	0,506059	0,346075
0,001177	42,62957	0,705859	0,76	0,498237	0,351685	0,24824	0,536453	0,37866
0,001217	43,7514	0,729854	0,78	0,532687	0,388784	0,283755	0,569286	0,415496
0,00126	44,87323	0,755849	0,8	0,571307	0,431822	0,326392	0,604679	0,457046
0,001297	45,99506	0,777844	0,82	0,605042	0,470629	0,366076	0,637832	0,496134
0,001333	47,11689	0,79984	0,84	0,639744	0,511693	0,409272	0,671866	0,537385
0,00138	48,23873	0,827834	0,86	0,68531	0,567323	0,46965	0,711938	0,589366
0,00142	49,36056	0,85183	0,88	0,725614	0,618099	0,526515	0,74961	0,63854
0,00146	50,48239	0,875825	0,9	0,767069	0,671818	0,588395	0,788242	0,690362
0,0015	51,60422	0,89982	0,92	0,809676	0,728563	0,655575	0,827834	0,744902
0,00154	52,72605	0,923815	0,94	0,853435	0,788416	0,728351	0,868386	0,802229
0,001603	53,84788	0,961808	0,96	0,925074	0,889743	0,855762	0,923335	0,888071
0,001627	54,96971	0,975805	0,98	0,952195	0,929157	0,906675	0,956289	0,933151
0,001667	56,09154	1	1	1	1	1	1	1
0,029177	1026,475	17,5027	18,3	13,20416	10,52987	8,708953	13,73525	10,9036

$$\begin{vmatrix} 13,20416 & 10,52987 \\ 10,52987 & 8,708953 \end{vmatrix} \begin{matrix} a \\ b \end{matrix} = \begin{vmatrix} 13,73525 \\ 10,9036 \end{vmatrix}$$

$$a = 1,17$$

$$b = -0,17$$

Persamaan garisnya : $G(x) = 1,17 X - 0,17 X^2$

REGRESI POLINOMIAL DIAGRAM TEGANGAN REGANGAN NORMALISASI BETON

Regangan	Teg (MPa)	NORMALISASI						
X	Y	X	Y	X ²	X ³	X ⁴	XY	X ² Y
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,00014	5,639204	0,08284	0,097087	0,006863	0,000568	4,71E-05	0,008043	0,000666
0,000297	11,27841	0,175542	0,194175	0,030815	0,005409	0,00095	0,034086	0,005984
0,00044	16,91761	0,260355	0,291262	0,067785	0,017648	0,004595	0,075832	0,019743
0,000607	22,55681	0,358974	0,38835	0,128863	0,046258	0,016606	0,139408	0,050044
0,000773	28,19602	0,457594	0,485437	0,209392	0,095816	0,043845	0,222133	0,101647
0,000937	33,83522	0,554241	0,582524	0,307183	0,170253	0,094361	0,322859	0,178941
0,000967	34,96306	0,571992	0,601942	0,327175	0,187142	0,107043	0,344306	0,19694
0,001007	36,0909	0,595661	0,621359	0,354812	0,211347	0,125891	0,370119	0,220466
0,001037	37,21874	0,613412	0,640777	0,376275	0,230811	0,141583	0,39306	0,241108
0,001083	38,34659	0,641026	0,660194	0,410914	0,263406	0,16885	0,423201	0,271283
0,001117	39,47443	0,66075	0,679612	0,43659	0,288477	0,190611	0,449053	0,296712
0,00115	40,60227	0,680473	0,699029	0,463044	0,315089	0,21441	0,475671	0,323681
0,001183	41,73011	0,700197	0,718447	0,490276	0,34329	0,240371	0,503054	0,352237
0,00122	42,85795	0,721893	0,737864	0,52113	0,376201	0,271577	0,532659	0,384523
0,001247	43,98579	0,737673	0,757282	0,544161	0,401413	0,296111	0,558626	0,412083
0,001257	45,11363	0,74359	0,776699	0,552926	0,41115	0,305727	0,577545	0,429457
0,001297	46,24147	0,767258	0,796116	0,588685	0,451674	0,346551	0,610827	0,468662
0,001327	47,36931	0,78501	0,815534	0,61624	0,483755	0,379752	0,640202	0,502565
0,00136	48,49715	0,804734	0,834951	0,647596	0,521143	0,419381	0,671914	0,540712
0,00139	49,62499	0,822485	0,854369	0,676482	0,556396	0,457628	0,702706	0,577965
0,001427	50,75283	0,844181	0,873786	0,712642	0,601599	0,507859	0,737634	0,622697
0,001463	51,88067	0,865878	0,893204	0,749744	0,649187	0,562116	0,773405	0,669674
0,0015	53,00852	0,887574	0,912621	0,787788	0,69922	0,620609	0,810019	0,718952
0,001537	54,13636	0,90927	0,932039	0,826772	0,751759	0,683552	0,847475	0,770584
0,00158	55,2642	0,934911	0,951456	0,874059	0,817168	0,763979	0,889527	0,831629
0,001613	56,39204	0,954635	0,970874	0,911328	0,869986	0,830519	0,92683	0,884785
0,001651	57,51988	0,97712	0,990291	0,954764	0,932919	0,911575	0,967634	0,945495
0,00169	58,0838	1	1	1	1	1	1	1
0,032295	1147,578	19,10927	19,75728	14,5743	11,69909	9,706098	15,00783	12,01923

$$\begin{vmatrix} 14,5743 & 11,69909 \\ 11,69909 & 9,706098 \end{vmatrix} \begin{matrix} a \\ b \end{matrix} = \begin{vmatrix} 15,00783 \\ 12,01923 \end{vmatrix}$$

$$a = 1,08$$

$$b = -0,08$$

Persamaan garisnya : $G(x) = 1,08 X - 0,08 X^2$

REGRESI POLINOMIAL DIAGRAM TEGANGAN REGANGAN NORMALISASI BETON

Regangan	Teg (MPa)	NORMALISASI		x^2	x^3	x^4	xy	x^2y
x	y	x	y					
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	5,616689	0	0,092593	0	0	0	0	0
0,000116	11,23338	0,064664	0,185185	0,004181	0,00027	1,75E-05	0,011975	0,000774
0,000297	16,85007	0,165701	0,277778	0,027457	0,00455	0,000754	0,046028	0,007627
0,000486	22,46676	0,270779	0,37037	0,073321	0,019854	0,005376	0,100289	0,027156
0,000674	28,08345	0,375858	0,462963	0,141269	0,053097	0,019957	0,174008	0,065402
0,000866	33,70014	0,482957	0,555556	0,233248	0,112649	0,054404	0,26831	0,129582
0,000931	35,94681	0,51933	0,592593	0,269704	0,140066	0,07274	0,307751	0,159825
0,001007	38,19349	0,561766	0,62963	0,315581	0,177283	0,099591	0,353705	0,198699
0,001043	39,31683	0,581973	0,648148	0,338693	0,19711	0,114713	0,377205	0,219523
0,001087	40,44016	0,606222	0,666667	0,367505	0,22279	0,13506	0,404148	0,245004
0,00113	41,5635	0,630471	0,685185	0,397494	0,250608	0,158001	0,43199	0,272357
0,001167	42,68684	0,650679	0,703704	0,423383	0,275486	0,179253	0,457885	0,297936
0,001217	43,81018	0,678969	0,722222	0,460999	0,313004	0,21252	0,490366	0,332944
0,001246	44,93351	0,695135	0,740741	0,483212	0,335898	0,233494	0,514915	0,357935
0,001293	46,05685	0,721404	0,759259	0,520424	0,375437	0,270842	0,547733	0,395137
0,00133	47,18019	0,741612	0,777778	0,549988	0,407878	0,302487	0,576809	0,427769
0,00137	48,30353	0,76384	0,796296	0,583452	0,445664	0,340416	0,608243	0,4646
0,001406	49,42687	0,784047	0,814815	0,61473	0,481978	0,377893	0,638854	0,500891
0,001442	50,5502	0,804255	0,833333	0,646826	0,520213	0,418384	0,670212	0,539022
0,001489	51,67354	0,830525	0,851852	0,689771	0,572872	0,475784	0,707484	0,587583
0,001529	52,79688	0,852753	0,87037	0,727187	0,620111	0,528801	0,742211	0,632922
0,001572	53,92022	0,877002	0,888889	0,769132	0,67453	0,591564	0,779557	0,683673
0,001612	55,04356	0,89923	0,907407	0,808614	0,72713	0,653857	0,815968	0,733742
0,001652	56,16689	0,921458	0,925926	0,849085	0,782396	0,720945	0,853202	0,786189
0,001692	57,29023	0,943686	0,944445	0,890543	0,840393	0,793067	0,891259	0,841069
0,001732	58,41357	0,965914	0,962963	0,93299	0,901188	0,870471	0,93014	0,898435
0,001768	59,53691	0,986122	0,981482	0,972436	0,95894	0,945631	0,96786	0,954428
0,001793	60,66024	1	1	1	1	1	1	1
0,032949	1191,861	18,37635	19,64815	14,09123	11,41139	9,576023	14,66811	11,76022

$$\begin{vmatrix} 14,09123 & 11,41139 \\ 11,41139 & 9,576023 \end{vmatrix} \begin{matrix} a \\ b \end{matrix} = \begin{vmatrix} 14,66811 \\ 11,76022 \end{vmatrix}$$

$$a = 1,35$$

$$b = -0,35$$

Persamaan garisnya : $G(x) = 1,35x - 0,35x^2$

REGRESI POLINOMIAL DIAGRAM TEGANGAN REGANGAN NORMALISASI BETON

Regangan	Teg (MPa)	NORMALISASI		X^2	X^3	X^4	XY	X^2Y
X	Y	X	Y					
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,000167	5,684402	0,071777	0,091743	0,005152	0,00037	2,65E-05	0,006585	0,000473
0,000312	11,3688	0,134192	0,183486	0,018008	0,002416	0,000324	0,024622	0,003304
0,000478	17,05321	0,205969	0,275229	0,042423	0,008738	0,0018	0,056689	0,011676
0,000645	22,73761	0,277747	0,366972	0,077143	0,021426	0,005951	0,101925	0,028309
0,000826	28,42201	0,355765	0,458716	0,126569	0,045029	0,01602	0,163195	0,058059
0,001004	34,10641	0,432224	0,550459	0,186817	0,080747	0,034901	0,237921	0,102835
0,00104	35,24329	0,447827	0,568807	0,200549	0,089811	0,04022	0,254727	0,114074
0,001083	36,38017	0,466552	0,587156	0,217671	0,101555	0,04738	0,273939	0,127807
0,001116	37,51705	0,480595	0,605505	0,230972	0,111004	0,053348	0,291003	0,139854
0,001156	38,65393	0,497759	0,623853	0,247764	0,123327	0,061387	0,310529	0,154569
0,001192	39,79081	0,513363	0,642202	0,263542	0,135293	0,069454	0,329683	0,169247
0,001228	40,92769	0,528967	0,66055	0,279806	0,148008	0,078291	0,349409	0,184826
0,001268	42,06457	0,546131	0,678899	0,298259	0,162888	0,088958	0,370768	0,202488
0,001304	43,20146	0,561735	0,697248	0,315546	0,177253	0,099569	0,391668	0,220014
0,001341	44,33834	0,577338	0,715596	0,33332	0,192438	0,111102	0,413141	0,238522
0,001377	45,47522	0,592942	0,733945	0,35158	0,208467	0,123609	0,435187	0,258041
0,00142	46,6121	0,611667	0,752294	0,374136	0,228847	0,139978	0,460153	0,28146
0,00146	47,74898	0,628831	0,770642	0,395428	0,248657	0,156363	0,484603	0,304734
0,001504	48,88586	0,647555	0,788991	0,419328	0,271538	0,175836	0,510915	0,330846
0,001547	50,02274	0,66628	0,807339	0,443929	0,295781	0,197073	0,537914	0,358401
0,00158	51,15962	0,680323	0,825688	0,462839	0,31488	0,21422	0,561735	0,382161
0,001623	52,2965	0,699048	0,844037	0,488667	0,341602	0,238796	0,590022	0,412453
0,00167	53,43338	0,719332	0,862385	0,517439	0,372211	0,267743	0,620342	0,446232
0,001714	54,57026	0,738057	0,880734	0,544728	0,40204	0,296729	0,650032	0,47976
0,001761	55,70714	0,758342	0,899083	0,575082	0,436109	0,33072	0,681812	0,517046
0,001812	56,84402	0,780187	0,917431	0,608692	0,474893	0,370506	0,715768	0,558433
0,001866	57,9809	0,803593	0,93578	0,645761	0,518929	0,417007	0,751986	0,60429
0,001924	59,11778	0,828559	0,954128	0,686509	0,568813	0,471295	0,790551	0,655018
0,001975	60,25466	0,850404	0,972477	0,723187	0,615001	0,522999	0,826998	0,703282
0,002054	61,39154	0,884732	0,990826	0,782751	0,692525	0,612699	0,876615	0,77557
0,002322	61,95998	1	1	1	1	1	1	1
0,041768	1340,95	17,98779	21,6422	11,8636	8,390595	6,244304	14,07044	9,823784

$$\begin{vmatrix} 11,8636 & 8,390595 \\ 8,390595 & 6,244304 \end{vmatrix} \begin{matrix} a \\ b \end{matrix} = \begin{vmatrix} 14,07044 \\ 9,823784 \end{vmatrix}$$

$$a = 1,48$$

$$b = -0,48$$

Persamaan garisnya : $G(x) = 1,48 X - 0,48 X^2$

REGRESI POLINOMIAL DIAGRAM TEGANGAN REGANGAN NORMALISASI BETON

Regangan	Teg (MPa)	NORMALISASI						
x	y	x	y	x ²	x ³	x ⁴	xy	x ² y
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,000221	5,594379	0,090358	0,089526	0,008164	0,000738	6,67E-05	0,008089	0,000731
0,000355	11,18876	0,145165	0,179051	0,021073	0,003059	0,000444	0,025992	0,003773
0,000554	16,78314	0,226634	0,268577	0,051363	0,011641	0,002638	0,060869	0,013795
0,000754	22,37751	0,308104	0,358102	0,094928	0,029248	0,009011	0,110333	0,033994
0,000953	27,97189	0,389574	0,447628	0,151768	0,059125	0,023034	0,174384	0,067936
0,001163	33,56627	0,475488	0,537153	0,226089	0,107502	0,051116	0,25541	0,121444
0,001199	34,68515	0,490301	0,555058	0,240395	0,117866	0,05779	0,272145	0,133433
0,001239	35,80402	0,506595	0,572963	0,256638	0,130011	0,065863	0,29026	0,147044
0,001279	36,9229	0,522889	0,590868	0,273412	0,142964	0,074754	0,308958	0,161551
0,001322	38,04178	0,540664	0,608774	0,292317	0,158045	0,085449	0,329142	0,177955
0,00137	39,16065	0,55992	0,626679	0,313511	0,175541	0,098289	0,35089	0,196471
0,001409	40,27953	0,576214	0,644584	0,332023	0,191316	0,110239	0,371418	0,214017
0,001449	41,3984	0,592508	0,662489	0,351066	0,20801	0,123247	0,39253	0,232577
0,0015	42,51728	0,613246	0,680394	0,376071	0,230624	0,141429	0,417249	0,255876
0,001543	43,63615	0,631021	0,698299	0,398188	0,251265	0,158554	0,440642	0,278054
0,001587	44,75503	0,648797	0,716204	0,420937	0,273103	0,177188	0,464671	0,301477
0,00163	45,87391	0,666572	0,734109	0,444318	0,29617	0,197419	0,489337	0,326178
0,001674	46,99278	0,684347	0,752014	0,468331	0,320501	0,219334	0,514639	0,352192
0,001717	48,11166	0,702122	0,769919	0,492976	0,346129	0,243025	0,540578	0,379552
0,001768	49,23053	0,72286	0,787825	0,522527	0,377714	0,273034	0,569487	0,411659
0,001812	50,34941	0,740635	0,80573	0,548541	0,406269	0,300897	0,596752	0,441976
0,001862	51,46828	0,761373	0,823635	0,579689	0,44136	0,33604	0,627093	0,477452
0,001913	52,58716	0,782111	0,84154	0,611698	0,478415	0,374174	0,658178	0,514768
0,001967	53,70604	0,80433	0,859445	0,646947	0,520359	0,41854	0,691277	0,556015
0,002018	54,82491	0,825068	0,87735	0,680737	0,561654	0,463403	0,723873	0,597245
0,002065	55,94379	0,844324	0,895255	0,712884	0,601905	0,508203	0,755886	0,638213
0,002123	57,06266	0,868025	0,91316	0,753467	0,654028	0,567712	0,792646	0,688036
0,002174	58,18154	0,888762	0,931065	0,789899	0,702032	0,62394	0,827496	0,735447
0,002228	59,30041	0,910982	0,94897	0,829887	0,756012	0,688713	0,864495	0,787539
0,00229	60,41929	0,936163	0,966876	0,876401	0,820455	0,76808	0,905153	0,847371
0,002348	61,53817	0,959863	0,984781	0,921338	0,884359	0,848864	0,945255	0,907316
0,002446	62,48921	1	1	1	1	1	1	1
0,049935	1382,763	20,41502	22,12802	14,68758	11,25742	9,01049	15,77513	12,00109

$$\begin{vmatrix} 14,68758 & 11,25742 \\ 11,25742 & 9,01049 \end{vmatrix} \begin{matrix} a \\ b \end{matrix} = \begin{vmatrix} 15,77513 \\ 12,00109 \end{vmatrix}$$

$$a = 1,25$$

$$b = -0,25$$

Persamaan garisnya : $G(x) = 1,25x - 0,25x^2$

REGRESI POLINOMIAL DIAGRAM TEGANGAN REGANGAN NORMALISASI BETON

Regangan	Teg (MPa)	NORMALISASI		X ²	X ³	X ⁴	XY	X ² Y
X	Y	X	Y					
0	0	0	0	0	0	0	0	0
7,87E-05	3,396931	0,0476059	0,050209	0,002266	0,000108	5,14E-06	0,00239	0,000114
0,000157	6,793863	0,0952118	0,100418	0,009065	0,000863	8,22E-05	0,009561	0,00091
0,000236	10,47387	0,1428177	0,154812	0,020397	0,002913	0,000416	0,02211	0,003158
0,000315	13,8708	0,1904236	0,205021	0,036261	0,006905	0,001315	0,039041	0,007434
0,000394	17,55081	0,2380295	0,259414	0,056658	0,013486	0,00321	0,061748	0,014698
0,000472	21,5139	0,2856354	0,317992	0,081588	0,023304	0,006657	0,09083	0,025944
0,000551	24,91083	0,3332413	0,368201	0,11105	0,037006	0,012332	0,1227	0,040889
0,00063	28,87392	0,3808472	0,426778	0,145045	0,05524	0,021038	0,162537	0,061902
0,000709	32,55393	0,4284531	0,481172	0,183572	0,078652	0,033699	0,206159	0,08833
0,000787	36,51701	0,476059	0,539749	0,226632	0,10789	0,051362	0,256952	0,122324
0,000866	39,06471	0,5236649	0,577406	0,274225	0,143602	0,075199	0,302367	0,158339
0,000945	43,0278	0,5712708	0,635983	0,32635	0,186434	0,106505	0,363319	0,207553
0,001024	46,42473	0,6188767	0,686192	0,383008	0,237035	0,146695	0,424669	0,262817
0,001102	49,53858	0,6664826	0,732218	0,444199	0,296051	0,197313	0,48801	0,32525
0,001181	52,08628	0,7140885	0,769874	0,509922	0,36413	0,260021	0,549759	0,392576
0,00126	55,20014	0,7616944	0,8159	0,580178	0,441919	0,336607	0,621466	0,473367
0,001339	58,31399	0,8093003	0,861925	0,654967	0,530065	0,428982	0,697556	0,564532
0,001417	61,14477	0,8569062	0,903766	0,734288	0,629216	0,539179	0,774442	0,663625
0,001496	63,97554	0,9045121	0,945607	0,818142	0,740019	0,669357	0,855313	0,773641
0,001575	67,37247	0,952118	0,995816	0,906529	0,863122	0,821794	0,948134	0,902736
0,001654	67,65555	1	1	1	1	1	1	1
0,018189	800,2604	10,997239	11,82845	7,504343	5,757961	4,711767	7,999063	6,09014

$$\begin{vmatrix} 7,504343 & 5,757961 \\ 5,757961 & 4,711767 \end{vmatrix} \begin{matrix} a \\ b \end{matrix} = \begin{vmatrix} 7,999063 \\ 6,09014 \end{vmatrix}$$

$$a = 1,44$$

$$b = -0,44$$

$$\text{Persamaan garisnya : } G(x) = 1,44 X - 0,44 X^2$$

REGRESI POLINOMIAL DIAGRAM TEGANGAN REGANGAN NORMALISASI BETON

Regangan	Teg (MPa)	NORMALISASI		X ²	X ³	X ⁴	XY	X ² Y
X	Y	X	Y					
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,000152	5,65419	0,05826	0,07657	0,003394	0,000198	1,15E-05	0,004461	0,00026
0,000283	11,30838	0,108196	0,153139	0,011706	0,001267	0,000137	0,016569	0,001793
0,000449	16,96257	0,172004	0,229709	0,029585	0,005089	0,000875	0,039511	0,006796
0,000605	22,61676	0,231651	0,306279	0,053662	0,012431	0,00288	0,07095	0,016436
0,000772	28,26775	0,295459	0,382805	0,087296	0,025792	0,007621	0,113103	0,033417
0,000935	33,92514	0,35788	0,459418	0,128078	0,045837	0,016404	0,164417	0,058841
0,000975	35,05598	0,373138	0,474732	0,139232	0,051953	0,019386	0,177141	0,066098
0,001007	36,18681	0,385623	0,490046	0,148705	0,057344	0,022113	0,188973	0,072872
0,001036	37,31765	0,39672	0,50536	0,157387	0,062438	0,024771	0,200486	0,079537
0,001072	38,44849	0,410591	0,520674	0,168585	0,069219	0,028421	0,213784	0,087778
0,001105	39,57821	0,423075	0,535973	0,178993	0,075727	0,032038	0,226757	0,095935
0,001141	40,71017	0,436947	0,551302	0,190922	0,083423	0,036451	0,240889	0,105256
0,001178	41,841	0,450818	0,566616	0,203237	0,091623	0,041305	0,25544	0,115157
0,001217	42,97184	0,466076	0,58193	0,217227	0,101244	0,047188	0,271224	0,126411
0,00125	44,10268	0,47856	0,597243	0,22902	0,1096	0,05245	0,285817	0,136781
0,00129	45,23352	0,493819	0,612557	0,243857	0,120421	0,059466	0,302492	0,149377
0,001326	46,36436	0,50769	0,627871	0,257749	0,130857	0,066435	0,318764	0,161833
0,001373	47,49519	0,525723	0,643185	0,276385	0,145302	0,076388	0,338137	0,177767
0,001409	48,62603	0,539594	0,658499	0,291162	0,157109	0,084775	0,355322	0,19173
0,001442	49,75687	0,552078	0,673813	0,304791	0,168268	0,092897	0,371998	0,205372
0,001478	50,88771	0,56595	0,689127	0,320299	0,181273	0,102592	0,390011	0,220727
0,001511	52,01855	0,578434	0,704441	0,334586	0,193536	0,111948	0,407473	0,235696
0,001551	53,14938	0,593692	0,719755	0,352471	0,209259	0,124236	0,427313	0,253693
0,001591	54,28022	0,608951	0,735069	0,370821	0,225812	0,137508	0,447621	0,272579
0,00163	55,41106	0,624209	0,750383	0,389637	0,243215	0,151817	0,468396	0,292377
0,00167	56,5419	0,639468	0,765697	0,408919	0,261491	0,167215	0,489638	0,313108
0,001717	57,67274	0,6575	0,781011	0,432307	0,284242	0,186889	0,513515	0,337636
0,001754	58,80357	0,671372	0,796325	0,45074	0,302614	0,203167	0,53463	0,358935
0,001793	59,93441	0,68663	0,811639	0,471461	0,323719	0,222276	0,557296	0,382656
0,001837	61,06525	0,703276	0,826953	0,494597	0,347838	0,244626	0,581576	0,409008
0,001877	62,19609	0,718534	0,842266	0,516292	0,370973	0,266557	0,605197	0,434855
0,001924	63,32693	0,736567	0,85758	0,542531	0,39961	0,29434	0,631665	0,465264
0,001975	64,45776	0,755987	0,872894	0,571516	0,432059	0,326631	0,659897	0,498873
0,002029	65,5886	0,776794	0,888208	0,603409	0,468724	0,364102	0,689955	0,535953
0,00212	67,85028	0,811472	0,918836	0,658487	0,534344	0,433605	0,74561	0,605042
0,002163	68,98112	0,828118	0,93415	0,685779	0,567906	0,470293	0,773586	0,64062

Regangan	Teg (MPa)	NORMALISASI						
X	Y	X	Y	X ²	X ³	X ⁴	XY	X ² Y
0,002207	70,11195	0,844763	0,949464	0,713625	0,602844	0,509261	0,802072	0,677561
0,002283	71,24279	0,873893	0,964778	0,763689	0,667383	0,583221	0,843113	0,73679
0,002348	72,37363	0,898861	0,980092	0,807952	0,726237	0,652786	0,880967	0,791867
0,002428	73,50447	0,929378	0,995406	0,863744	0,802745	0,746054	0,925109	0,859776
0,002612	73,84372	1	1	1	1	1	1	1
0,060514	2025,666	23,16775	27,43179	15,07384	10,66097	8,011135	17,53087	12,21246

$$\begin{vmatrix} 15,07384 & 10,66097 \\ 10,66097 & 8,011135 \end{vmatrix} \begin{matrix} a \\ b \end{matrix} = \begin{vmatrix} 17,53087 \\ 12,21246 \end{vmatrix}$$

$$a = 1,44$$

$$b = -0,44$$

Persamaan garisnya : $G(x) = 1,44 X - 0,44 X^2$

Tabel : Tegangan dan Regangan Normalisasi yang terjadi

SAMPEL 1

NO.	x	G(x)
1	0	0
2	0,092357	0,140138
3	0,153928	0,228161
4	0,259554	0,3691
5	0,375	0,508594
6	0,509554	0,652002
7	0,636677	0,768529
8	0,669321	0,795479
9	0,697983	0,818141
10	0,713376	0,829924
11	0,738588	0,848641
12	0,761677	0,865147
13	0,792463	0,886208
14	0,81741	0,902483
15	0,848195	0,921589
16	0,899947	0,951271
17	1	1
18	1,061571	0,932441
19	1,167728	0,909397
20	1,273885	0,875932
21	1,380042	0,835964
22	1,4862	0,792559
23	1,592357	0,747971

SAMPEL 2

NO.	x	G(x)
1	0	0
2	0,029474	0,050642
3	0,086317	0,144677
4	0,189475	0,30312
5	0,313687	0,473
6	0,444214	0,626911
7	0,585268	0,764888
8	0,612637	0,788248
9	0,640005	0,8105
10	0,667374	0,831644
11	0,696848	0,853174
12	0,728427	0,874815
13	0,757901	0,893682
14	0,78948	0,912469
15	0,82527	0,931978
16	0,858955	0,948607
17	0,894829	0,96447
18	1	1
19	1,162115	0,93285
20	1,278327	0,911302
21	1,394538	0,880388
22	1,51075	0,843616
23	1,626961	0,803694
24	1,743173	0,762595

SAMPEL 3

NO.	x	G(x)
1	0	0
2	0,029355	0,06725
3	0,073386	0,16383
4	0,142579	0,30517
5	0,201288	0,41511
6	0,268384	0,52954
7	0,345964	0,64691
8	0,356448	0,66154
9	0,385802	0,70096
10	0,417254	0,74065
11	0,448705	0,77771
12	0,47806	0,80992
13	0,488543	0,82087
14	0,517898	0,84997
15	0,549349	0,87861
16	0,576607	0,9013
17	0,603865	0,92202
18	0,610155	0,92652
19	0,637413	0,9448
20	0,662574	0,95992
21	0,683541	0,97124
22	0,714993	0,98602
23	1	1
24	1,157407	0,93521
25	1,273148	0,91331
26	1,388889	0,88375
27	1,50463	0,84954
28	1,62037	0,81291
29	1,736111	0,77547

SAMPEL 4

NO.	X	G(x)
1	0	0
2	0,08743	0,10818
3	0,16421	0,19989
4	0,26657	0,3174
5	0,37319	0,43401
6	0,48195	0,54687
7	0,59285	0,65561
8	0,70374	0,75795
9	0,82316	0,86101
10	0,86155	0,89256
11	0,88714	0,91317
12	0,90846	0,93008
13	0,93832	0,95337
14	0,96178	0,97133
15	1	1
16	1,05945	0,9481
17	1,17716	0,93653
18	1,29488	0,9141
19	1,4126	0,88454
20	1,53031	0,85071
21	1,64803	0,81473
22	1,76574	0,77809

SAMPEL 5

NO.	X	G(x)
1	0	0
2	0,074866	0,11088
3	0,131551	0,19096
4	0,217112	0,3055
5	0,315775	0,42813
6	0,40107	0,52598
7	0,480481	0,61028
8	0,501872	0,63187
9	0,523262	0,65298
10	0,546257	0,67514
11	0,569519	0,69701
12	0,590909	0,71661
13	0,602674	0,72719
14	0,63369	0,7544
15	0,654813	0,77235
16	0,676203	0,79006
17	0,705615	0,81363
18	0,720856	0,82549
19	0,741979	0,84153
20	0,759626	0,85457
21	0,788503	0,87522
22	0,809626	0,88977
23	0,836898	0,90788
24	0,86016	0,92271
25	0,914439	0,95512
26	1	1
27	1,069519	0,93861
28	1,176471	0,9153
29	1,283422	0,88548
30	1,390374	0,85188
31	1,497326	0,81644
32	1,604278	0,78055

Tabel : Tegangan dan Regangan Normalisasi yang terjadi

SAMPEL 6			SAMPEL 7			SAMPEL 8			SAMPEL 9			SAMPEL 10		
NO.	X	G(x)	NO.	X	G(x)	NO.	X	G(x)	NO.	X	G(x)	NO.	X	G(x)
1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
2	0,095684	0,10174	2	0,08413	0,07257	2	0,09998	0,115277	2	0,08284	0,08892	2	0	0
3	0,185511	0,19609	3	0,1776	0,155694	3	0,181964	0,207269	3	0,17554	0,18712	3	0,064664	0,085833
4	0,279242	0,29333	4	0,28043	0,250158	4	0,269946	0,303449	4	0,26036	0,27576	4	0,165701	0,214086
5	0,380785	0,39729	5	0,37577	0,340586	5	0,379924	0,419973	5	0,35897	0,37738	5	0,270779	0,33989
6	0,49795	0,51545	6	0,5029	0,465399	6	0,469906	0,512252	6	0,45759	0,47745	6	0,375858	0,457964
7	0,585823	0,60281	7	0,5889	0,55258	7	0,563887	0,605693	7	0,55424	0,57401	7	0,482957	0,570355
8	0,605351	0,62207	8	0,60759	0,571827	8	0,583883	0,625187	8	0,57199	0,59158	8	0,51933	0,6067
9	0,634642	0,65087	9	0,62629	0,591177	9	0,59988	0,640684	9	0,59566	0,61493	9	0,561766	0,647931
10	0,648311	0,66427	10	0,64311	0,608683	10	0,613877	0,654173	10	0,61341	0,63238	10	0,581973	0,667122
11	0,673697	0,68908	11	0,66554	0,632156	11	0,629874	0,669507	11	0,64103	0,65943	11	0,606222	0,689773
12	0,689318	0,70431	12	0,68611	0,653805	12	0,659868	0,698023	12	0,66075	0,67868	12	0,630471	0,712013
13	0,710799	0,72519	13	0,70854	0,677567	13	0,679864	0,716864	13	0,68047	0,69787	13	0,650679	0,730232
14	0,734232	0,74789	14	0,72724	0,697484	14	0,683863	0,720616	14	0,7002	0,71699	14	0,678969	0,755258
15	0,753759	0,76675	15	0,74406	0,715499	15	0,705859	0,741155	15	0,72189	0,73795	15	0,695135	0,769308
16	0,769381	0,7818	16	0,76276	0,735616	16	0,729854	0,763372	16	0,73767	0,75315	16	0,721404	0,791748
17	0,794767	0,80618	17	0,77958	0,75381	17	0,755849	0,787221	17	0,74359	0,75884	17	0,741612	0,80868
18	0,812341	0,82301	18	0,80015	0,776163	18	0,777844	0,807221	18	0,76726	0,78154	18	0,76384	0,826976
19	0,835774	0,84538	19	0,82071	0,798643	19	0,79984	0,827056	19	0,78501	0,79851	19	0,784047	0,843308
20	0,855302	0,86396	20	0,84128	0,821249	20	0,827834	0,852064	20	0,80473	0,8173	20	0,804255	0,859355
21	0,870924	0,87879	21	0,86184	0,843983	21	0,85183	0,873286	21	0,82249	0,83417	21	0,830525	0,879788
22	0,896309	0,90282	22	0,88615	0,871013	22	0,875825	0,894313	22	0,84418	0,8547	22	0,852753	0,896701
23	0,913884	0,91939	23	0,90484	0,891927	23	0,89982	0,915145	23	0,86588	0,87517	23	0,877002	0,914756
24	0,937317	0,94143	24	0,92541	0,915052	24	0,923815	0,93578	24	0,88757	0,89556	24	0,89923	0,930945
25	0,956844	0,95973	25	0,94821	0,940849	25	0,961808	0,968052	25	0,90927	0,91587	25	0,921458	0,946788
26	1	1	26	0,96841	0,963816	26	0,975805	0,979818	26	0,93491	0,93978	26	0,943686	0,962286
27	1,054482	0,95271	27	1	1	27	1	1	27	0,95464	0,9581	27	0,965914	0,977438
28	1,171646	0,93915	28	1,00953	0,954459	28	1,079784	0,954567	28	0,97712	0,97891	28	0,986122	0,990912
29	1,288811	0,91564	29	1,1217	0,939998	29	1,19976	0,939999	29	1	1	29	1	1
30	1,405975	0,88578	30	1,23388	0,915885	30	1,319736	0,915792	30	1,06509	0,95936	30	1,115449	0,947415
31	1,52314	0,85222	31	1,34605	0,885651	31	1,439712	0,885478	31	1,18343	0,94327	31	1,226994	0,920504
32	1,640305	0,8169	32	1,45822	0,851926	32	1,559688	0,851687	32	1,30178	0,91835	32	1,338539	0,888893
33	1,757469	0,78117	33	1,57039	0,816589	33	1,679664	0,816298	33	1,42012	0,88796	33	1,450084	0,854863
			34	1,68256	0,78094	34	1,79964	0,780608	34	1,53846	0,85455	34	1,561629	0,819984
									35	1,6568	0,81985	35	1,673173	0,7853
									36	1,77515	0,78503			

Tabel : Tegangan dan Regangan Normalisasi yang terjadi (rekomendasi)

SAMPSEL 1			SAMPSEL 2			SAMPSEL 3			SAMPSEL 4			SAMPSEL 5		
NO.	x	G(x)	NO.	x	G(x)	NO.	x	G(x)	NO.	X	G(x)	NO.	X	G(x)
1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
2	0,09236	0,140138	2	0,029474	0,0506418	2	0,029355	0,06725	2	0,087434	0,1081795	2	0,074866	0,113797
3	0,15393	0,228161	3	0,086317	0,1446773	3	0,073386	0,1638274	3	0,164206	0,1998887	3	0,131551	0,199957
4	0,25955	0,3691	4	0,189475	0,3031203	4	0,142579	0,3051721	4	0,266568	0,3174002	4	0,217112	0,330011
5	0,375	0,508594	5	0,313687	0,4729995	5	0,201288	0,4151141	5	0,373195	0,4340141	5	0,315775	0,479979
6	0,50955	0,652002	6	0,444214	0,6269114	6	0,268384	0,5295354	6	0,481954	0,5468698	6	0,40107	0,609626
7	0,63668	0,768529	7	0,585268	0,7648878	7	0,345964	0,6469072	7	0,592847	0,6556053	7	0,480481	0,730332
8	0,66932	0,795479	8	0,612637	0,7882483	8	0,356448	0,6615404	8	0,703739	0,7579463	8	0,501872	0,762845
9	0,69798	0,818141	9	0,640005	0,8105003	9	0,385802	0,7009578	9	0,823161	0,8610085	9	0,523262	0,795358
10	0,71338	0,829924	10	0,667374	0,8316436	10	0,417254	0,7406473	10	0,861547	0,8925607	10	0,546257	0,83031
11	0,73859	0,848641	11	0,696848	0,8531736	11	0,448705	0,7777056	11	0,887137	0,9131698	11	0,569519	0,865668
12	0,76168	0,865147	12	0,728427	0,8748147	12	0,47806	0,8099193	12	0,908463	0,9300839	12	0,590909	0,898182
13	0,79246	0,886208	13	0,757901	0,8936815	13	0,488543	0,8208688	13	0,938318	0,9533664	13	0,602674	0,916064
14	0,81741	0,902483	14	0,78948	0,9124692	14	0,517898	0,8499718	14	0,961776	0,9713346	14	0,63369	0,963209
15	0,8482	0,921589	15	0,82527	0,9319776	15	0,549349	0,8786102	15	1	1	1	0,654813	0,995316
16	0,89995	0,951271	16	0,858955	0,9486068	16	0,576607	0,9013017	16	1,059447	0,9883551	16	0,676203	1,027829
17	1	1	17	0,894829	0,9644703	17	0,603865	0,9220168	17	1,177163	0,965296	17	0,705615	1,072535
18	1,06157	0,984409	18	1	1	18	0,610155	0,9265166	18	1,294879	0,9422368	18	0,720856	1,095701
19	1,16773	0,957527	19	1,162115	0,9671358	19	0,637413	0,9447994	19	1,412596	0,9191775	19	0,741979	1,127807
20	1,27389	0,930645	20	1,278327	0,9435775	20	0,662574	0,9599216	20	1,530312	0,8961184	20	0,759626	1,154631
21	1,38004	0,903764	21	1,394538	0,9200189	21	0,683541	0,9712371	21	1,648028	0,8730592	21	0,788503	1,198524
22	1,4862	0,876882	22	1,51075	0,8964606	22	0,714993	0,9860176	22	1,765745	0,8499999	22	0,809626	1,230631
23	1,59236	0,85	23	1,626961	0,872902	23	1	1	23	1,765745	0,8499999	23	0,836898	1,272086
24			24	1,743173	0,8493437	24	1,157407	0,9679246	24			24	0,86016	1,307444
						25	1,273148	0,9443396	25			25	0,914439	1,389947
						26	1,388889	0,9207547	26			26	1	1,52
						27	1,50463	0,8971699	27			27	1,069519	0,982743
						28	1,62037	0,873585	28			28	1,176471	0,956195
						29	1,736111	0,85	29			29	1,283422	0,929646
												30	1,390374	0,903097
												31	1,497326	0,876549
												32	1,604278	0,85

Tabel 1: Tegangan dan Regangan Normalisasi yang terjadi (rekomendasi)

SAMPSEL 6		
NO.	X	G(x)
1	0	0
2	0,095684	0,101741
3	0,185511	0,196087
4	0,279242	0,293331
5	0,380785	0,39729
6	0,49795	0,515449
7	0,585823	0,602807
8	0,605351	0,622074
9	0,634642	0,650873
10	0,648311	0,664271
11	0,673697	0,689085
12	0,689318	0,70431
13	0,710799	0,725188
14	0,734232	0,747891
15	0,753759	0,766751
16	0,769381	0,781801
17	0,794767	0,806185
18	0,812341	0,823012
19	0,835774	0,845382
20	0,855302	0,863965
21	0,870924	0,878793
22	0,896309	0,902815
23	0,913884	0,919393
24	0,937317	0,94143
25	0,956844	0,959735
26	1	1
27	1,171646	0,966009
28	1,288811	0,942807
29	1,405975	0,919606
30	1,52314	0,896404
31	1,640305	0,873202
32	1,757469	0,85

SAMPSEL 7		
NO.	X	G(x)
1	0	0
2	0,084128	0,0725703
3	0,177603	0,1556942
4	0,280426	0,2501581
5	0,375771	0,3405861
6	0,502898	0,465399
7	0,588895	0,5525805
8	0,60759	0,5718266
9	0,626285	0,5911775
10	0,643111	0,608683
11	0,665545	0,6321557
12	0,68611	0,6538051
13	0,708544	0,6775672
14	0,727239	0,6974844
15	0,744064	0,7154994
16	0,762759	0,7356158
17	0,779585	0,7538101
18	0,80015	0,776163
19	0,820714	0,7986428
20	0,841279	0,8212494
21	0,861843	0,8439829
22	0,886147	0,8710134
23	0,904842	0,8919266
24	0,925407	0,9150522
25	0,948215	0,9408491
26	0,968405	0,9638158
27	1	1
28	1,009534	0,9979046
29	1,121705	0,9732538
30	1,233875	0,948603
31	1,346046	0,9239524
32	1,458216	0,8993016
33	1,570387	0,8746508
34	1,682557	0,85

SAMPSEL 8		
NO.	X	G(x)
1	0	0
2	0,09998	0,115277
3	0,181964	0,207269
4	0,269946	0,303449
5	0,379924	0,419973
6	0,469906	0,512252
7	0,563887	0,605693
8	0,583883	0,625187
9	0,59988	0,640684
10	0,613877	0,654173
11	0,629874	0,669507
12	0,659868	0,698023
13	0,679864	0,716864
14	0,683863	0,720616
15	0,705859	0,741155
16	0,729854	0,763372
17	0,755849	0,787221
18	0,777844	0,807221
19	0,79984	0,827056
20	0,827834	0,852064
21	0,85183	0,873286
22	0,875825	0,894313
23	0,89982	0,915145
24	0,923815	0,93578
25	0,961808	0,968052
26	0,975805	0,979818
27	1	1
28	1,079784	0,985034
29	1,19976	0,962528
30	1,319736	0,940023
31	1,439712	0,917517
32	1,559688	0,895011
33	1,679664	0,872506
34	1,79964	0,85

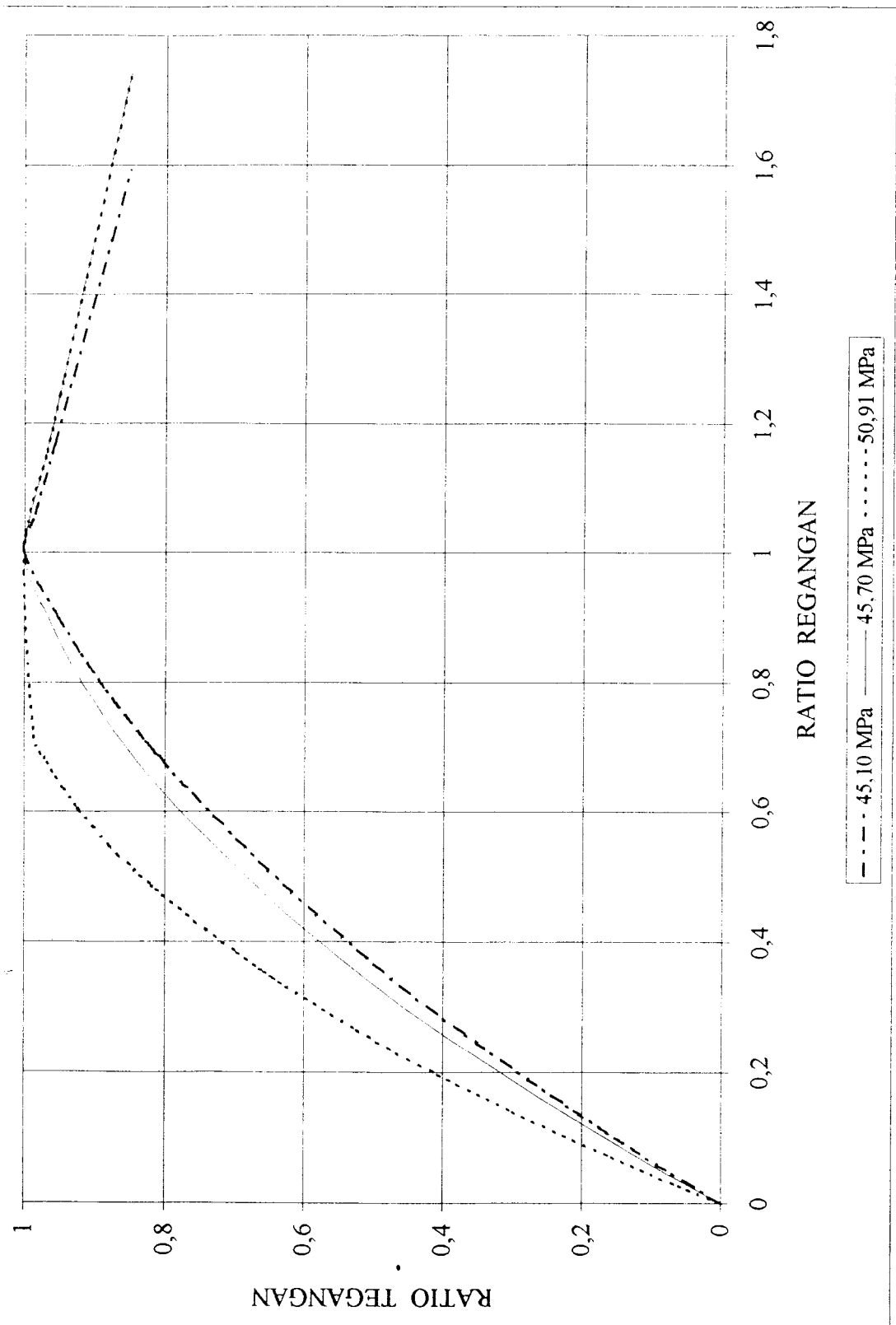
SAMPSEL 9		
NO	X	G(x)
1	0	0
2	0,08284	0,088918
3	0,175542	0,187121
4	0,260355	0,275761
5	0,358974	0,377383
6	0,457594	0,47745
7	0,554241	0,574005
8	0,571992	0,591577
9	0,595661	0,614929
10	0,613412	0,632383
11	0,641026	0,659435
12	0,66075	0,678682
13	0,680473	0,697868
14	0,700197	0,716991
15	0,721893	0,737955
16	0,737673	0,753154
17	0,74359	0,758843
18	0,767258	0,781544
19	0,78501	0,798511
20	0,804734	0,817305
21	0,822485	0,834165
22	0,844181	0,854705
23	0,865878	0,875168
24	0,887574	0,895557
25	0,90927	0,91587
26	0,934911	0,939779
27	0,954635	0,9581
28	0,97712	0,978909
29	1	1
30	1,065089	0,987405
31	1,183432	0,964504
32	1,301775	0,941603
33	1,420118	0,918702
34	1,538462	0,895802
35	1,656805	0,872901
36	1,775148	0,85

SAMPSEL 10		
NO	x	G(x)
1	0	0
2	0	0
3	0,064664	0,085833
4	0,165701	0,214086
5	0,270779	0,33989
6	0,375858	0,457964
7	0,482957	0,570355
8	0,51933	0,6067
9	0,561766	0,647931
10	0,581973	0,667122
11	0,606222	0,689773
12	0,630471	0,712013
13	0,650679	0,730232
14	0,678969	0,755258
15	0,695135	0,769308
16	0,721404	0,791748
17	0,741612	0,80868
18	0,76384	0,826976
19	0,784047	0,843308
20	0,804255	0,859355
21	0,830525	0,879788
22	0,852753	0,896701
23	0,877002	0,914756
24	0,89923	0,930945
25	0,921458	0,946788
26	0,943686	0,962286
27	0,965914	0,977438
28	0,986122	0,990912
29	1	1
30	1,115449	0,974275
31	1,226994	0,94942
32	1,338539	0,924565
33	1,450084	0,89971
34	1,561629	0,874855
35	1,673173	0,85

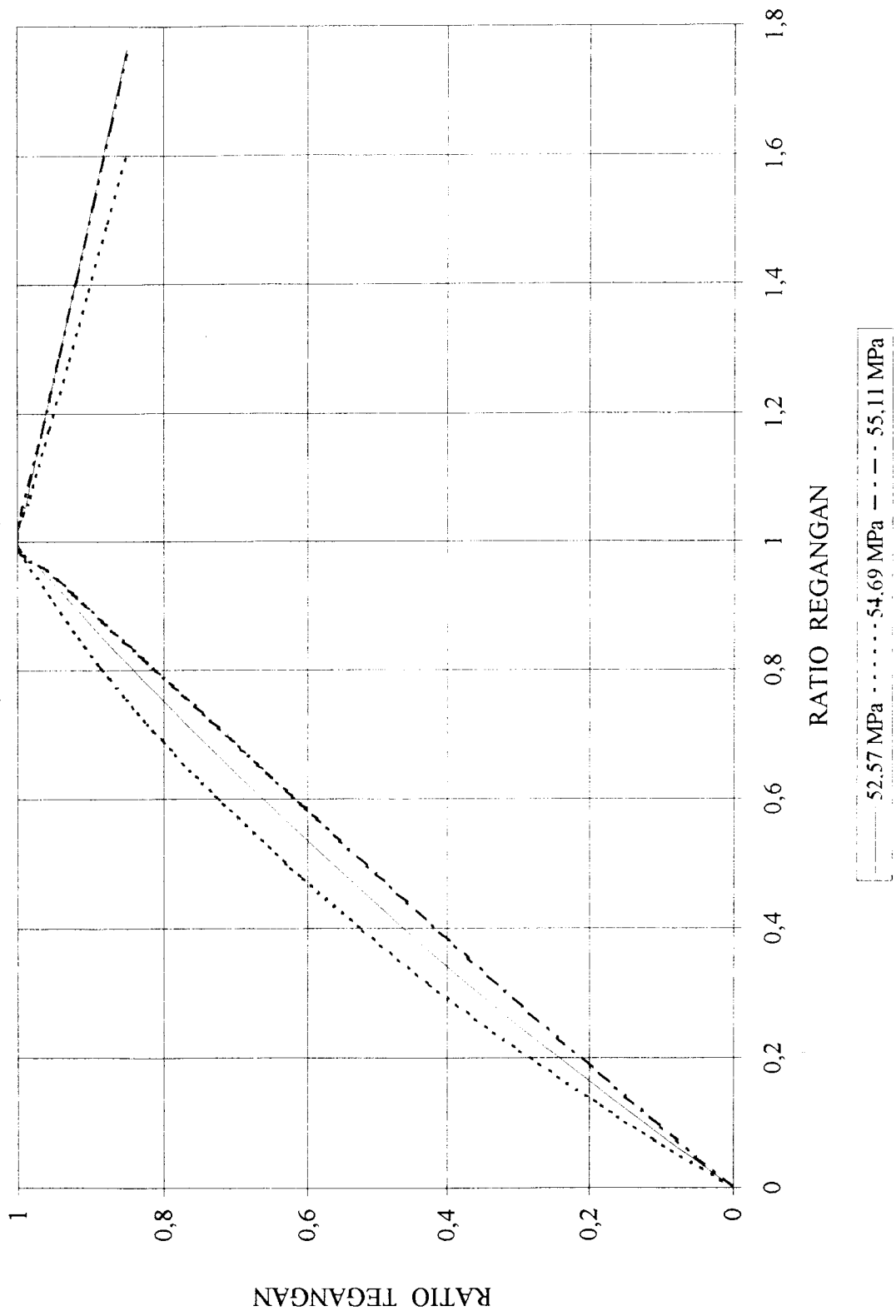
Tabel : Tegangan Regangan Normalisasi yang terjadi (rekomendasi)

SAMPSEL 11			SAMPSEL 12			SAMPSEL 13			SAMPSEL 14			Lanjutan SAMPEL 14		
NO.	X	G(x)	x	G(x)	NO.	X	G(x)	NO.	X	G(x)	NO.	Teg (MPa)	Regangan	
1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	36	0,811472	0,878786	
2	0,071777	0,103757	0,0903575	0,110906	2	0,047606	0,05622	2	0,05826	0,0824	37	0,828118	0,890747	
3	0,134192	0,189961	0,1451645	0,176187	3	0,095212	0,11158	3	0,108196	0,150652	38	0,844763	0,902464	
4	0,205969	0,284471	0,2266344	0,270452	4	0,142818	0,166078	4	0,172004	0,234669	39	0,873893	0,922383	
5	0,277747	0,374036	0,3081043	0,361398	5	0,190424	0,219714	5	0,231651	0,309966	40	0,898861	0,938862	
6	0,355765	0,46578	0,3895742	0,449026	6	0,238029	0,27249	6	0,295459	0,387051	41	0,929378	0,958257	
7	0,432224	0,550019	0,4754879	0,537838	7	0,285635	0,324404	7	0,35788	0,458993	42	1	1	
8	0,447827	0,566521	0,4903006	0,552777	8	0,333241	0,375458	8	0,373138	0,476057	43	1,071975	0,92732	
9	0,466552	0,586015	0,5065946	0,569084	9	0,380847	0,42565	9	0,385623	0,489866	44	1,148545	0,85	
10	0,480595	0,600414	0,5228886	0,585258	10	0,428453	0,47498	10	0,39672	0,502026				
11	0,497759	0,617757	0,5406638	0,60275	11	0,476059	0,52345	11	0,410591	0,517074				
12	0,513363	0,633277	0,5599204	0,621523	12	0,523665	0,571058	12	0,423075	0,530472				
13	0,528967	0,648564	0,5762143	0,637262	13	0,571271	0,617806	13	0,436947	0,545197				
14	0,546131	0,665109	0,5925083	0,652869	14	0,618877	0,663692	14	0,450818	0,559754				
15	0,561735	0,679905	0,6132461	0,67254	15	0,666483	0,708716	15	0,466076	0,57557				
16	0,577338	0,694467	0,6310214	0,68923	16	0,714088	0,75288	16	0,47856	0,588358				
17	0,592942	0,708796	0,6487966	0,705762	17	0,761694	0,796182	17	0,493819	0,603802				
18	0,611667	0,725681	0,6665719	0,722135	18	0,8093	0,838624	18	0,50769	0,617664				
19	0,628831	0,740864	0,6843471	0,738351	19	0,856906	0,880204	19	0,525723	0,635432				
20	0,647555	0,757104	0,7021224	0,754409	20	0,904512	0,920922	20	0,539594	0,648905				
21	0,66628	0,773008	0,7228602	0,772943	21	0,952118	0,96078	21	0,552078	0,660885				
22	0,680323	0,784715	0,7406354	0,788659	22	1	1	22	0,56595	0,674036				
23	0,699048	0,80003	0,7613732	0,806794	23	1,088271	0,998488	23	0,578434	0,685727				
24	0,719332	0,816241	0,782111	0,824714	24	1,20919	0,961441	24	0,593692	0,69983				
25	0,738057	0,830855	0,8043301	0,843676	25	1,330109	0,939153	25	0,608951	0,713728				
26	0,758342	0,846306	0,8250678	0,861151	26	1,451028	0,916865	26	0,624209	0,727421				
27	0,780187	0,862505	0,8443244	0,877185	27	1,571947	0,894577	27	0,639468	0,740909				
28	0,803593	0,879352	0,8680247	0,896664	28	1,692866	0,872288	28	0,6575	0,756586				
29	0,828559	0,896742	0,8887625	0,913478	29	1,813785	0,846209	29	0,671372	0,76845				
30	0,850404	0,911468	0,9109815	0,931255	30	0,9109815	0,931255	30	0,68663	0,781305				
31	0,884732	0,933683	0,9361632	0,951104	31	0,9361632	0,951104	31	0,703276	0,795095				
32	1	1	0,9598635	0,969495	32	0,9598635	0,969495	32	0,718534	0,807521				
33	1,033592	0,977335	1	1	33	1	1	33	0,736567	0,821943				
34	1,119724	0,919221	1,0629599	0,958303	34	1,0629599	0,958303	34	0,755987	0,837154				
35	1,205857	0,861107	1,1447261	0,904152	35	1,1447261	0,904152	35	0,776794	0,853083				
36	1,29199	0,85	1,2264922	0,85	36	1,2264922	0,85							

GRAFIK 5.9a DIAGRAM TEGANGAN REGANGAN NORMALISASI
(rekomendasi)

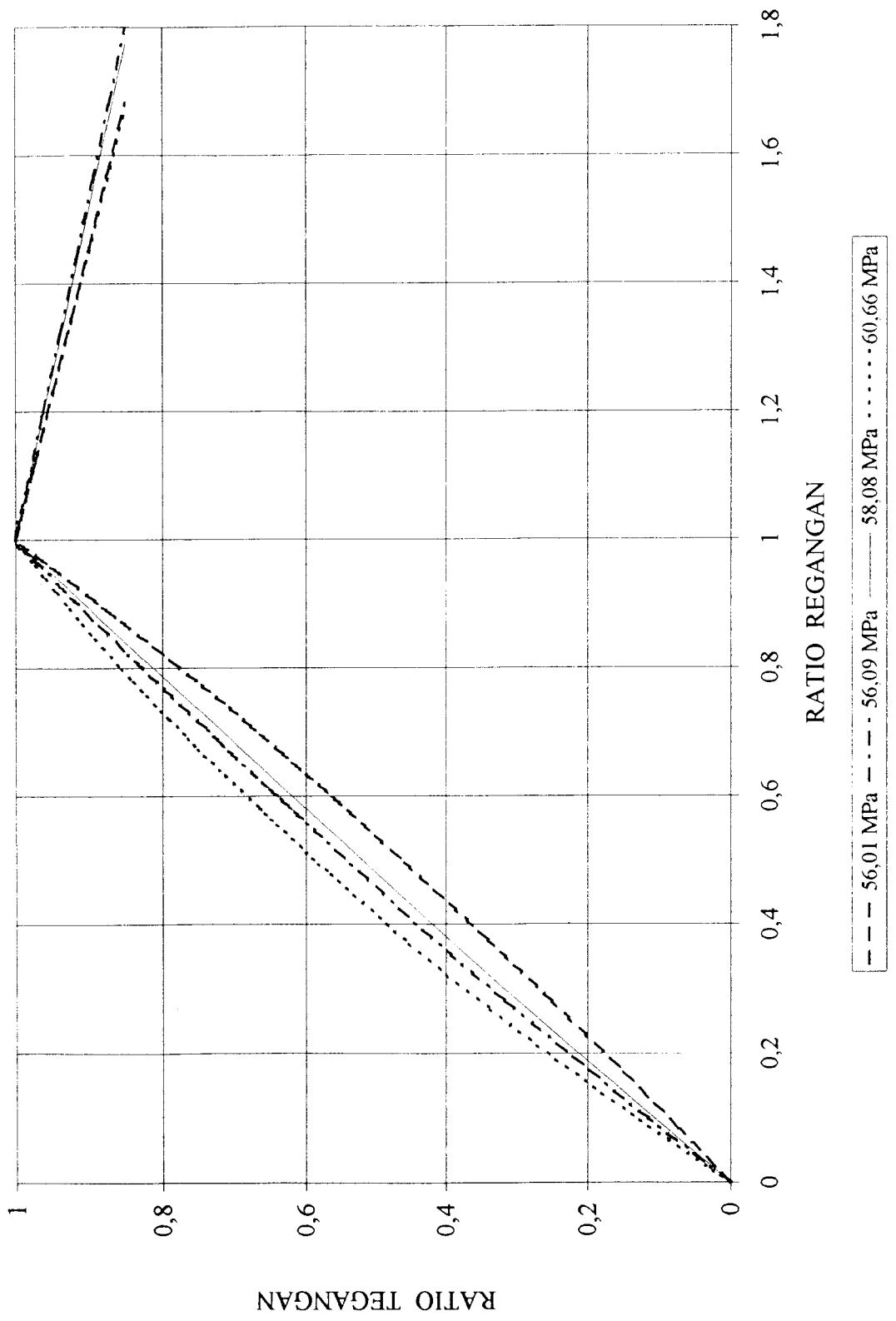


GRAFIK 5.10a DIAGRAM TEGANGAN REGANGAN NORMALISASI
(rekomendasi)



GRAFIK 5.11a DIAGRAM TEGANGAN REGANGAN NORMALISASI

(rekomendasi)



GRAFIK 5.12a DIAGRAM TEGANGAN REGANGAN NORMALISASI

