

PERPUSTAKAAN FTSP UII
HADIAH/BELI
TGL. TERIMA : 04 OCT 2001
NO. JUDUL :
NO. INV. : 567/TA/JTS
NO. INDUK :
5120003098001

TUGAS AKHIR

**PENELITIAN LABORATORIUM
PENGARUH SUBSTITUSI SEBAGIAN SEMEN
DENGAN ABU SEKAM PADI (*RICE HUSK ASH*) DAN
KAPUR PADAM TERHADAP KUAT DESAK BETON**



Disusun Oleh :

MUCHAMMAD

NO. MHS. : 86 310 146
NIRM : 865014330125

BURHANUDDIN

NO. MHS. : 90 310 114
NIRM : 900051013114120098

MILIK PERPUSTAKAAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN UII YOGYAKARTA

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2001**

**PENELITIAN LABORATORIUM
PENGARUH SUBSTITUSI SEBAGIAN SEMEN
DENGAN ABU SEKAM PADI (*RICE HUSK ASH*) DAN
KAPUR PADAM TERHADAP KUAT DESAK BETON**

**DIAJUKAN SEBAGAI SYARAT UNTUK MEMPEROLEH GELAR
SARJANA STRATA-1 DI FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN JURUSAN TEKNIK SIPIL**

Disusun Oleh :

MUCHAMMAD	86 310 146
BURHANUDDIN	90 310 114

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

2001

LEMBAR PENGESAHAN
PENELITIAN LABORATORIUM
PENGARUH SUBSTITUSI SEBAGIAN SEMEN
DENGAN ABU SEKAM PADI (*RICE HUSK ASH*) DAN
KAPUR PADAM TERHADAP KUAT DESAK BETON

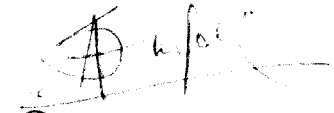
Disusun Oleh :

MUCHAMMAD	86 310 146
BURHANUDDIN	90 310 114

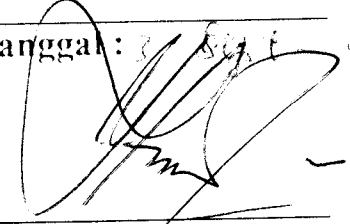
TELAH DIPERIKSA DAN DISETUJUI OLEH :

Ir. HM. SAMSUDIN, MT
Dosen Pembimbing I

Ir. H. ILMAN NOOR, MSCE
Dosen Pembimbing II



Tanggal : 30/08/2001



Tanggal : 30/08-2001

MOTTO

"Segala sesuatu punya jalan sendiri-sendiri dan jalan menuju surga adalah Ilmu"

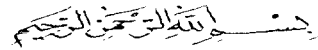
"Manakala halal dan haram berkumpul, maka yang haram lebih dimenangkan"

"Allah tujuan kami, Rosulullah pemimpin kami, Al-Qur'an pedoman kami, Jihad jalan da'wah kami dan Syahid cita-cita tertinggi kami"

"Sesungguhnya sholatku, ibadahku, hidupku dan matiku hanyalah untuk Allah semesta alam"

"Hidup mulia atau mati Syahid"

KATA PENGANTAR



Assalaamu'alaikum Wr.Wb.

Segala puji kami panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan ridlo-Nya kepada kita semua. Khususnya kepada penyusun, karena dengan Kasih dan Sayang-Nyalah Tugas Akhir ini dapat diselesaikan. Sholawat dan salam semoga terlimpah kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW beserta para keluarga, sahabat dan pengikutnya hingga akhir hayat.

Tugas Akhir dalam bentuk penelitian laboratorium dengan judul “PENGARUH SUBSTITUSI SEBAGIAN SEMEN DENGAN ABU SEKAM PADI (*RICE HUSK ASH*) DAN KAPUR PADAM TERHADAP KUAT DESAK BETON“ ini kami ajukan sebagai syarat guna memperoleh derajat strata-I (S1) pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Hal ini tidak lepas dari dukungan serta sumbangan pikiran berbagai pihak yang selalu memberikan motivasi dalam menghadapi hambatan yang terjadi selama pelaksanaan penelitian dan penyusunan laporan. Untuk itu dengan segala keikhlasan hati penyusun menghaturkan banyak terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. H. Widodo MSCE., PhD, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta

2. Bapak Ir. HM. Samsudin, MT., selaku Dosen Pembimbing I
3. Bapak Ir. H. Ilman Noor, MSCE., selaku Dosen Pembimbing II
4. Bapak, Ibu, dan Kakak serta saudara-saudara kami yang telah banyak memberi bantuan dan dorongan moril maupun materil dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Ir. Fatkhurrohman N, MT., Ir. H. Kasam, MT., Ir. Tri Fajar Budiono, dan saudara Hariadi Sihono, ST., Imawan Wibisana, ST., (alm) Rifqi Dewobroto, ST., selaku pemberi masukan dan ide tentang Tugas Akhir ini.
6. Segenap karyawan dan rekan-rekan mahasiswa seperjuangan di Jurusan Teknik Sipil UII, Yogyakarta.
7. Rekan-rekan mahasiswa di kost "Usaha Mulia" Jl. Kaliurang Km.10.5 Yogyakarta.
8. Pihak-pihak lain yang telah banyak membantu dan tidak bisa disebutkan satu-persatu disini.

Penyusun menyadari dalam penyusunan Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan dan kesalahan. Untuk penyusun mengharapkan kritik dan saran yang bersifat konstruktif dalam pengembangan dimasa mendatang. Penyusun berharap semoga Tugas Akhir ini bermanfaat bagi mahasiswa Teknik Sipil dan pembaca pada umumnya.

Akhirnya kata semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan rahmat-Nya kepada kita semua sehingga kita sebagai hamba-Nya bisa senantiasa bersyukur nikmat yang telah diberikan oleh-Nya dan kita dapat selalu berkreasi untuk mencapai hal yang lebih baik dari apa yang telah kita peroleh sekarang. Amien.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR NOTASI	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
ABSTRAKSI	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Lingkup Permasalahan	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.5 Batasan Masalah.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
BAB III LANDASAN TEORI	10
3.1 Umum.....	10
3.2 Material Penyusun Beton	11
3.2.1 Semen Portland	11
3.2.2 Agregat Halus.....	15
3.2.3 Agregat Kasar.....	16
3.2.4 Air.....	17
3.3 Bahan Tambah Pozzolan.....	19

3.4	Abu Sekam Padi (<i>Rice Husk Ash</i>)	22
3.5	Kapur	27
3.6	Faktor Air Semen	28
3.7	<i>Slump</i>	30
3.8	<i>Workability</i>	31
3.9	Metode Perencanaan Adukan Beton	32
3.10	Kekuatan Beton	38
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN		41
4.1	Standar tes dan Spesifikasi Bahan	41
4.2	Alat-alat yang digunakan	43
4.3	Prosedur Penelitian	45
4.4	Perencanaan Perhitungan Campuran Beton	48
4.5	Perencanaan Kebutuhan Total Semen, <i>RHA</i> Dan Kapur Padam Dalam Berbagai Variasi Benda Uji	51
4.6	Pembuatan Campuran Beton	55
4.7	Pengujian <i>Slump</i>	55
4.8	Pembuatan Benda Uji	56
4.9	Perawatan Benda Uji	57
4.10	Pengujian Benda Uji	57
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN		58
5.1	Hasil Penelitian	58
5.2	Modulus Elastis Dan Modulus Kenyal beton	67
5.3	Hasil Hitungan Tegangan dan Regangan Beton	68
5.4	Pembahasan	80
5.4.1	Tinjauan umum	80
5.4.2	Kuat desak beton	81
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN		87

6.1 Kesimpulan.....	87
6.2 Saran	88
DAFTAR PUSTAKA.....	90
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1 Susunan unsur dalam semen (Neville, 1975).....	12
Tabel 3.2 Komposisi unsur utama semen portland (Neville, 1975).....	12
Tabel 3.3 Sifat fisik standart pozzolan (Murdock dan Brook, 1991).....	20
Tabel 3.4 Sifat kimia standart pozzolan (Murdock dan Brook, 1991).....	20
Tabel 3.5 Kandungan abu dan silika beberapa tanaman (Swamy, 1986).....	24
Tabel 3.6 Komposisi abu sekam padi (Swamy, 1986).....	25
Tabel 3.7 Nilai slump untuk berbagai macam struktur (Kardiono, 1992).....	28
Tabel 3.8 Nilai K untuk beberapa keadaan (Kardiono, 1992).....	30
Tabel 3.9 Nilai deviasi standar (kg cm^2) (Antono, 1988).....	31
Tabel 3.10 Faktor modifikasi simpangan baku untuk data uji kurang dari 30 sampel (Kardiono, 1992).....	31
Tabel 3.11 Hubungan faktor air semen dengan kuat kubus beton umur 28 hari (Kardiono, 1992).....	32
Tabel 3.12 FAS berdasarkan pengaruh tempat elemen (Kardiono, 1992).....	32
Tabel 3.13 Nilai slump berdasarkan penggunaan jenis elemen (Kardiono, 1992).....	33
Tabel 3.14 Perkiraan nilai slump berdasarkan ukuran maksimum agregat (Kardiono, 1992).....	34
Tabel 3.15 Perkiraan kebutuhan agregat kasar per- m^3 beton berdasarkan ukuran maksimum agregat dan modulus halus butir pasir (m^3) (Kardiono, 1992).....	35
Tabel 4.1 Gradasi pasir alam asal sungai Progo.....	39
Tabel 4.2 Alat-alat yang digunakan.....	40

Tabel 4.3 Variasi campuran <i>PC</i> , <i>RHA</i> dan kapur padam.....	44
Tabel 5.1 Hasil kuat desak beton dengan campuran 10% <i>RHA</i> + 0% Kapur Padam.....	56
Tabel 5.2 Hasil kuat desak beton dengan 10% <i>RHA</i> + 5% Kapur Padam.....	57
Tabel 5.3 Hasil kuat desak beton dengan 10% <i>RHA</i> + 10% Kapur Padam.....	58
Tabel 5.4 Hasil kuat desak beton dengan 10% <i>RHA</i> + 15% Kapur Padam.....	59
Tabel 5.5 Hasil kuat desak beton dengan 10% <i>RHA</i> + 20% Kapur Padam.....	60
Tabel 5.6 Hasil kuat desak beton normal (0% <i>RHA</i> + 0%kapur padam).....	61
Tabel 5.7 Hasil hitungan tegangan (σ) dan regangan (ϵ) untuk beton dengan variasi 10% <i>RHA</i> + 0% kapur padam.....	65
Tabel 5.8 Hasil hitungan modulus elastis dan modulus kenyal untuk beton dengan variasi 10% <i>RHA</i> + 0% kapur padam.....	66
Tabel 5.9 Hasil hitungan tegangan (σ) dan regangan (ϵ) untuk beton dengan variasi 10% <i>RHA</i> + 5% kapur padam.....	67
Tabel 5.10 Hasil hitungan modulus elastis dan modulus kenyal untuk beton dengan variasi 10% <i>RHA</i> + 5% kapur padam.....	68
Tabel 5.11 Hasil hitungan tegangan (σ) dan regangan (ϵ) untuk beton dengan variasi 10% <i>RHA</i> + 10% kapur padam.....	69
Tabel 5.12 Hasil hitungan modulus elastis dan modulus kenyal untuk beton dengan variasi 10% <i>RHA</i> + 10% kapur padam.....	70
Tabel 5.13 Hasil hitungan tegangan (σ) dan regangan (ϵ) untuk beton dengan variasi 10% <i>RHA</i> + 15% kapur padam.....	71
Tabel 5.14 Hasil hitungan modulus elastis dan modulus kenyal untuk beton dengan variasi 10% <i>RHA</i> + 15% kapur padam.....	72
Tabel 5.15 Hasil hitungan tegangan (σ) dan regangan (ϵ) untuk beton dengan	

variasi 10% <i>RHA</i> · 20% kapur padam.....	73
Tabel 5.16 Hasil hitungan modulus elastis dan modulus kenyal untuk beton dengan variasi 10% <i>RHA</i> · 20% kapur padam.....	74
Tabel 5.17 Hasil hitungan modulus elastis dan modulus kenyal untuk beton Normal (0% <i>RHA</i> · 0% kapur padam).....	75
Tabel 5.18 Hasil hitungan modulus elastis dan modulus kenyal untuk beton Normal (0% <i>RHA</i> · 0% kapur padam).....	76
Tabel 5.19 Kuat desak beton rata-rata masing-masing variasi.....	78
Tabel 5.20 Penghematan semen tiap m ³ beton.....	79
Tabel 5.21 Kuat desak beton karakteristik.....	79
Tabel 5.22 Hasil modulus elastis (E_c) dan modulus kenyal (E_k).....	82

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 3.1 Hubungan umur dengan kuat tekan pada unsur-unsur semen (Kardiono, 1992)	14
Gambar 3.2 Hubungan antara kuat desak beton dengan nilai faktor air semen (Kardiono, 1992)	27
Gambar 4.1 Bagan alir prosedur penelitian.....	44
Gambar 5.1 Grafik hubungan variasi dengan kuat desak beton karakteristik (f_c).....	62
Gambar 5.2 Grafik hubungan variasi dengan kuat desak beton Rata-rata (f_{cr}).....	63

DAFTAR NOTASI

A	= konstanta
B	= konstanta
d	= diameter, mm
δL	= perpendekan benda uji, mm
ε	= regangan beton
E_c	= modulus elastisitas beton, Mpa
E_k	= modulus kenyal beton, Mpa
f _{as}	= faktor air semen
\bar{f}'_b	= kuat desak beton masing-masing benda uji, Mpa
\bar{f}'_c	= kuat desak beton karakteristik/rencana, Mpa
\bar{f}'_{cr}	= kuat desak beton rata-rata, Mpa
H _o	= tinggi benda uji, mm
k	= tetapan statistik
m	= margin/nilai tambah, Mpa
m _{hb}	= modulus halus butir
n	= jumlah benda uji tiap variasi
RHA	= <i>rice husk ash</i> (abu sekam padi)
s	= deviasi standar, kg/cm ²
SSD	= <i>saturated surface dry</i> (jenuh air di dalam kering permukaan)
σ	= tegangan beton, Mpa
W	= berat
x	= faktor air semen

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1** Data Hasil Pemeriksaan Agregat di Laboratorium
- Lampiran 2** Data Hasil Pengamatan Uji Desak Silinder Beton
- Lampiran 3** Kurva Tegangan-Regangan Silinder Beton
- Lampiran 4** Gabungan Kurva Tegangan- Regangan Silinder Beton
- Lampiran 5** Data Hasil Polynomial (Regresi) Pengamatan Uji Desak Silinder Beton

ABSTRAKSI

Perkembangan teknologi industri tidak hanya memberikan dampak positif terhadap manusia akan tetapi juga menimbulkan implikasi negatif. Salah satu contoh implikasi negatif tersebut adalah dengan menimbunnya jumlah limbah produksi industri. Suatu penelitian tentang pemanfaatan limbah telah dilakukan oleh seorang dosen dengan tema "Abu Ampas Tebu dan Kapur Padam Jadi Tambahan Beton", maka kami mempunyai gagasan untuk menggantikan Abu Ampas Tebu dengan Abu Sekam Padi sebagai bahan tambah (*Pozzolan*) dan sama halnya dengan penelitian beliau, kami juga menambahkan kapur padam sebagai bahan campuran adukan beton di dalam penelitian kami ini.

Sampai saat ini tingkat pemanfaatan abu sekam padi hanyalah sebatas sebagai abu gosok di lingkungan keluarga, di dalam penelitian ini kami mencoba memanfaatkan abu sekam padi sebagai bahan pengganti sebagian kebutuhan semen. Indonesia juga mempunyai pegunungan kapur yang sangat banyak, sehingga kapur harganya relatif murah, maka penelitian kami ini juga memanfaatkan kapur padam sebagai bahan alternatif campuran beton. Kemajuan teknologi sederhana dan tingkat madya sedang digalakkan di Indonesia terutama teknologi dalam pembuatan inovasi beton. Beton merupakan salah satu elemen struktur yang sekarang masih relatif murah harganya dibanding dengan elemen struktur lainnya. Untuk itu pemanfaatan abu sekam padi, dengan kandungan silika yang tinggi sebesar 86.9% - 91.3% dan ditambah kapur padam, dapat digunakan sebagai bahan *pozzolan*, dan sebagai bahan alternatif pengganti sebagian semen.

Suatu studi komparasi pemanfaatan limbah industri dalam perencanaan adukan beton telah dikembangkan salah satunya adalah penelitian yang mengambil topik tentang pengaruh substitusi sebagian semen dengan abu sekam padi dan kapur padam terhadap kuat desak beton. Dengan cara melakukan perbandingan antara uji kuat desak beton yang menggunakan 10% abu sekam padi untuk tiap variasi (0%, 5%, 10%, 15%, 20%) kapur padam, sebagai bahan pengganti sebagian semen dengan uji kuat desak beton normal.

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa hanya tiga variasi campuran beton yang aman serta ekonomis, sehingga dapat diaplikasikan di lapangan. Tiga variasi campuran beton tersebut adalah campuran adukan beton dengan variasi I dengan pengurangan pemakaian semen sebanyak 10%, namun kuat desak beton meningkat 4.294%. Untuk variasi II mengurangi pemakaian semen sebanyak 15%, kuat desak beton meningkat 14.742%. Dan untuk variasi III mengurangi pemakaian semen sebanyak 20% dengan kuat desak beton meningkat 20.04%, untuk variasi IV dan V kuat desak beton yang dicapai ternyata di bawah nilai kuat desak beton normal, sehingga tidak dapat dipakai sebagai alternatif campuran beton di lapangan.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Setelah kami membaca hasil penelitian yang dilakukan oleh Dr. FX Nurwadji Wibowo, MSc dan kawan-kawan dari Universitas Atma Jaya Yogyakarta, dengan tema Abu Ampas Tebu dan Kapur Padam Jadi Tambahan Beton¹, maka kami mempunyai gagasan untuk menggantikan Abu Ampas Tebu dengan Abu Sekam Padi (*Rice Husk Ash*) sebagai bahan tambah (*Pozzolan*) dan sama halnya dengan penelitian beliau, kami juga menambahkan kapur padam sebagai campuran adukan beton, yang pada akhirnya hal ini kami jadikan tema dalam penelitian kami sekarang ini. Perkembangan dalam bidang industri tidak hanya memiliki implikasi yang positif akan tetapi juga dapat memiliki implikasi yang negatif seperti hasil bahan limbah industri yang setiap harinya menumpuk. Begitu pula dalam hal perkembangan teknologi dibidang kontruksi yang tidak pernah terlepas dari upaya penciptaan alternatif teknologi yang cukup inovatif. Usaha yang serius terhadap upaya perkembangan teknologi yang inovatif perlu didukung oleh beberapa penelitian. Penelitian yang sudah sering dilakukan secara umum pada dasarnya menggunakan teknologi sederhana dan tingkat madya yang

¹ *Kedaulatan Rakyat*, 22 Januari 2000.

memanfaatkan sumber daya lokal termasuk pemanfaatan limbah industri belumlah banyak.

Dalam kondisi perekonomian negara kita yang masih tidak menentu seperti sekarang ini semua komponen masyarakat harus mampu untuk bersaing dalam membuat suatu inovasi dalam usahanya memenangkan suatu kompetisi sehingga dapat menemukan bahan struktur yang bersifat cukup kuat, cukup awet, murah dan tidak berbahaya bagi kesehatan serta mudah didapatkan. Pemanfaatan limbah industri di negara kita belumlah optimal, masih diperlukan suatu kajian yang mendalam dan lebih teliti yang nantinya dapat memberikan suatu masukan yang cukup positif dalam pemanfaatan limbah industri tersebut.

Suatu hasil samping dari industri khususnya industri dalam skala kecil yang dikelola dengan suatu manajerial sederhana yaitu industri pembuatan batu bata merah adalah hasil pembakaran sekam padi yang biasanya dinamakan abu sekam padi yang relatif banyak ditemukan pada seluruh pelosok negeri ini, khususnya pada daerah yang memiliki karakteristik tanah yang dapat dipakai sebagai bahan batu bata merah.

Harga semen *portland* yang relatif mahal akhir-akhir ini oleh karena dampak krisis moneter menyebabkan pembangunan sektor properti di negara kita kian berkurang. Oleh karena itu perlu dicari alternatif lain untuk mengurangi penggunaan semen pada campuran adukan beton khususnya, yaitu dengan mengganti sebagian semen dengan bahan ikat lain (*pozzolan*). Kendati *pozzolan* tidak mempunyai sifat yang sama persis dengan sifat semen namun dalam

keadaan halus dan dalam prosentase tertentu jika dicampur dengan kapur padam dan air akan mengeras.²

Dalam usaha mencapai suatu identitas tentang alternatif yang cukup kompetitif tersebut haruslah ada semacam usaha penelitian untuk menghasilkan produk inovatif dalam perencanaan adukan beton. Pemanfaatan limbah sebagai bahan tambah adalah limbah industri pembuatan batu bata merah yang berupa abu sekam padi. Dalam laporan ini kami mencoba memaparkan hasil penelitian laboratorium dengan tema pengaruh substitusi sebagian semen dengan abu sekam padi (*rice husk ash*) dan kapur padam terhadap kuat desak beton.

1.2 Lingkup Permasalahan

- a. Pada industri pembuatan batu bata merah yang menghasilkan limbah abu sekam padi yang relatif banyak ditemukan di daerah-daerah sekitar yang dari hari ke hari semakin menumpuk sehingga menimbulkan dampak negatif pada lingkungan sekitar (pencemaran lingkungan) dan kurang optimal dalam pemanfaatan limbah abu sekam padi tersebut.
- b. Pada penelitian-penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya dengan penggunaan Abu Sekam saja maupun dengan penggunaan Abu Sekam Padi ditambah *Rice Husk Ash*, sehingga kami merasa perlu mengadakan penelitian dengan penggunaan Abu Sekam Padi di tambah Kapur Padam guna memperkaya pengetahuan di bidang Teknologi Beton.

² Dr. FX. Nurwadji Wibowo, *Abu Ampas Tebu Jadi Tambahan Beton* (Kedaulatan Rakyat, 2000).

- c. Bahan ikat yang digunakan dalam pembuatan beton atau mortar biasanya adalah ~~semen~~ Semen merupakan bahan pengikat yang cukup mahal harganya, sehingga dalam campuran adukan beton (*mix design*) diusahakan untuk menggunakan proporsi semen seefisien mungkin.

Oleh karena itu perlu diadakan suatu penelitian menggunakan alternatif bahan tambah pozzolan yaitu limbah industri *rice husk ash* yang bertujuan dapat mengurangi proporsi jumlah semen tanpa mengurangi kekuatannya.

Pada perencanaan campuran adukan beton yang diteliti adalah pengaruh substitusi sebagian semen dengan bahan pozzolan *rice husk ash* dan kapur padam terhadap kuat desak beton.

Di dalam analisis perencanaan desain campuran adukan beton (*mix design*) digunakan metode perancangan adukan beton sesuai dengan standar *The American Concrete Institute (ACI)*. Penyederhanaan *mix design* dilakukan sebagai upaya pemakaian analisis yang cukup sederhana agar lebih mudah dipahami semua orang and lebih mudah dijadikan sebagai acuan perencanaan adukan beton di lapangan.

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana pengaruh penggunaan limbah *Rice Husk Ash* dan Kapur Padam sebagai substitusi sebagian semen dalam perencanaan adukan beton dan juga untuk mengetahui perbandingan beton normal dengan beton yang menggunakan limbah industri abu sekam padi di tambah kapur padam pada nilai kuat desak beton.

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil analisis and perancangan diharapkan dapat menghasilkan suatu produk beton struktur yang bermanfaat dengan implikasi sebagai berikut:

1. Dapat menghasilkan beton struktur yang memenuhi syarat yang cukup inovatif dengan pengurangan sejumlah semen akibat pemakaian bahan pozzolan, sehingga lebih menghemat biaya pembangunan.
2. Pemakaian pozzolan abu sekam padi (*Rice Husk Ash*) dapat memberikan kontribusi terhadap penyelamatan lingkungan dengan adanya pengurangan jumlah beban limbah industri tersebut.

1.5 Batasan Masalah

Penelitian ini dititik-beratkan sesuai dengan tujuan penelitian sehingga perlu adanya batasan-batasan sebagai berikut ini

1. Agregat kasar yang digunakan adalah batu pecah dengan diameter maximum 30 mm.
2. Agregat kasar digunakan kerikil pecah mesin dari celereng, Kulon Progo
3. Agregat halus digunakan pasir dari sungai Boyong Yogyakarta.
4. Perawatan yang diberikan pada penelitian ini dilakukan dengan cara direndam dalam air.
5. Jumlah benda uji yang digunakan sebanyak 60 buah dengan perincian 10 buah beton normal tanpa bahan tambah dan 50 buah beton dengan 5 variasi kapur padam (0%, 5%, 10%, 15%, 20%) dan tiap variasi ditambahkan 10% *RHA*.

6. Dimensi satu benda uji untuk uji kuat desak beton menggunakan silinder berukuran tinggi 300 mm and diameter 150 mm.
7. Bahan ikat adalah semen, digunakan semen jenis I merek Gresik.
8. Air yang digunakan berasal dari laboratorium Bahan Kontruksi Teknik, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
9. Uji kuat desak beton dilakukan pada umur 28 hari, dilaksanakan Laboratorium Bahan Kontruksi Teknik, Universitas Islam Indonesia.
10. Abu sekam padi diambil dari perusahaan batu bata merah di daerah Pleret, Kabupaten Bantul.
11. Abu sekam yang digunakan merupakan abu sekam yang langsung diambil dari tempat pembakaran dan tanpa ada persyaratan khusus ketika pembakaran dan lolos saringan nomor 150.
12. Kapur yang kami pakai dalam penelitian ini adalah dari jenis kapur padam yang telah dihaluskan, berasal dari Wonosari, Gunung Kidul.
13. Mutu beton rencana 20 Mpa, dan benda Uji didisain untuk pemakaian balok.
14. Reaksi kimia yang terjadi tidak kami bahas di dalam penelitian ini.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Hasil Penelitian Yang Pernah Dilakukan

Penelitian ini merupakan suatu usaha untuk menghasilkan inovasi dalam pembuatan beton struktur dengan beberapa referensi penelitian sebagai berikut ini:

Hasil penelitian yang dilakukan oleh Sabilirrahman dan Anas Daro Muhyana menyimpulkan bahwa pemakaian bahan tambah berupa abu sekam padi (*rice husk ash*) sebagai bahan pengganti semen sebanyak 9% dari berat semen portland pada mortar semen akan menghasilkan kuat desak yang optimum sebesar $277,6 \text{ kg/cm}^2$ lebih besar dari pada campuran mortar tanpa abu sekam padi yaitu $246,76 \text{ kg/cm}^2$, sehingga muncul kenaikan kuat desak sebesar 12,52%. Selain itu pemakaian abu sekam padi sebagai bahan tambah akan mengurangi berat jenis dari mortar dibandingkan dengan mortar tanpa menggunakan bahan tambah abu sekam padi. Penurunan berat mortar beton semakin sebanding dengan penambahan abu sekam padi.¹

Dalam penelitian yang dilakukan Rifqi dan Surya ini dapat diambil kesimpulan bahwa dengan adanya penambahan pozzolan abu sekam padi (*Rice Husk Ash*) sebanyak 9% dapat mengurangi semen sampai seberat 28,89 kg untuk setiap 1 m^3 adukan semen dan diperoleh kuat desak beton mencapai 23,5866 Mpa

¹ Sabilirrahman dan Anas Daro Muhyana, 1996.

atau mengalami kenaikan kuat desak sebesar 43,32 % dibandingkan dengan kuat desak beton normal.²

Penelitian selanjutnya telah dilakukan oleh Heru Dwi Hantara dan Arif Faidlur Rohman (1999) menyimpulkan bahwa pemakaian bahan tambah *RHA* sebagai substitusi semen sebanyak 10% dapat mengurangi semen seberat 45.974 kg untuk tiap m³ adukan beton. Kuat desak beton dengan *Pozzolan RHA* sebanyak 10% didapat sebesar 39.603552 Mpa atau mengalami kenaikan kuat desak sebesar 47.772794% dibandingkan kuat desak beton normal sebesar 26.8003 Npa yang kesemuanya menggunakan mutu beton rencana 30 Mpa.

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Teguh Pandit Wirawan menarik kesimpulan yaitu bahwa dengan adanya penambahan abu sekam padi (*Rice Husk Ash*) sebagai *pozzolan* dan kapur padam untuk mereduksi sebagian semen pada bata beton pejal akan menurunkan kuat tekannya. Kuat tekan yang didapat dari bata beton lokal sekitar 14,45 kg/cm² (produksi Putra Makmur) dan 16,10 kg/cm² (produksi Diamont) memiliki kuat tekan dibawah standar dari hasil penelitian. Selain itu secara keseluruhan variasi campuran yang paling efektif adalah campuran 1:1,8 dengan kadar abu sekam 40% dan campuran 1:1:10 dengan kadar abu sekam 30% dan campuran 1:1:12 dengan kadar abu sekam 10% ((*PC* + *RHA*) : *KP* : *PS*).³

Penelitian yang dilakukan oleh Agus Setyo Muntohar menyimpulkan bahwa penambahan kapur dan abu sekam padi (*RHA*) akan mempengaruhi

² Rifqi Dewobroto dan Surya Adinata, 1999.

³ Teguh Pandit Wirawan, 1997.

karakteristik mekanis tanah lempung. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan *RHA* pada variasi *RHA* 0-10% memberikan hasil yang cukup memuaskan terhadap peningkatan parameter kuat geser tanah dibandingkan pada variasi *RHA* 10-0%. Peningkatan nilai modulus elastisitas tanah (*E*) sejalan dengan peningkatan sifat mekanisnya. Nilai *E*, yang dinyatakan oleh *Initial Tangent Modulus* berkisar antara 200,2 kPa 205,1 kPa. Sedangkan nilai *secant modulus* bervariasi pada regangan 0-2 %, dan 2-6 %. Perilaku tanah lempung pada penambahan *RHA*. 0-10% dan *RHA*. 20-0% adalah mengalami keruntuhan getas. Oleh karena itu perlu dikaji lebih lanjut pengaruhnya dalam aplikasi di lapangan.⁴

⁴ Agus Setyo Muntohar, 1999.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Umum

Beton merupakan bahan bangunan yang digunakan secara luas diperoleh dengan cara mencampurkan semen *portland*, air, dan agregat pada perbandingan tertentu dengan atau tanpa bahan tambahan *pozzolan*. Reaksi yang terjadi antara semen dengan air akan membentuk suatu pasta pengikat dimana dalam jangka waktu tertentu akan mengeras. Beton yang mengeras dapat dianggap sebagai batuan tiruan, yang tersusun dari agregat kasar (batu pecah dan kerikil) dan agregat halus (pasir) yang mengisi rongga-rongga antara butiran yang lebih besar serta pasta semen dan bahan *pozzolan* yang mengisi rongga-rongga kecil antara butiran pasir.

Peningkatan kemampuan atau mutu beton yang sejalan dengan pengurangan fas yang dipergunakan berlaku juga pada beton struktur lainnya. usaha lain adalah dengan pemanfaatan fenomena bahwa semakin padat mortar beton atau semakin kecil pori-pori yang ada semakin tinggi mutu beton yang dihasilkan. Pada mortar beton, semen dan air yang berupa pasta pengikat agregat halus dan kasar yang masih menyisakan rongga atau pori-pori yang tidak dapat terisi oleh butiran semen. Ruang yang tidak ditempati butiran semen merupakan rongga yang berisi udara dan air yang saling berhubungan yang disebut kapiler. Kapiler yang terbentuk akan tetap tinggal ketika beton telah mengeras, akibatnya

akan dapat berpengaruh terhadap turunnya kekuatan beton.¹ Terbentuknya kapiler ini dapat diantisipasi dengan menggunakan bahan tambah (*pozzolan*). Bahan tambah ini merupakan bahan khusus yang ditambahkan dalam mortar sebagai pengisi dan pada umumnya berupa bubuk mineral aktif.²

3.2 Material Penyusun Beton

Beton adalah suatu bahan elemen struktur yang memiliki suatu karakteristik yang spesifiknya terdiri dari beberapa bahan penyusun sebagai berikut :

3.2.1 Semen *Portland*

Semen *portland* adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis dengan gips sebagai bahan tambahan (PUBI – 1982) yang berupa bubuk halus dengan kandungan kapur, silika, dan alumina. Unsur-unsur pokok yang terdapat dalam semen *portland* dapat dilihat dalam tabel 3.1. Oksida-oksida tersebut berinteraksi satu sama lain untuk membentuk serangkaian produk yang lebih kompleks selama proses peleburan.

¹ Ahmad Antono, 1993.

² Murdock dan Brook, 1986.

Tabel 3.1 Susunan Unsur Dalam Semen (Nevile, 1975)

Oksida	Persen
Kapur, CaO	60 – 65
Silika, 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

Walaupun demikian pada dasarnya dapat disebutkan 4 unsur yang paling penting yaitu dalam tabel 3.2.

Tabel 3.2 Komposisi Unsur Utama Semen Portland (Nevile, 1975)

Nama Unsur		Komposisi Kimia	Simbol
Trikalsium silikat	3	CaO . SiO ₂	C ₃ S
Dikalsium silikat	1	CaO . SiO ₂	C ₂ S
Trikalsium aluminat	2	CaO . Al ₂ O ₃	C ₃ A
Tetrakalsium Aliminoforit	3	CaO . Al ₂ O ₃ . Fe ₂ O ₃	C ₄ AF

C₃S dan C₂S merupakan dua unsur utama yang pertama yang menempati kurang lebih 70% - 80% dari seluruh proporsi semen sehingga merupakan bagian

yang paling dominan dalam memberikan sifat semen.³ Bila semen terkena air, maka C_3S akan segera berhidrasi dan menghasilkan panas. Selain itu, unsur ini juga berpengaruh besar terhadap pengerasan semen, terutama setelah mencapai umur 14 hari. Sebaliknya C_3S bereaksi dengan air lebih lambat sehingga hanya berpengaruh terhadap pengerasan semen setelah lebih dari 7 hari, dan memberikan kekuatan akhir. C_2S ini juga membuat semen tahan terhadap serangan kimia dan akan mempengaruhi susutan pengeringan. Unsur C_3A berhidrasi secara exothermic, dan bereaksi sangat cepat, memberikan kekuatan sesudah 24 jam.

C_3A bereaksi dengan air sebanyak kira-kira 40 % beratnya, namun karena jumlah unsur ini yang sedikit maka pengaruhnya pada jumlah air hanya sedikit. Unsur C_3A ini sangat berpengaruh pada panas hidrasi tertinggi, baik selama pengerasan awal maupun pengerasan berikutnya yang pampang. Semen yang mengandung unsur ini lebih dari 10% akan kurang terhadap serangan asam sulfat. Oleh karena itu semen tahan sulfat tidak boleh mengandung unsur C_3A terlalu banyak (maksimum 5 % saja). Semen yang terkena asam sulfat (SO_4) didalam air atau tanah disebabkan karena keluarnya C_3A yang bereaksi dengan sulfat, dan mengembang, sehingga terjadi retak-retak pada beton.

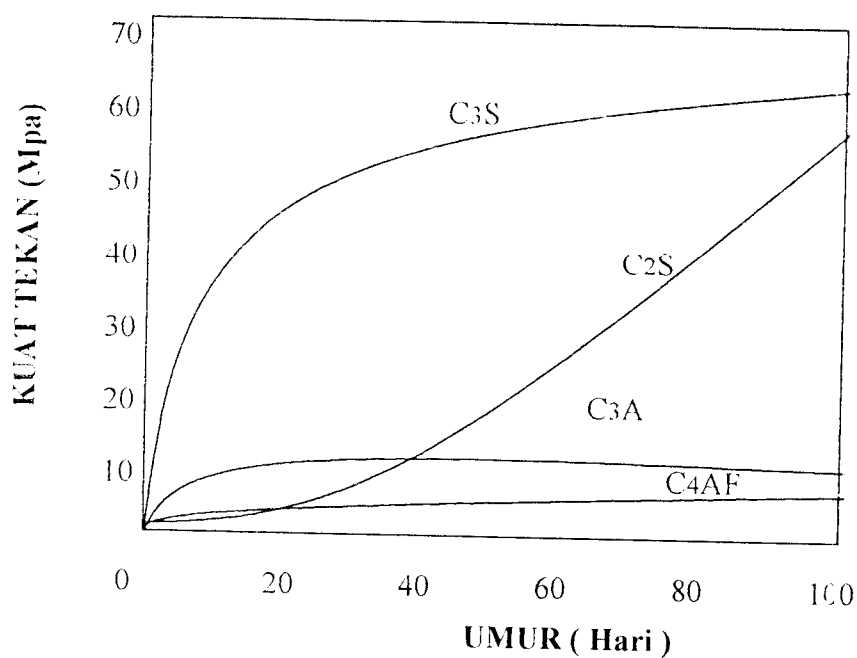
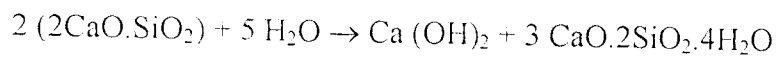
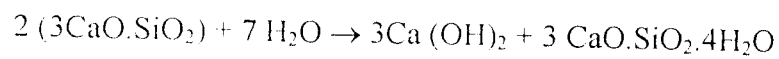
Unsur C_4AF kurang begitu besar pengaruhnya terhadap kekerasan semen atau beton.

Namun sejumlah unsur C_3A dan C_4AF tetap ditambahkan pada semen mengingat pengaruhnya terutama untuk menurunkan temperatur dalam kilang atau tanur pembakaran dan memfasilitasi kombinasi kapur dan silika pada proses

³ Kardiyono/Tjokrodinuljo, *Teknologi Beton* (Yogyakarta : UGM, 1992)

produksi semen.⁴ Untuk lebih jelasnya pengaruh keempat senyawa kimia tersebut terhadap unsur pengerasan semen dapat diperlihatkan pada gambar 3.1.

Proses hidrasi pada semen cukup rumit, tidak semua reaksi dapat diketahui secara terperinci. Reaksi dari unsur C₂S dan C₃S adalah berikut ini⁵



**Gambar 3.1 Hubungan umur dengan kuat tekan pada unsur-unsur semen
(Kardiyo Tjokrodimuljo, 1992)**

Proses hidrasi pada semen cukup rumit, tidak semua reaksi dapat diketahui hasil utama dari proses reaksi hidrasi di atas adalah C₃S₂H₃ yang biasa disebut

⁴ Nevile, 1975

⁵ Kardiyo Tjokrodimuljo, *Teknologi Beton* (Yogyakarta: UGM, 1992).

Tobermorit yang berbentuk gel dengan sifatnya seperti bahan perekat. Panas hidrasi juga dikeluarkan selama proses berlangsung. Hasil lainnya adalah kapur, yang merupakan sisa proses tersebut. Kapur bebas ini akan mengurangi kekuatan semen karena kemungkinan larut dalam air, lalu menguap yang menyebabkan poreus. Penggunaan bahan *pozzolan* sebagai bahan tambah pada penelitian ini dimaksudkan untuk mengikat kapur bebas tersebut, sehingga diharapkan dapat terjadi reaksi penghasil zat perekat yang memperkuat mortar semen. Dari uraian tersebut tampak bahwa prosentase yang berbeda dari unsur-unsur yang ada dalam semen membuat semen memiliki sifat dan fungsi yang berbeda-beda.

Semen *portland* dibuat dengan cara mencampur dan membakar bahan dasar semen dengan suhu 1550°C dan menjadi klinker. Ketika semen dicampur dengan air, timbul reaksi kimia antara unsur-unsur penyusun semen dengan air. Reaksi-reaksi ini menghasilkan bermacam-macam senyawa kimia yang menyebabkan ikatan dan pengerasan.⁶

Reaksi kimia antara semen dengan air menghasilkan senyawa-senyawa yang disertai pelepasan panas. Kondisi ini mempunyai resiko besar terhadap penyusutan kering beton dan kecenderungan retak pada beton.

3.2.2 Agregat Halus

Agregat halus adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran beton yang memiliki ukuran butiran $< 5\text{ mm}$. Agregat

⁶ Kardiyono Tjokrodinuljo, *Teknologi Beton* (Yogyakarta: UGM, 1992).

halus atau pasir dapat berupa pasir alam, sebagai hasil disintregasi alam dari batuan, atau debu hasil dari pecahan batu yang dihasilkan mesin pemecah batu (*Stone Crusher*). Di dalam penelitian ini digunakan pasir alam sebagai agregat halus dari Boyong Kab. Sleman DIY.

3.2.3 Agregat kasar

Agregat kasar adalah kerikil sebagai hasil desintrigasi alami dari batuan alam atau berupa batu pecah dengan ukuran 5 – 30 mm.⁷ Berdasarkan berat jenisnya, agregat kasar dibedakan menjadi 3 golongan sebagai berikut ini.⁸

a. Agregat normal

Agregat normal adalah berat jenisnya antara 2,5 – 2,7 gram/cm³, dimana agregat ini biasanya berasal dari basalt, granit, kuarsa dan sebagainya. Adapun beton yang dihasilkan memiliki berat jenis sekitar 2,3 gram/cm³.

b. Agregat berat

Adalah agregat yang memiliki berat jenis lebih dari 2,8 gram/cm³, misalnya magnetik (Fe_3SO_4), Barit (BaSO_4) atau serbuk besi. Beton yang dihasilkan dari jenis agregat ini memiliki berat jenis tinggi sampai dengan 5 gram/cm³, dan biasanya digunakan sebagai pelindung radiasi.

c. Agregat ringan

Adalah agregat yang mempunyai berat jenis lebih kecil dari 2,0 gram/cm³ yang biasanya dibuat sebagai beton ringan.

⁷ Kusuma dan Vis, 1993.

⁸ Kardiyono Tjokrodinuljo, *Teknologi Beton* (Yogyakarta: UGM, 1992).

3.2.4 Air

Air merupakan bahan dasar pembuat beton yang penting. Di dalam campuran beton, air mempunyai dua buah fungsi, yang pertama untuk memungkinkan reaksi kimia yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya pengerasan, dan kedua, sebagai pelicin campuran kerikil, pasir, dan semen agar mudah dikerjakan dan dipadatkan.⁹

Untuk bereaksi dengan semen, air yang diperlukan hanya sekitar 20%-30% berat semen. Tetapi dengan nilai faktor air semen yang kecil, adukan beton menjadi sulit dikerjakan. Maka diberikan kelebihan jumlah air yang dipakai sebagai pelumas. Tambahan air untuk pelumas ini tidak boleh terlalu banyak karena kekuatan beton akan turun.¹⁰

Air merupakan bahan dasar pembuatan beton yang paling murah tetapi sangat penting peranannya. Air diperlukan untuk bereaksi dengan semen serta menjadi bahan pelumas antara butir-butir agregat agar mudah dikerjakan dan dipadatkan. Untuk mengadakan reaksi hidrasi dengan semen diperlukan sedikitnya 20 – 30 % jumlah air dari berat semen, namun pada kenyataannya nilai faktor air semen yang dipakai sebesar 0,35 akan sulit dilakukan. Kelebihan air ini akan sebagai pelumas dengan catatan penambahan air untuk pelumas ini tidak boleh terlalu banyak karena kekuatan beton akan rendah dan menghasilkan beton yang poreus. Selain itu kelebihan air akan bersama-sama dengan semen bergerak ke permukaan adukan beton segar yang baru dituang (*bleeding*) yang kemudian

⁹ Murdock dan Brook, 1991.

¹⁰ Kardiyono Tjokrodimuljo, *Teknologi Beton* (Yogyakarta: UGM,1992).

Dalam penelitian ini air yang dipergunakan didalam campuran adukan beton pada penelitian ini adalah air yang diambil dari PDAM Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik FTSP Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

3.3 Bahan Tambah (*Pozzolan*)

Bahan tambah mineral berupa *pozzolan* adalah bahan yang mengandung senyawa silika atau silika alumina dan alumina yang tidak mempunyai sikap mengikat seperti semen akan tetapi dalam bentuknya yang halus dan dengan adanya air, maka senyawa-senyawa tersebut akan bereaksi dengan kalsium hidroksida pada suhu normal membentuk senyawa kalsium hidrat dan kalsium silikat hidrat yang bersifat hidroulis dan mempunyai angka kelarutan yang cukup rendah.

Menurut ASTM C 618-86 mutu *pozzolan* dibedakan menjadi 3 kelas dimana tiap-tiap kelas ditentukan komposisi kimia dan sifat-sifatnya. *Pozzolan* mempunyai mutu yang baik apabila jumlah kadar $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ tinggi dan reaktifitasnya tinggi dengan kapur. Ketiga kelas untuk masing-masing *pozzolan* adalah sebagai berikut ini.¹²

a. *Pozzolan* kelas N

Yaitu *pozzolan* alam atau hasil pembakaran, *pozzolan* yang dapat digolongkan didalam jenis ini seperti tanah *diatomic*, *opaline cherts* dan *shales*, *tuff*, dan abu vulkanik (*pumicite*), dimana bisa diproses melalui pembakaran maupun

¹² Murdock dan Brook, 1991.

tidak. Selain itu juga berbagai material hasil pembakaran yang memiliki sifat *pozzolan* yang baik.

b. *Pozzolan* kelas C

Yaitu jenis *Fly Ash* yang mengandung CaO diatas 10% yang dihasilkan dari pembakaran *lignite* atau *sub bitumen* batubara.

c. *Pozzolan* kelas F

Yaitu jenis *Fly Ash* yang mengandung CaO kurang dari 10% yang dihasilkan dari pembakaran *anthracite* atau bitumen batubara.

Adapun sifat-sifat fisik dan kimia *pozzolan* yang distandarkan ditunjukkan lebih jelas pada tabel 3.3 dan tabel 3.4.

Tabel 3.3. Sifat fisik standar *pozzolan* (Murdock dan Brook, 1991)

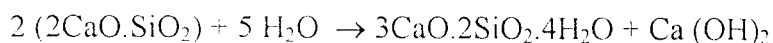
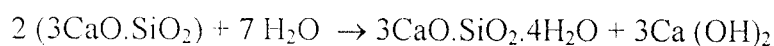
Sifat Fisik Bahan	N	C	F
Kehalusan : tertahan ayakan no 325 (% maksimum)	34	34	34
<i>Pozzolan</i> aktifitas Indeks dengan PC pada 28 hari (% min)	115	105	105
Kebutuhan air maksimum (%) dari kontrol			

Tabel 3.4. Sifat kimia standar *pozzolan* (Murdoek dan Brook , 1991)

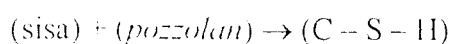
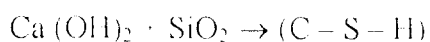
Sifat Kimia Bahan	N	C	F
- SiO ₂ + Al ₂ O ₃ + FE ₂ O ₃ (% minimum)	70	50	70
- SO ₃ (% maksimum)	4	5	5
- Na ₂ O (% maksimum)	1,5	1,5	1,5
- Kadar kelembaban (% maksimum)	3	3	3
- Loss ignition (% maksimum)	10	6	12

Pozzolan yang ditambahkan pada campuran adukan beton sampai batas tertentu dapat menggantikan semen untuk memperbaiki kelecakan dan menambah ketahanan beton dari serangan kimiawi.¹³ Penambahan bahan *pozzolan* juga dapat meningkatkan kekuatan beton. Hal ini karena terjadi reaksi pengikatan kapur bebas, sisa proses hidrasi semen dan air. Dengan bahan *pozzolan* ini, sisa hasil rekasi hidrasi semen dapat menghasilkan semacam gel yang berfungsi sebagai bahan perekat, yang dapat diilustrasikan sebagai berikut ini.¹⁴

1. Reaksi hidrasi semen



2. Reaksi pozzolanik



¹³ Swamy, 1986.

¹⁴ Swamy, 1986.

Menurut proses pembentukannya atau asalnya didalam ASTM 593 – 82, bahan *pozzolan* dapat dibedakan menjadi 2 jenis yaitu sebagai berikut ini

1. *Pozzolan* alam

Adalah bahan alam yang merupakan sedimentasi dari abu atau lava gunung berapi yang mengandung silika aktif, yang bila dicampur dengan kapur padam akan mengadakan proses sementasi.

2. *Pozzolan* buatan

Adalah jenis *pozzolan* yang sebenarnya banyak macamnya, baik berupa sisa pembakaran dari tungku, maupun hasil pemanfaatan limbah yang diolah menjadi abu yang mengandung silika reaktif dengan melalui proses pembakaran.

3.4. Abu Sekam Padi (*Rice Husk Ash*)

Abu sekam padi merupakan abu yang dihasilkan dari pembakaran sekam padi. Jika sekam padi (kulit padi yang dipakai setelah proses penggilingan) dibakar dalam kondisi terkontrol, abu sekam yang dihasilkan sebagai sisa pembakaran, memiliki sifat pozzolanik yang tinggi, karena kandungan silikanya. Proses pembakaran sekam sampai menjadi abu, membantu menghilangkan kandungan kimia organik dan meningkatkan silika yang cukup banyak. perlakuan panas terhadap silika dalam sekam berakibat pada perubahan struktur yang berpengaruh terhadap aktifitas *pozzolan* abu dan kehalusan butiran.

Kehilangan berat jenis sekam padi terjadi pada saat mula-mula pembakaran yang suhunya mencapai 100° C, hal ini diakibatkan oleh penguapan kandungan airnya.

menjadi buih untuk membentuk lapisan tipis (*laitance*) yang akan mengurangi lekatan antara lapis-lapis beton yang merupakan bidang lambung yang lemah.

Air yang memenuhi persyaratan untuk digunakan sebagai campuran beton adalah air minum, tetapi tidak berarti air pencampur beton harus memenuhi persyaratan air minum. Secara umum air yang dipakai untuk mencampur beton ialah air yang bila dipakai akan dapat menghasilkan beton dengan kekuatan lebih dari 90% dari kekuatan beton yang memakai air suling. Kekuatan beton akan turun apabila air pencampur mortar beton tercampur dengan kotoran. Dalam pemakaiannya air sebaiknya memenuhi persyaratan sebagai berikut ini.¹¹

1. Tidak mengandung lumpur atau benda melayang lainnya lebih dari 2 gram/liter tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik, dan sebagainya) lebih dari 15 gram/liter.
2. Tidak mengandung khlorida (Cl_2) lebih dari 0,5 gram/liter
3. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter.

Untuk air perawatan, dapat dipakai juga air yang dipakai untuk pengadukan, tetapi harus yang tidak menimbulkan noda atau endapan yang merusak warna permukaan sehingga tidak sedap dipandang. Besi atau zat organis dalam air umumnya sebagai penyebab utama pengotoran atau perubahan warna, terutama jika perawatan cukup lama.

¹¹ Kardiyono Tjokrodinuljo, *Teknologi Beton* (Yogyakarta: UGM, 1992).

Pada suhu yang lebih tinggi lagi yaitu 350°C , zat-zat yang mudah menguap mulai terbakar dan semakin memperbesar kehilangan beratnya. Kehilangan berat terbesar terjadi pada suhu antara 400°C sampai 500°C dan pada tahap ini mulai terbentuk oksida karbon. Diatas suhu 600°C , ditentukan beberapa variasi formasi kristal *quartz*. Jika temperatur ditambah, maka sekam padi berubah bentuk menjadi kristal silika yang lain, tergantung pada penambahan temperaturnya. Pada penambahan awal, kristal yang terbentuk adalah *crystabolite* dan selanjutnya ada temperatur yang lebih tinggi adalah *tridymite*. Jika pembakaran melebihi suhu 800°C , akan dihasilkan bentuk dasar kristal silika, meskipun demikian, abu sekam padi tidak akan meleleh sampai dengan suhu sekitar 1700°C .¹⁵

Terjadinya fase-fase perubahan bentuk silika dalam abu tidak hanya tergantung pada suhu pembakaran saja, tetapi juga terhadap lama pembakarannya. Metha (Swamy, 1986), mengatakan bahwa sejumlah kristal silika dengan bentuk tak beraturan dapat dihasilkan dengan mengatur suhu pembakaran dibawah 500°C dengan kondisi teroksidasi dalam waktu yang agak lama, atau perubahan diatas 600°C dengan waktu pembakaran kurang dari satu menit. Yeoh (Swamy, 1986), juga memperlihatkan bahwa jika lama pembakaran tidak lebih dari satu jam pada suhu 900°C dihasilkan abu dengan bentuk kristal yang masih tidak beraturan. Jika pembakaran dilakukan selama lebih dari lima menit pada suhu 1000°C akan

¹⁵ Cook, 1980 dan Swamy, 1986.

dihasilkan bentuk kristal silika. Umumnya bentuk-bentuk kristal dalam abu sekam diukur dengan menggunakan difraksi sinar-x.

Terbentuknya kristal silika ternyata dipengaruhi oleh faktor lingkungan. Ankra (Swamy, 1986) menambahkan bahwa lingkungan pembakaran juga mempengaruhi luas permukaan tersebut. Oleh karena itu, faktor waktu, suhu, dan lingkungan pembakaran harus dipertimbangkan dalam proses sekam padi untuk diproduksi menjadi abu yang memiliki tingkat reaktifitas yang maksimum.

Hasil akhir dari proses produksi yang diharapkan berupa abu sekam padi (berwarna putih keabu-abuan) dan bukan arang sekam padi (berwarna hitam), sehingga yang perlu diperhatikan adalah suhu pembakarannya. Adapun kandungan sifat kimia yang dimiliki dari abu dan silika beberapa tanaman diperlihatkan pada tabel 3.4. sebagai berikut :

Tabel 3.5. Kandungan abu dan silika beberapa tanaman (Swamy, 1986)

Plant	Part of plant	Ash (%)	Silika (%)
Sorghum	Leaf sheath ep	12,55	8,70
Wheat	Leaf sheath	10,48	90,56
Corn	Leaf bade	12,15	64,32
Bamboo	Nodes (in.por)	1,49	57,40
Bagase	-----	14,71	73,00
Lantana	Leaf and Stem	11,24	23,28
Sun Flower	Leaf and Stem	11,53	25,32
Rice Husk	-----	22,15	93,00
Rice Straw	-----	14,64	82,00
Breedfruit Tree	Steam	8,64	81,80

Unsur kimia (*inorganik*) pokok abu sekam padi yang menguntungkan kapur bebas membentuk *gel* yang bersifat sebagai bahan perekat. Komposisi kimia abu sekam padi dapat dilihat pada tabel 3.6. selain itu, pertimbangan lain dari penggunaan abu sekam padi sebagai bahan pozzolan di negara berkembang, sebagai negara penghasil beras, adalah biaya yang dikeluarkan untuk pembuatannya dan proses-proses produksinya relatif murah dari pembuatan semen portland. Menurut cook, 1980 dan Swamy, 1986 perkiraan biaya pembuatan semen abu sekam padi per-tonnya sekitar sepertiga biaya pembuatan semen portland.

Tabel 3.6 Komposisi Abu Sekam Padi (Swamy, 1986)

Komposisi Kimia	Jumlah (% berat)
SiO ₂	92,15
Al ₂ O ₃	0,41
Fe ₂ O ₃	0,21
CaO	0,41
MgO	0,45
Na ₂ O	0,08
K ₂ O	2,31

Berdasarkan tabel 3.5 diatas, silika merupakan senyawa kimia pokok *RHA* yang dapat bereduksi dengan kapur yang menghasilkan Kalsium Silika Hidrat (C-S-H) yang berbentuk gel.¹⁶

Sekam padi menghasilkan abu yaitu 20% dari beratnya (Space and Cook, 1983) yang ditunjukkan dalam tabel 3.5. dan komposisi sekam padi pada tabel 3.6.¹⁷

Jika sekam padi dibakar dalam kondisi terkontrol *RHA* yang dihasilkan sebagai sisa pembakaran, mempunyai sifat *pozzolan* yang tinggi dan baik digunakan dalam campuran pozzolan kapur dan sebagai pengganti semen, karena kandungan silikanya.¹⁸ Sekam padi menghasilkan abu lebih banyak dibandingkan

¹⁶ Swamy, 1986.

¹⁷ Kusmara, 1990.

¹⁸ Swamy, 1986.

sisia pembakaran tumbuhan lain. Disamping itu, *RHA* mempunyai kandungan silika yang paling tinggi, berkisar 86,9% - 91,3%.¹⁹

3.4 Kapur

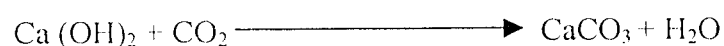
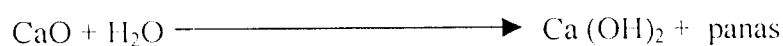
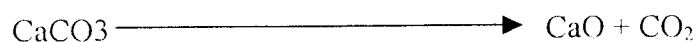
Kapur termasuk bahan bangunan yang penting. Bahan ini telah dipakai sejak zaman kuno. Orang-orang Mesir kuno memakai kapur untuk memplaster bangunan. Di Indonesia kapur ini juga sudah lama dikenal sebagai bahan ikat, dalam pembuatan tembok, pilar dan sebagainya. Untuk bahan bangunan dapat dibagi dalam 2 macam berdasarkan penggunaan yaitu kapur pemutih dan kapur aduk. Kedua macam kapur tersebut dapat dalam bentuk kapur tohor maupun kapur padam (PUBLI – 1982).

Kapur sebagai bahan bangunan (bahan ikat) mempunyai sifat plastis yang baik (tidak getas), dapat mengeras dengan mudah dan cepat dan mempunyai ikatan yang bagus dengan batu atau bata. Kapur dapat dipakai dalam berbagai keperluan antara lain sebagai bahan ikat pada mortel, sebagai bahan ikat pada beton dan jika dipakai bersama-sama semen portland sifatnya lebih baik dan dapat mengurangi kebutuhan semen portland.

Bahan dasar kapur adalah batu kapur. Batu kapur mengandung kalsium karbonat (CaCO_3). Dengan pemanasan kira-kira 980 °C, karbon dioksidanya ke luar, dan tinggal kapurnya saja (CaO). Kapur dari hasil pembakaran ini bila ditambahkan air akan mengembang dan retak-retak. Banyak panas yang

¹⁹ Wen-Hwei, 1986.

dikeluarkan (seperti mendidih) selama proses ini, dan hasilnya ialah kalsium hidroksida ($\text{Ca}(\text{OH})_2$). Bila kalsium hidrat ini kemudian dicampur air akan diperoleh mortel kapur. Mortel ini di udara terbuka menyerap karbon dioksida (CO_2) dan dengan proses kimia menghasilkan $\text{Ca}(\text{CO}_3)$ yang bersifat keras dan tidak larut dalam air. Dengan rumus kimia proses tersebut dapat dituliskan sebagai berikut ini.



Kapur dapat diklasifikasikan dalam beberapa jenis berikut ini.

- a. Kapur tohor (CaO): hasil pembakaran batu alam yang komposisinya sebagian besar berupa kalsium karbonat.
- b. Kapur padam ($\text{Ca}(\text{OH})_2$): hasil pemadaman kapur tohor dengan air dan membentuk hidrat.
- c. Kapur udara : kapur padam yang apabila diaduk dengan air setelah beberapa waktu dapat mengeras di udara karena pengikatan karbon dioksida.
- d. Kapur hidrolis : kapur padam yang apabila diaduk dengan air setelah beberapa waktu dapat mengeras baik di udara maupun di dalam air.

3.6 Faktor Air Semen

Faktor air semen (fas) adalah perbandingan berat air dan berat semen yang digunakan dalam adukan beton. Hubungan antara faktor air semen (fas) dan kuat

desak beton secara umum dapat ditulis dengan rumus yang diusulkan *Duff Abrams (1919)* sebagai berikut ini

$$f_c = \frac{A}{B^{1.5x}}$$

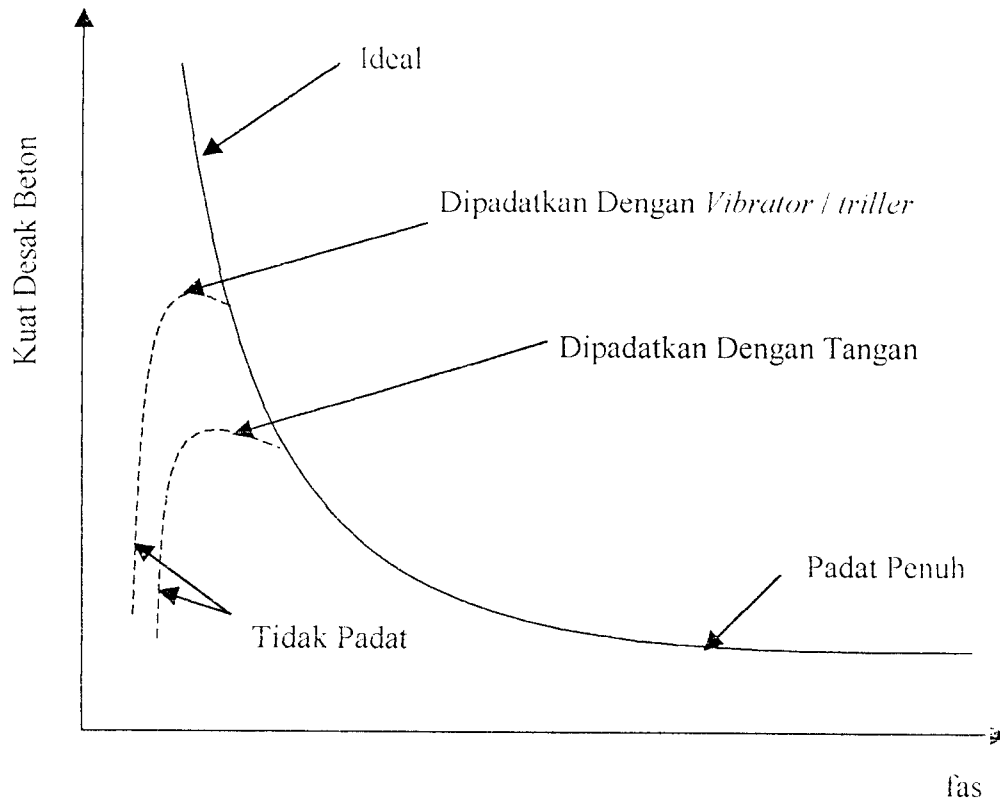
Dengan:

f_c = kuat desak beton

x = faktor air semen

A,B = konstanta

Dengan demikian semakin besar fas maka semakin rendah kuat desak betonnya, seperti diperlihatkan pada gambar 3.2. walaupun menurut rumus tersebut tanpa bahwa semakin kecil faktor air semen semakin tinggi kuat desak betonnya akan tetapi nilai fase yang rendah akan menyulitkan dalam pemadatan sehingga kekuatan beton akan rendah karena beton menjadi kurang padat, oleh sebab itu ada suatu nilai fase optimal yang menghasilkan kuat desak maksimum.



Gambar. 3.2. Hubungan Antara Kuat Desak Beton Dengan Nilai Faktor Air Semen

3.7 Slump

Slump merupakan parameter yang digunakan untuk mengetahui tingkat kelecikan suatu adukan beton. Tingkat kelecikan ini berkaitan erat dengan tingkat kemudahan pengerjaan (*workability*). Makin besar nilai slump berarti semakin baik adukan betonnya, sehingga adukan beton semakin mudah dikerjakan. Nilai slump untuk berbagai macam struktur diperlihatkan pada tabel 3.7. sebagai berikut :

Tabel 3.7. Nilai slump untuk berbagai macam struktur (Kardiono, 1992)

JENIS STRUKTUR	NILAI SLUMP	
	MINIMUM	MAKSIMUM
Pondasi bertulang, dinding, tiang	5	12,5
Tiang pondasi bertulang, caison	2,5	10
Pelat, balok, kolom	7,5	15
Benton untuk jalan (<i>pavement</i>)	5	7,5
Beton massa (struktur massa yang berat)	2,5	7,5

3.8 Workability

Kemudahan pengerjaan (*workability*) merupakan ukuran tingkat kemudahan adukan beton untuk dikerjakan termasuk adukan, dituang dan dipadatkan. Perbandingan bahan-bahan penyusun beton dan sifat-sifat bahan penyusun beton, secara bersama-sama mempengaruhi sifat kemudahan pengerjaan adukan beton

Unsur-unsur yang mempengaruhi sifat kemudahan dikerjakan antara lain :

1. Jumlah air yang dipakai dalam campuran adukan beton. Jumlah air ini akan mempengaruhi konsistensi adukan, yaitu semakin banyak air yang dipergunakan maka adukan akan semakin cair, sehingga makin mudah untuk dikerjakan.
2. Jumlah semen yang digunakan. Penambahan jumlah semen kedalam campuran adukan beton akan memudahkan pengerjaan adukan betonnya, karena akan diikuti dengan penambahan air campuran untuk memperoleh nilai fas tetap.

3. Pemakaian bahan tambahan *admixture* tertentu yang bertujuan untuk meningkatkan *workability* adukan pada fase rendah, misalnya dengan penambahan *plastizer* atau *air entrained*. Adukan dengan tingkat kelecakan tinggi memiliki resiko yang besar terhadap *Bleeding* atau *Water Gain*. Hal ini akan terjadi karena bahan-bahan padat adukan beton mengendap dan bahan-bahan susun kurang mampu mengikat air campuran. Resiko *Bleeding* dapat dikurangi dengan langkah-langkah sebagai berikut ini.

1. Air campuran yang dipakai sebanyak yang diperlukan sesuai dengan hitungan mix design.
2. Pasir yang dipakai memiliki bentuk seragam dan memiliki kadar butiran yang halus.
3. Gradasi agregat yang dipakai sesuai dengan persyaratan yang ditentukan menurut metode yang dipakai.

3.9 Metode Perencanaan Adukan Beton

Penelitian ini menggunakan metode perencanaan campuran adukan beton sesuai standar *The American Concrete Institute (ACI)*. Salah satu tujuan yang hendak dipakai dengan perancangan campuran dengan standar ACI adalah untuk menghasilkan beton yang mudah dikerjakan. Ukuran derajat kekentalan dan kemudahan pengerjaan dapat dilihat pada pengujian slump. Adapun tata cara urutan perencanaan campuran adukan beton menurut standar ACI adalah sebagai berikut ini.

1. Perhitungan kuat desak rata-rata beton

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

$$f'_{cr} = f'_c + k \cdot s$$

Dengan f'_{cr} = kuat desak beton rata-rata (Mpa)

f'_c = kuat desak beton rencana (Mpa)

k = tetapan statistik, untuk Indonesia memakai 5% kegagalan (*defectives*) maka faktor $k = 1,64$

s = standar deviasi berdasarkan tabel 3.9 dengan angka konversi, untuk sampel kurang dari 30 sampel tabel 3.10

Tabel 3.8 Nilai “k” untuk beberapa keadaan (Kardiono, 1992)

	Keadaan	Nilai k
01	Untuk 10% defektif	1,28
02	Untuk 5% defektif	1,64
03	Untuk 2,5% defektif	1,96
04	Untuk 1% defektif	2,33

Tabel 3.9 Nilai deviasi standar (kg/cm^2), (Antono, 1988)

Volume Pekerjaan (M^3)	Mutu pekerjaan		
	Baik Sekali	Baik	Cukup
Kecil < 1000	$45 < s < 55$	$55 < s < 65$	$65 < s < 85$
Sedang 1000 – 3000	$35 < s < 45$	$45 < s < 55$	$55 < s < 75$
Besar > 3000	$25 < s < 45$	$35 < s < 45$	$45 < s < 65$

Tabel 3.10 Faktor modifikasi simpangan baku untuk data uji kurang dari 30 sampel (Kardiono, 1992)

Jumlah sampel	Faktor pengali standar deviasi
≥ 30	1,00
25	1,03
20	1,08
≤ 15	1,16

2. Menentukan faktor air semen (fas)

Faktor air semen ditentukan dari nilai terendah antara pengaruh kuat desak rata-rata (tabel 3.11) dan pengaruh keawetan elemen struktur terhadap kondisi lingkungan (tabel 3.12) sebagai berikut

Tabel 3.11 Hubungan faktor air semen dengan kuat kubus beton umur 28 hari (Kardiono, 1992)

Faktor air semen (FAS)	Perkiraan kuat desak (Mpa)
0,35	42
0,44	35
0,53	25
0,62	22,4
0,71	17,5
0,80	14

Tabel 3.12 Nilai “fas” berdasarkan pengaruh tempat (Kardiono, 1992)

Kondisi Elemen	Nilai fas
- Beton dalam ruangan bangunan	
a. Keadaan keliling non korosif	0,60
b. Keadaan keliling korosif, disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	0,52
- Beton diluar bangunan	
a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0,60
b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0,60
- Beton yang masuk kedalam tanah	
a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	0,55
b. mendapat pengaruh sulfat alkali dari tanah atau air tanah	0,52
- Beton yang kontinyu berhubungan dengan	
a. Air tawar	0,57
b. Air laut	0,52

3. Menentukan besarnya nilai slump.

Nilai slump ditentukan berdasarkan ukuran maksimum agregat dan penggunaan elemen struktur.

Tabel 3.13 Nilai *slump* berdasarkan penggunaan jenis elemen (Kardiono, 1992)

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

4. Menetapkan jumlah air yang dibutuhkan

Jumlah kebutuhan air dalam setiap 1 m³ campuran adukan beton dapat ditentukan berdasarkan diameter maksimum agregat dan nilai slump seperti pada tabel 3.14 sebagai berikut :

Tabel 3.14 Perkiraan nilai *slump* berdasarkan ukuran maksimum agregat
(Kardiono, 1992)

Slump	Ukuran Maksimum Agregat (mm)		
	10	20	30
25 – 50	206	182	152
75 – 100	226	203	177
150 – 175	240	212	138
Udara terperangkap	3	2%	1%

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

$$\text{Fas} = \frac{W_{\text{air}}}{W_{\text{semen}}} \qquad W_{\text{semen}} = \frac{W_{\text{air}}}{\text{fas}}$$

6. Menetapkan volume agregat kasar.

Penetapan volume agregat kasar didasarkan pada tabel dibawah ini

3. Pemakaian bahan tambahan *admixture* tertentu yang bertujuan untuk meningkatkan *workability* adukan pada fase rendah, misalnya dengan penambahan *plastizer* atau *air entrained*.

Adukan dengan tingkat kelecakan tinggi memiliki resiko yang besar terhadap *Bleeding* atau *Water Gain*. Hal ini akan terjadi karena bahan-bahan padat adukan beton mengendap dan bahan-bahan susun kurang mampu mengikat air campuran. Resiko *Bleeding* dapat dikurangi dengan langkah-langkah sebagai berikut ini.

1. Air campuran yang dipakai sebanyak yang diperlukan sesuai dengan hitungan mix design.
2. Pasir yang dipakai memiliki bentuk seragam dan memiliki kadar butiran yang halus.
3. Gradasi agregat yang dipakai sesuai dengan persyaratan yang ditentukan menurut metode yang dipakai.

3.9 Metode Perencanaan Adukan Beton

Penelitian ini menggunakan metode perencanaan campuran adukan beton sesuai standar *The American Concrete Institute (ACI)*. Salah satu tujuan yang hendak dipakai dengan perancangan campuran dengan standar ACI adalah untuk menghasilkan beton yang mudah dikerjakan. Ukuran derajat kekentalan dan kemudahan pengerjaan dapat dilihat pada pengujian slump.

Adapun tata cara urutan perencanaan campuran adukan beton menurut standar ACI adalah sebagai berikut ini.

1. Perhitungan kuat desak rata-rata beton

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

$$f'_{cr} = f'_c + k \cdot s$$

Dengan f'_{cr} = kuat desak beton rata-rata (Mpa)

f'_c = kuat desak beton rencana (Mpa)

k = tetapan statistik, untuk Indonesia memakai 5% kegagalan (*defectives*) maka faktor $k = 1,64$

s = standar deviasi berdasarkan tabel 3.9 dengan angka konversi, untuk sampel kurang dari 30 sampel tabel 3.10

Tabel 3.8 Nilai “k” untuk beberapa keadaan (Kardiono, 1992)

	Keadaan	Nilai k
01	Untuk 10% defektif	1,28
02	Untuk 5% defektif	1,64
03	Untuk 2,5% defektif	1,96
04	Untuk 1% defektif	2,33

Tabel 3.11 Hubungan faktor air semen dengan kuat kubus beton umur 28 hari (Kardiono, 1992)

Faktor air semen (FAS)	Perkiraan kuat desak (Mpa)
0,35	42
0,44	35
0,53	25
0,62	22,4
0,71	17,5
0,80	14

Tabel 3.12 Nilai "fas" berdasarkan pengaruh tempat (Kardiono, 1992)

Kondisi Elemen	Nilai fas
- Beton dalam ruangan bangunan	
a. Keadaan keliling non korosif	0,60
b. Keadaan keliling korosif, disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	0,52
- Beton diluar bangunan	
a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0,60
b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0,60
- Beton yang masuk kedalam tanah	
a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	0,55
b. mendapat pengaruh sulfat alkali dari tanah atau air tanah	0,52
- Beton yang kontinyu berhubungan dengan	
a. Air tawar	0,57
b. Air laut	0,52

3. Menentukan besarnya nilai slump.

Nilai slump ditentukan berdasarkan ukuran maksimum agregat dan penggunaan elemen struktur.

Tabel 3.13 Nilai *slump* berdasarkan penggunaan jenis elemen (Kardiono, 1992)

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

4. Menetapkan jumlah air yang dibutuhkan

Jumlah kebutuhan air dalam setiap 1 m³ campuran adukan beton dapat ditentukan berdasarkan diameter maksimum agregat dan nilai slump seperti pada tabel 3.14 sebagai berikut :

Tabel 3.15 Perkiraan kebutuhan agregat kasar per- m^3 beton berdasarkan ukuran maksimum agregat dan modulus halus butir pasir (m^3)
(Kardiono, 1992)

Ukuran maksimum agregat (mm)	Modulus halus butir			
	2.4	2.6	2.8	3.0
10	0.46	0.44	0.42	0.40
20	0.65	0.63	0.61	0.59
40	0.76	0.74	0.72	0.70
80	0.84	0.82	0.80	0.78
150	0.90	0.88	0.86	0.84

7. Menghitung volume agregat halus yang diperlukan

Perhitungkan volume agregat halus berdasarkan pada pengurangan volume absolut terhadap volume agregat kasar, volume semen, volume air serta prosentasi udara yang terperangkap dalam adukan.

3.9. Kekuatan Beton

Beton memiliki kuat desak yang jauh lebih besar dari pada kuat tariknya. Kuat desak beton tergantung pada sifat-sifat bahan dasarnya dan pada umumnya ditentukan oleh tingkat kekerasan agregatnya, namun perlu diperhatikan mutu pasta semennya, karena pasta semen merupakan bahan ikat yang mengikat agregat-agregat penyusun beton.

Agar kualitas beton yang dihasilkan memuaskan, maka perlu diperhatikan selama terjadinya proses pemadatan dan perawatan beton dengan penjelasan sebagai berikut ini.

1. Tinjauan Pemadatan Beton.

Tujuan pemadatan adukan beton adalah untuk mengurangi rongga-rongga udara agar beton mencapai kepadatan yang tinggi. Beton dengan kepadatan yang tinggi akan menghasilkan kekuatan yang tinggi. Pemadatan dapat dilakukn dengan dua cara yaitu secara manual dan dengan menggunakan mesin pemadat bergetar (*vibrator*). Kekuatan beton yang dihasilkan oleh pemadatan manual tergantung dari kemampuan tenaga manusia yang memadatkannya. Kekuatan beton dengan proses pemadatan menggunakan mesin penggetar dapat lebih tinggi kepadatannya, hal ini tergantung pada metode serta kepiawaian pelaksana dari faktor operator manusianya. Selain itu mesin penggetar dapat digunakan pada campuran yang memiliki workability rendah.

- #### 2. Tinjauan terhadap rawatan beton, reaksi kimia yang terjadi pada pengikatan dan pengerasan beton tergantung pada pengadaan airnya. Meskipun pada keadaan normal, air tersedia dalam jumlah yang memadai untuk proses hidrasi penuh selama pencampuran, perlu adanya jaminan bahwa masih ada air yang tertahan atau jenuh untuk memungkinkan kelanjutan reaksi kimia itu. Penguapan dapat menyebabkan kehilangan air yang cukup berarti sehingga mengakibatkan terhentinya proses hidrasi, dengan konsekuensi berkurangnya peningkatan kekuatan. Oleh karena itu direncanakan suatu cara perawatan untuk

mempertahankan beton supaya terus menerus berada dalam keadaan basah selama periode beberapa hari atau bahkan beberapa minggu dengan direndam dalam air pada satu bak.

BAB IV

METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Standar Tes dan Spesifikasi Bahan

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

1. Sement Portland.

Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen portland jenis I merk Gresik dengan data sebagai berikut :

- a. Berat jenis : $3,15 \text{ gram/cm}^3$
- b. Semen : Tipe I

2. Agregat Halus

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

- a. Asal Pasir : Sungai Boyong
- b. Berat Jenis : $2,64 \text{ gram/cm}^3$

Adapun modulus halus butir (mhb) dari pasir diatas ditunjukan dengan tabel

4.1. sebagai berikut :

Tabel 4.1 Gradasi pasir alam asal sungai Boyong

Lubang Ayakan (mm)	Berat tertinggal (gram)		Berat tertinggal (%)		Berat tertinggal (%) Kumulatif	
	I	II	I	II	I	II
percobaan						
4.80	0	0	0	0	0	0
2.40	318	304	15.956	15.227	15.956	15.227
1.20	839.5	830	42.122	41.573	58.078	56.800
0.60	526	533	26.392	26.697	84.471	83.496
0.30	183	195.5	9.182	9.792	93.653	93.288
0.15	85	92	4.265	4.608	97.918	97.896
Sisa	41.5	42	2.082	2.104	-	-
Jumlah	1993.0	1996.5	100	100	350.076	336.080
Jumlah rata-rata	1994.75		100		343.078	

$$\begin{aligned} \text{Modulus Halus Butir (mhb)} &= \frac{\% \text{ berat tertinggal}}{100} \\ &= \frac{343.078}{100} \\ &= 3.43 \end{aligned}$$

3. Agregat Kasar

Agregat kasar yang digunakan dalam penelitian ini adalah agregat batu alam pecah dengan data sebagai berikut :

1. Asal agregat : Sungai Progo
2. Berat jenis (SSD) : 2,68 gr/cm³
3. Berat volume agregat : 1624.088 kg/cm³

4. Air

Air yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik FTSP UII.

5. Bahan *Pozzolan*

Penelitian ini memakai bahan *pozzolan* berupa abu sekam padi merupakan hasil limbah pembakaran pembuatan bata di daerah Pleret Bantul Yogyakarta setelah lolos ayakan no. 150, dan kapur padam dari daerah Wonosari Gunung Kidul.

4.2. Alat-alat Yang Digunakan

Alat-alat digunakan dalam penelitian ini akan ditampilkan di dalam tabel 4.2 berikut ini.

Tabel 4.2 Alat-alat yang dipergunakan

No	Alat	Kegunaan
1	Oven	Pengering agregat
2	Piring logam	Menampung agregat di oven
3	Mesin siever	Pengayak mekanik
4	Ayakan	Menyaring agregat
5	Timbangan	Menimbang bahan-bahan
6	Gelas ukur	Menakar air
7	Ember	Menampung agregat
8	Kerucut abrams	Pengujian slump
9	Mesin Molen	Mengaduk agregat
10	Sekop kecil	Memasukkan adukan ke dalam cetakan
11	Penggaris	Mengukur slump
12	Tongkat penumbuk	Memadatkan benda uji
13	Cetakan silinder	Tempat mencetak benda uji
14	Kaliper	Mengukur diameter benda uji
15	Mesin uji desak	Uji desak beton
16	Ekstensometer	Mengukur Perpendekan Beton Uji
17	Kolam perendaman	Menjaga kelembaban beton/perawatan beton

4.3 Prosedur Penelitian

prosedur penelitian ini digambarkan dalam bagan air berikut ini :

1. Tahap perumusan masalah

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

2. Tahap perumusan teori

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

3. Tahap pelaksanaan penelitian

Pelaksanaan penelitian disesuaikan dengan jenis penelitian dan hasil yang ingin didapat. Pada penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium teknik sipil meliputi :

- Pemeriksaan bahan campuran beton
- Perencanaan campuran beton
- Pembuatan campuran beton
- Pengujian slump
- Pembuatan benda uji
- Perawatan benda uji
- Pengujian benda uji.

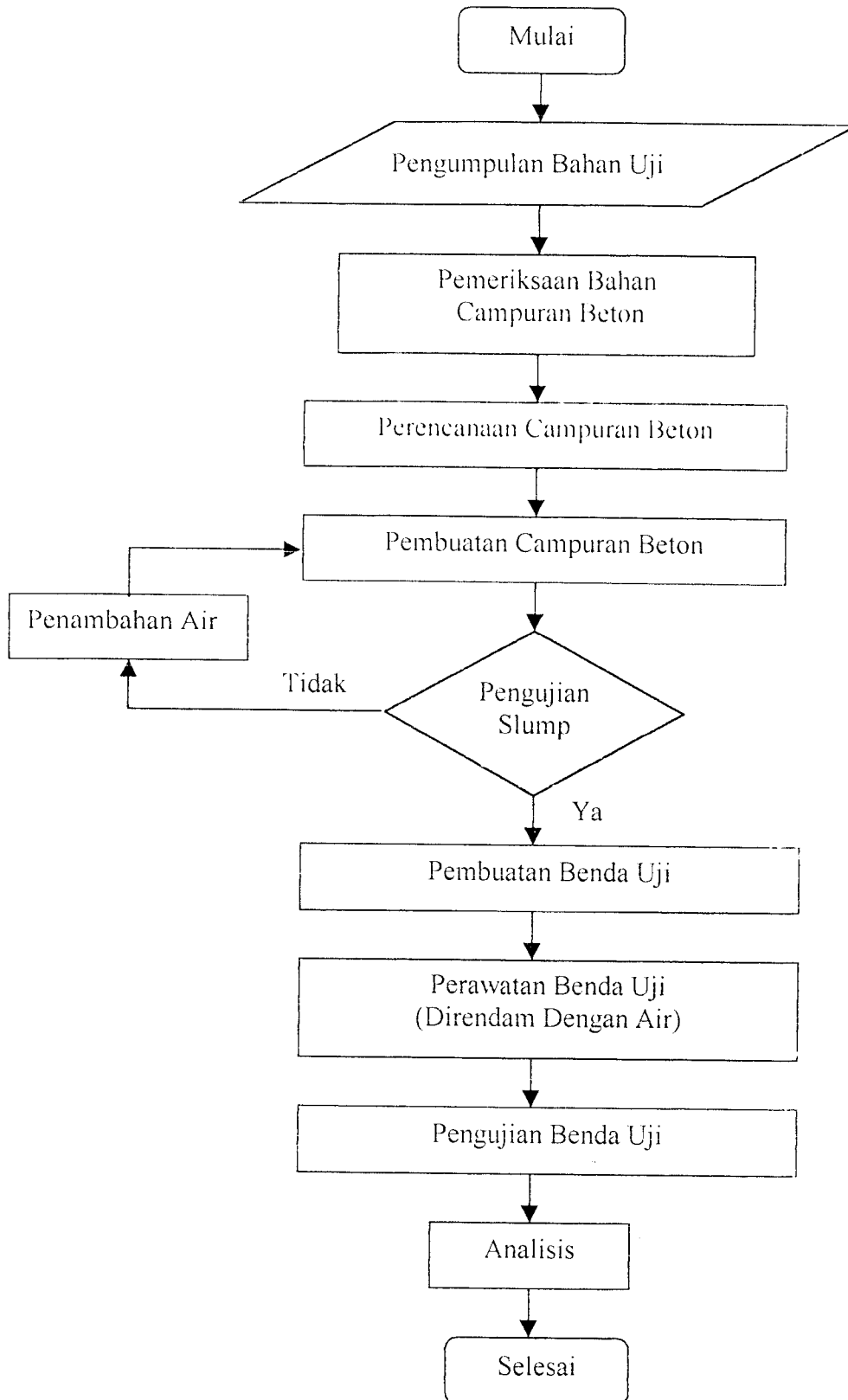
4. Tahap analisa dan pembahasan



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

5. Tahap penarikan kesimpulan

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



Gambar 4.1 Bagan Alir Prosedur Penelitian

4.4 Perencanaan Perhitungan Campuran Beton Untuk 1 m³ Beton

Perencanaan perhitungan campuran beton didalam penelitian ini menggunakan metode standar ACI dengan data sebagai berikut :

1. Kuat desak rencana : 20 Mpa
2. Diameter agregat maksimum : 30 mm
3. Modulus halus butir (mhb) pasir : 3.43
4. Berat jenis pasir (SSD) : 2.50 gram/cm³
5. Berat jenis kerikil (SSD) : 2.585 gram/cm³
6. Berat volume agregat kasar : 1624.088 kg/m³
7. Berat jenis semen : 3.15 gram/cm³

Adapun langkah-langkah perhitungan perencanaannya adalah sebagai berikut ini.

1. Menghitung kuat desak beton rata-rata

Nilai kuat desak beton rata-rata dapat diperoleh dari penambahan nilai kuat desak beton rencana dengan nilai k untuk Indonesia menggunakan perkiraan 5% defektif (kegagalan) sebesar 1.64, dan faktor pengali untuk standar deviasi yang sampelnya kurang dari 15 buah nilai deviasi standar 70 kg/cm² pada kondisi pekerjaan cukup dengan volume kecil sehingga kuat desak rata-rata beton adalah

$$\begin{aligned}
 f'_{cr} &= f'_c + k \cdot s \\
 &= 20 + 1.64 (1.16 \times 70) \\
 &= 333.168 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 33.3168 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

2. Menentukan faktor air semen (fas)
 - a. Beton di dalam ruang bangunan
 - b. Berdasarkan perencanaan beton untuk bangunan didalam ruangan dan kondisi keliling non korosif, maka diperoleh nilai fas maksimum (pada tabel 3.12) sebesar 0.60

Setelah di Interpolasi dari kedua nilai tersebut didapat 0.462

3. Menetapkan nilai slump

Berdasarkan pada tabel 3.13 untuk beton yang digunakan sebagai pelat, balok, kolom, dan dinding, diperoleh nilai slump sebesar 75 mm – 150 mm
4. Menetapkan kebutuhan air

Nilai Slump 75 – 150 mm

Agregat kasar maksimum 30 mm

Setelah di Interpolasi didapat nilai 190 liter/m³

Jadi Volume Air 0.19 m³/m³

Udara terperangkap 1%

5. Menghitung kebutuhan semen

Dari penentuan langkah kedua dan keempat maka kebutuhan semen dapat dihitung sebagai berikut

$$\text{fas} = \frac{W_{\text{air}}}{W_{\text{semen}}} \longrightarrow W_{\text{semen}} = \frac{W_{\text{air}}}{\text{fas}}$$

$$W \text{ (berat) semen} = \frac{190}{0.462}$$

$$= 411.260 \text{ kg/m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Volume semen} &= \frac{\text{berat semen}}{\text{b.j. semen}} \\ &= \frac{411.260}{3.15 \times 10^3} = 0.1306 \text{ m}^3/\text{m}^3 \text{ (padat)} \end{aligned}$$

6. Menentukan volume agregat kasar (kerikil)

Volume agregat kasar ditentukan berdasarkan ukuran agregat 30 mm dan mhb kerikil 2.8

Setelah di Interpolasi didapat nilai $0.61 \text{ m}^3/\text{m}^3$

Jadi volume kerikil kering tusuk (SSD) = $0.6 \text{ m}^3/\text{m}^3$

$$\text{berat kerikil} = 0.61 \times 1624 = 990.64 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{volume kerikil padat} = \frac{990.64 \times 10^3}{2.585} = 0.3832 \text{ m}^3/\text{m}^3$$

7. Menentukan volume agregat halus (pasir)

Volume tanpa pasir = Pc + kerikil + air + udara

$$= 0.1306 + 0.3832 + 0.190 + 0.01$$

$$= 0.7138 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume agregat halus} = 1.0 - 0.7138 = 0.2862$$

$$\text{Berat agregat halus} = 0.2862 \times 2.50 = 0.7155 \text{ t/m}^3$$

$$= 715.50 \text{ kg/m}^3$$

8. Kebutuhan material dalam 1 m^3 adukan beton normal

Dari penentuan parameter diatas maka diperoleh untuk 1 m^3 beton dengan perbandingan berat $P_c : P_s : k_r : A = 1 : 1.74 : 2.41 : 0.46$

Maka, dibutuhkan material untuk 1 m^3 beton:

- a. Berat semen = 411.26 kg
- b. Berat pasir = 715,50 kg
- c. Berat kerikil = 990,64 kg
- d. Berat air = 190 liter

4.5 Perencanaan Kebutuhan Total Semen, RHA, dan Kapur Padam Dalam Berbagai Variasi Benda Uji.

Dimensi Benda Uji :

$$\text{Tinggi (Ho)} = 300 \text{ mm} \approx 0.3 \text{ m}$$

$$\text{Diameter (d)} = 150 \text{ mm} \approx 0.15 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume 1 (satu) benda uji} &= \frac{1}{4} \pi (d)^2 \times \text{Ho} \\ &= \frac{1}{4} (3.14) (0.15)^2 \times (0.3) \\ &= 0.0053014 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

❖ Variasi I \longrightarrow (10% RHA + 0% kapur padam)

Berat RHA = 0.1 x berat semen normal

$$0.1 \times 411.26$$

$$= 41.126 \text{ kg/m}^3$$

Berat semen = berat semen - berat RHA

$$= 411.26 - 41.126$$

$$= 370.134 \text{ kg/m}^3$$

Jika volume 1 (satu) silinder = 0.0053014 m^3

Maka, untuk 1 (satu) silinder benda uji dibutuhkan material:

Semen = 1.960 kg	Kerikil = 5.252 kg
RHA = 0.220 kg	Air = 1.01 liter
Pasir = 3.793 kg	

Sehingga untuk 10 silinder benda uji dibutuhkan material :

Semen = 19.60 kg	Kerikil = 52.52 kg
RHA = 2.20 kg	Air = 12.10 liter
Pasir = 37.93 kg	

Slump = 12 cm

❖ Variasi II \longrightarrow (10% RHA + 5% kapur padam)

$$\text{Berat RHA} = 41.126 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Berat kapur padam} = 0.05 \times 411.26$$

$$= 20.563 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Berat semen} = \text{berat semen} - \text{berat RHA} - \text{berat kapur padam}$$

$$= 411.26 - 41.126 - 20.563$$

$$= 349.571 \text{ kg/m}^3$$

Sehingga untuk 10 silinder benda uji dibutuhkan material :

Semen = 18.53 kg	Kerikil = 52.52 kg
RHA = 2.20 kg	Kapur padam = 1.09 kg
Pasir = 37.93 kg	Air = 11.10 liter

Slump = 12 cm

❖ Variasi II → (10% RHA + 10% kapur padam)

$$\text{Berat RHA} = 41.126 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Berat kapur padam} = 0.10 \times 411.26 \\ = 41.126 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Berat semen} = \text{berat semen} - \text{berat RHA} - \text{berat kapur padam} \\ = 411.26 - 41.126 - 41.126 \\ = 329.008 \text{ kg/m}^3$$

Sehingga untuk 10 silinder benda uji dibutuhkan material :

$$\text{Semen} = 17.44 \text{ kg}$$

$$\text{Kerikil} = 52.52 \text{ kg}$$

$$\text{RHA} = 2.20 \text{ kg}$$

$$\text{Kapur padam} = 2.18 \text{ kg}$$

$$\text{Pasir} = 37.93 \text{ kg}$$

$$\text{Air} = 10.75 \text{ liter}$$

$$\text{Slump} = 11 \text{ cm}$$

❖ Variasi IV → (10% RHA + 15% kapur padam)

$$\text{Berat RHA} = 41.126 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Berat kapur padam} = 0.15 \times 411.26 \\ = 61.689 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Berat semen} = \text{berat semen} - \text{berat RHA} - \text{berat kapur padam} \\ = 411.26 - 41.126 - 61.689 \\ = 308.445 \text{ kg/m}^3$$

Sehingga untuk 10 silinder benda uji dibutuhkan material :

$$\text{Semen} = 16.35 \text{ kg}$$

$$\text{Kerikil} = 52.52 \text{ kg}$$

$$\text{RHA} = 2.20 \text{ kg}$$

$$\text{Kapur padam} = 3.27 \text{ kg}$$

$$\text{Pasir} = 37.93 \text{ kg}$$

$$\text{Air} = 10.20 \text{ liter}$$

Slump = 12 cm

❖ Variasi V → (10% RHA + 20% kapur padam)

$$\text{Berat RHA} = 41.126 \text{ kg/m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Berat kapur padam} &= 0.20 \times 411.26 \\ &= 82.252 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat semen} &= \text{berat semen} - \text{berat RHA} - \text{berat kapur padam} \\ &= 411.26 - 41.126 - 82.252 \\ &= 287.882 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Sehingga untuk 10 silinder benda uji dibutuhkan material :

$$\text{Semen} = 15.26 \text{ kg}$$

$$\text{RHA} = 2.20 \text{ kg}$$

$$\text{Pasir} = 37.93 \text{ kg}$$

$$\text{Kerikil} = 52.52 \text{ kg}$$

$$\text{Kapur padam} = 4.36 \text{ kg}$$

$$\text{Air} = 10.95 \text{ liter}$$

Slump = 10 cm

❖ Untuk beton normal → (0% RHA + 0% kapur padam)

Kebutuhan 10 silinder benda uji dibutuhkan material :

$$\text{Semen} = 21.80 \text{ kg}$$

$$\text{Pasir} = 37.93 \text{ kg}$$

$$\text{Kerikil} = 52.52 \text{ kg}$$

$$\text{Air} = 10.10 \text{ liter}$$

Slump = 12 cm

Jadi Perkiraan Kebutuhan Total Material (60 benda uji) :

$$1. \text{ Semen} = 89.36 \text{ kg}$$

$$2. \text{ Pasir} = 227.58 \text{ kg}$$

$$3. \text{ Kerikil} = 315.12 \text{ kg}$$

$$4. \text{ RHA} = 11.00 \text{ kg}$$

5. Kapur Padam = 10.90 kg
 6. Air = 65.2 liter

Tabel 4.3 Variasi Campuran PC, RHA, dan Kapur Padam

	PC		RHA		Kapur Padam:	
	Kg	%	kg	%	kg	%
1.	411.26	100	0	0	0	0
2.	370.134	90	41.126	10	0	0
3.	349.571	85	41.126	10	20.563	5
4.	329.008	80	41.126	10	41.126	10
5.	308.445	75	41.126	10	61.689	15
6.	287.882	70	41.126	10	82.252	20

4.5 Pembuatan Campuran Beton (*Mix Design*)

Pembuatan campuran beton didalam 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 sesuai dengan asumsi, persyaratan dan kebutuhan pada saat perhitungan campuran adukan (*mix design*).

4.6 Pengujian Slump

pengujian slump dilakukan dengan menggunakan kerucut standar Abrahams.

Pengujian slump dilakukan untuk mengetahui tingkat kelecakan atau kemudahan pengerjaan (*workability*) dari setiap campuran yang telah dibuat. Pada penelitian ini dipakai nilai slump sebesar 75 mm – 150 mm.

4.7 Pembuatan Benda Uji

Pembuatan benda uji dilaksanakan setelah pengujian slump mencapai nilai yang dikehendaki. Dalam penelitian ini digunakan cetakan silinder standar dengan ukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Masing-masing variasi menggunakan 10 cetakan silinder. Untuk memudahkan identifikasi masing-masing sampel diberi kode sebagai berikut ini

1. Untuk sampel beton dengan bahan tambah (10% RHA dan 0% kapur padam) diberi kode A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A10.
2. Untuk sampel beton dengan bahan tambah (10% RHA dan 5% kapur padam) diberi kode B1, B2, B3, B4, B5, B6, B7, B8, B9, B10.
3. Untuk sampel beton dengan bahan tambah (10% RHA dan 10% kapur padam) diberi kode C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8, C9, C10.
4. Untuk sampel beton dengan bahan tambah (10% RHA dan 15% kapur padam) diberi kode D1, D2, D3, D4, D5, D6, D7, D8, D9, D10.
5. Untuk sampel beton dengan bahan tambah (10% RHA dan 20% kapur padam) diberi kode E1, E2, E3, E4, E5, E6, E7, E8, E9, E10.
6. Untuk sampel beton normal (0% RHA dan 0% kapur padam) diberi kode F1, F2, F3, F4, F5, F6, F7, F8, F9, F10.

Selama pembuatan benda uji khususnya pada saat penuangan campuran beton diikuti oleh proses pemadatan manual dengan batang besi tulangan sehingga diharapkan dapat dicapai kepadatan yang diinginkan atau direncanakan.

Beton yang dirancang dengan komposisi bahan material yang telah ditentukan harus disertai dengan pelaksanaan yang baik agar menghasilkan beton yang sesuai dengan kekuatan yang direncanakan.

4.8 Perawatan Benda Uji

beton memerlukan perawatan untuk menjamin terjadinya proses hidrasi semen langsung dengan sempurna dengan menjaga kelembaban permukaan beton. Untuk mempertahankan beton supaya berada dalam keadaan basah selama periode beberapa hari, maka dilakukan perendaman sampel beton didalam bak perendaman dan direndam dengan air bersih selama berumur 28 hari.

4.9 Pengujian Benda Uji

Pada penelitian ini kami akan melakukan pengujian-pengujian sebagai berikut ini :

Pengujian desak beton dilakukan sesuai dengan standar pengujian ASTM yaitu dengan pembebanan vertikal dengan menggunakan mesin desak hidrolik dimana benda uji diletakkan pada tempat pengujian lalu dilakukan pembebanan secara perlahan sampai mencapai beban maksimum (benda uji mengalami kehancuran).

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil Penelitian

Dari hasil pengujian desak beton terhadap benda uji yang telah berusia 28 hari, maka diperoleh hasil kuat desak yang ditunjukkan pada tabel 5.1. dan selanjutnya dianalisis terhadap kuat desak karakteristiknya dengan rumus sebagai berikut:

$$f'_{cr} = f'_c + k \cdot s$$

Dimana : f'_c = kuat desak karakteristik beton (Mpa)

f'_{cr} = kuat desak rata-rata benda uji (Mpa)

k = tetapan statistik. Indonesia memakai 5% kegagalan (*defectives*) maka faktor $k = 1.64$

s = standar deviasi (Mpa) yang dihitung dengan rumus :

$$s = \sqrt{\frac{\sum (f'_b - f'_{cr})^2}{n-1}}$$

Dimana : f'_b = kekuatan beton yang diperoleh dari masing-masing benda uji

n = banyaknya sampel benda uji

$$f'_{cr} = \frac{\sum_{i=1}^{n=1} f'_b(i)}{n}$$

Perhitungan analisis hasil pengujian kuat desak beton akan ditunjukkan pada tabel 5.1 sampai tabel 5.5 berikut ini

Tabel 5.1 Hasil Kuat Desak Beton Dengan Campuran 10% RHA + 0% Kapur Padam

Kode	Berat (Kg)	Luas (cm ²)	Beban Maks (KN)	f ['] b (Mpa)	(f ['] b - f ['] cr) (Mpa)	(f ['] b - f ['] cr) ² (Mpa)
A1	12.681	176.480	590	33.166	-0.996	0.992
A2	12.493	177.895	425	23.890	-10.272	105.514
A3	12.622	175.656	575	32.734	-1.428	2.039
A4	12.607	174.952	550	31.437	-2.725	7.426
A5	12.534	175.538	715	40.732	60570	43.165
A6	12.620	176.715	675	38.197	4.035	16.281
A7	12.638	176.361	545	30.903	-3.259	10.621
A8	12.648	180.267	590	32.729	-1.433	2.053
A9	12.643	174.952	800	45.727	11.565	133.749
A10	12.574	179.079	560	31.271	-2.891	8.358
				341.618		330.233

$$f'_{cr} = \frac{\sum f'_b}{n} = \frac{341.618}{10} = 34.162 \text{ Mpa}$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum (f'_b - f'_{cr})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{330.198}{10-1}} = 6.057 \text{ Mpa}$$

$$f'_c = f'_{cr} - k.s$$

$$= 34.162 - 1.64 \times (1.16 \times 6.057) = 22.639 \text{ Mpa}$$

Tabel 5.2 Hasil Kuat Desak Beton Dengan Campuran 10% RHA + 5% Kapur Padam

Kode	Berat (Kg)	Luas (cm ²)	Beban Maks (KN)	f ['] b (Mpa)	(f ['] b - f ['] cr) (Mpa)	(f ['] b - f ['] cr) ² (Mpa)
B1	12.564	175.070	465	26.561	-2.123	4.507
B2	12.537	177.895	530	29.793	1.109	1.230
B3	12.472	175.421	480	27.363	-1.321	1.745
B4	12.354	174.717	565	32.338	3.654	13.352
B5	12.592	176.126	545	30.944	2.260	5.108
B6	12.482	177.068	480	27.108	-1.576	2.484
B7	12.613	181.697	485	26.693	-1.991	3.964
B8	12.478	175.891	515	29.279	0.595	0.354
B9	12.503	177.895	525	29.512	0.828	0.686
B10	12.565	176.126	480	27.253	-1.431	2.048
				286.844		35.477

$$f'_{cr} = \frac{\sum f'_{cb}}{n} = \frac{286.844}{10} = 28.684 \text{ Mpa}$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum (f'_{cb} - f'_{cr})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{35.477}{10-1}} = 1.985 \text{ Mpa}$$

$$f'_c = f'_{cr} - k \cdot s$$

$$= 28.684 - 1.64 \times (1.16 \times 1.985) = 24.907 \text{ Mpa}$$

Tabel 5.3 Hasil Kuat Desak Beton Dengan Campuran 10% RHA + 10% Kapur Padam

Kode	Berat (Kg)	Luas (cm ²)	Beban Maks (KN)	f ['] b (Mpa)	(f ['] b - f ['] cr) (Mpa)	(f ['] b - f ['] cr) ² (Mpa)
C1	12.394	175.773	530	30.153	1.491	2.224
C2	12.465	176.126	525	29.808	1.146	1.314
C3	12.459	176.126	500	28.389	-0.273	0.074
C4	12.494	177.895	485	27.263	-1.399	1.957
C5	12.370	176.950	500	28.257	-0.405	0.164
C6	12.502	175.538	550	31.332	2.670	7.130
C7	12.525	177.658	485	27.300	-1.362	1.855
C8	12.575	176.008	480	27.271	-1.391	1.934
C9	12.491	176.244	505	28.653	-0.0088	0.000078
C10	12.269	172.034	485	28.192	-0.470	0.221
				286.618		16.872

$$f_{cr}' = \frac{\sum f'b}{n} = \frac{286.618}{10} = 28.662 \text{ Mpa}$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum (f'b - f'cr)^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{16.872}{10-1}} = 1.370 \text{ Mpa}$$

$$f_c = f_{cr}' - k.s$$

$$= 28.662 - 1.64 \times (1.16 \times 1.370) = 26.057 \text{ Mpa}$$

Tabel 5.4 Hasil Kuat Desak Beton Dengan Campuran 10% RHA + 15%

Kapur Padam

Kode	Berat (Kg)	Luas (cm ²)	Beban Maks (KN)	f'_b (Mpa)	$(f'_b - f'_{cr})$ (Mpa)	$(f'_b - f'_{cr})^2$ (Mpa)
D1	12.288	176.950	360	20.345	-1.656	2.742
D2	12.370	176.715	330	18.674	-3.327	11.069
D3	12.200	175.186	340	19.408	-2.593	6.724
D4	12.395	175.656	347	19.755	-2.246	5.045
D5	12.276	174.835	345	19.733	-2.268	5.144
D6	12.466	175.538	430	24.496	2.495	6.225
D7	12.175	175.421	450	25.653	3.652	13.337
D8	12.445	176.126	460	26.118	4.117	16.950
D9	12.587	176.715	360	20.372	-1.629	2.654
D10	12.388	178.723	455	25.458	3.457	11.951
				220.012		81.840

$$f'_{cr} = \frac{\sum f'_b}{n} = \frac{220.012}{10} = 22.001 \text{ Mpa}$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum (f'_b - f'_{cr})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{81.840}{10-1}} = 3.016 \text{ Mpa}$$

$$f'_c = f'_{cr} - k.s$$

$$= 22.001 - 1.64 \times (1.16 \times 3.016) = 16.264 \text{ Mpa}$$

Tabel 5.5 Hasil Kuat Desak Beton Dengan Campuran 10% RHA + 20%

Kapur Padam

Kode	Berat (Kg)	Luas (cm ²)	Beban Maks (KN)	f'_b (Mpa)	$(f'_b - f'_{cr})$ (Mpa)	$(f'_b - f'_{cr})^2$ (Mpa)
E1	12.449	176.361	380	21.547	-0.365	0.133
E2	12.350	175.538	405	23.072	1.160	1.346
E3	12.373	174.835	385	22.021	0.109	0.012
E4	11.409	177.658	400	22.515	0.603	0.364
E5	12.300	174.952	370	21.149	-0.763	0.582
E6	12.308	174.952	360	20.577	-1.335	1.782
E7	12.400	181.458	400	22.044	0.132	0.017
E8	12.377	175.304	400	22.818	0.906	0.821
E9	12.430	176.244	390	22.128	0.216	0.047
E10	12.445	174.132	370	21.248	-0.664	0.441
				219.119		5.545

$$f'_{cr} = \frac{\sum f'_b}{n} = \frac{219.119}{10} = 21.912 \text{ Mpa}$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum (f'_b - f'_{cr})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{5.545}{10-1}} = 0.785 \text{ Mpa}$$

$$f'_c = f'_{cr} - k.s$$

$$= 21.912 - 1.64 \times (1.16 \times 0.616) = 20.740 \text{ Mpa}$$

Tabel 5.6 Hasil Kuat Desak Beton Normal

Kode	Berat (Kg)	Luas (cm ²)	Beban Maks (KN)	f ['] b (Mpa)	(f ['] b - f ['] cr) (Mpa)	(f ['] b - f ['] cr) ² (Mpa)
F1	12.721	176.126	435	24.698	-1.086	1.179
F2	12.703	176.715	505	28.577	2.793	7.801
F3	12.720	172.034	450	26.158	0.374	0.140
F4	12.791	175.773	515	29.300	3.516	12.362
F5	12.589	177.186	410	23.140	-2.644	6.991
F6	12.354	170.179	455	26.737	0.953	0.908
F7	12.554	175.773	460	26.170	0.386	0.149
F8	12.585	174.952	435	24.864	-0.920	0.846
F9	12.500	174.952	450	25.721	-0.063	0.004
F10	12.790	175.773	395	22.472	-3.312	10.969
				257.835		41.350

$$f_{cr}' = \frac{\sum f' b}{n} = \frac{257.835}{10} = 25.784 \text{ Mpa}$$

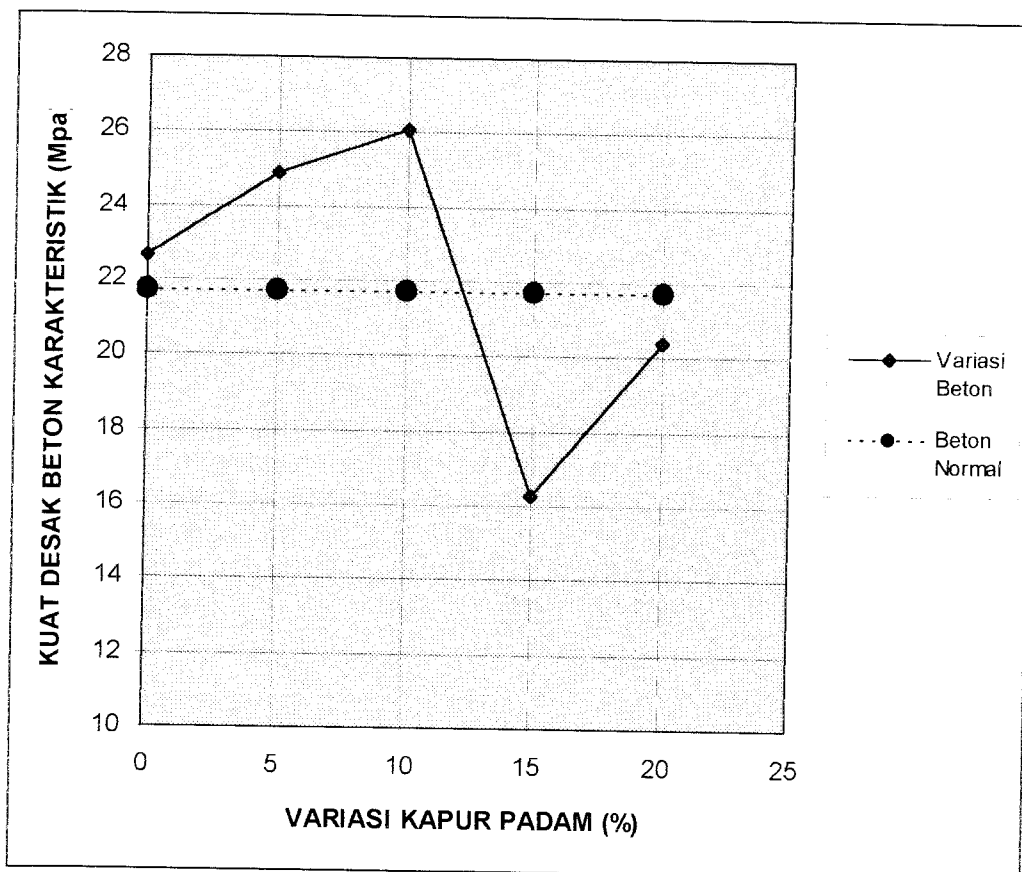
$$S = \sqrt{\frac{\sum (f' b - f' cr)^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{41.350}{10-1}} = 2.143 \text{ Mpa}$$

$$f_c = f_{cr}' - k.s$$

$$= 25.784 - 1.64 \times (1.16 \times 2.143) = 21.707 \text{ Mpa}$$

VARIASI KAPUR PADAM DENGAN 10%RHA (%)	KUAT DESAK BETON KARAKTERISTIK (Mpa)
0	22.639
5	24.907
10	26.057
15	16.264
20	20.740

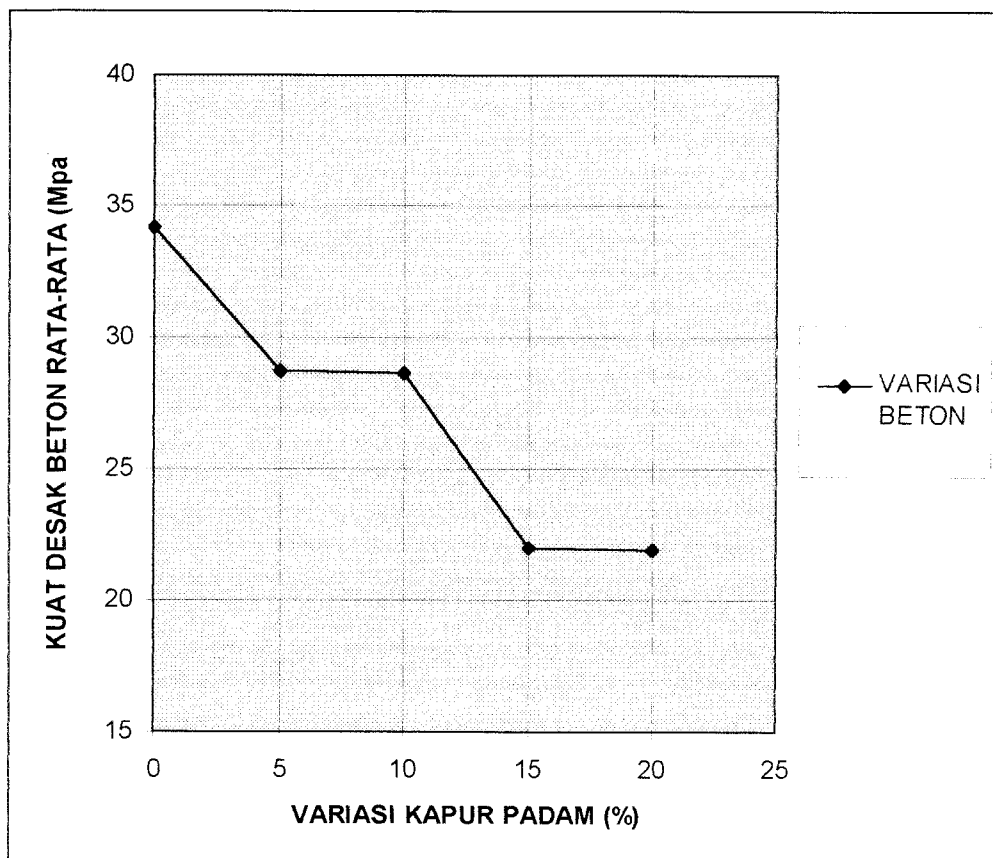
* Kuat Desak Beton Normal Karakteristik = 21.707 MPa



Gambar 5.1 Grafik Hubungan Variasi Kapur Padam dengan Kuat Desak Beton Karakteristik (f_c)

VARIASI KAPUR PADAM DENGAN 10% RHA (%)	KUAT DESAK BETON RATA - RATA (Mpa)
0	34.162
5	28.684
10	28.662
15	22.001
20	21.912

* Kuat Desak Beton Normal Rata-rata = 25.784 Mpa



Gambar 5.2 Grafik Hubungan Variasi Kapur Padam dengan Kuat Desak Beton Rata-rata (f'_{cr})

5.2 Modulus Elastis Dan Modulus Kenyal Beton

Adanya elastis didefinisikan sebagai perubahan tegangan (*stress*) akibat adanya regangan dan elastis, yang merupakan ukuran untuk mengetahui kekuatan atau ketahanan bahan terhadap adanya perubahan bentuk atau deformasi (I Gede Oka D), modulus elastis juga dapat didefinisikan sebagai perbandingan antara tegangan dengan regangan.¹

Sedangkan modulus kenyal didefinisikan sebagai jumlah energi elastis yang dapat diserap oleh satu satuan volume bahan yang dibebani gaya, besarnya modulus kenyal sama dengan luas bidang dibawah diagram tegangan (σ) dan regangan (ϵ) sampai batas sebanding.²

Untuk menghitung besarnya modulus elastis dan modulus kenyal, mempergunakan formulasi sebagai berikut ini

$$E_c = \frac{\sigma_p}{\epsilon_p} \dots \dots \dots (Mpa)$$

dengan : E_c = Modulus elastis

σ_p = Tegangan pada saat batas sebanding

ϵ_p = Regangan yang dihasilkan oleh tagangan σ_p

$$E_k = 0.5 \times \sigma_p \times \epsilon_p \dots \dots \dots (Mpa)$$

dengan : E_k = Modulus kenyal

σ_p = Tegangan pada saat batas sebanding

¹ Daniel L.S., *Struktur*, 1991

ϵ_p = Regangan yang dihasilkan oleh tagangan σ_p

5.3 Hasil Hitungan Tegangan (σ) Dan Regangan (ϵ) Beton

Grafik tegangan-regangan beton pada bagian pertama sampai sekitar 40% dari f'_c pada umumnya untuk tujuan praktis dapat dianggap linier. Sesudah mendekati 70% dari f'_c tegangan hancur, materialnya banyak kehilangan kekakuannya sehingga menambah ketidaklinieran diagram.³

$$\sigma = \frac{\text{beban}}{\text{luas}} \dots\dots\dots (\text{Mpa})$$

$$\epsilon = \frac{\delta L}{H_0}$$

Dengan H_0 = Tinggi benda uji awal (mm)

δL = Perpendekan benda uji (mm)

Tabel 5.7 Hasil Hitungan Tegangan (σ) Dan Regangan (ϵ)

Beton Dengan Campuran 10% RHA + 0% Kapur Padam

Kode	Beban (KN)	H ₀ (mm)	Luas (mm ²)	Tegangan (Mpa)	δL 10 ⁻³ mm	Regangan
A1	230	299.90	17648.0	13.0326	115	3.835E-04
A2	290	300.95	17789.5	16.3018	192	6.380E-04
A3	320	299.85	17565.6	18.2174	200	6.670E-04

² Charles G.S. dan John E.J., 1986.

³ Edward G Nawy, 1990.

A4	200	300.30	17495.2	11.4317	123	4.096E-04
A5	200	300.50	17553.8	11.3935	119	3.960E-04
A6	240	300.20	17671.5	13.5812	140	4.664E-04
A7	270	301.75	17636.1	15.3095	173	5.733E-04
A8	230	297.15	18026.7	12.7589	140	4.711E-04
A9	290	300.75	17495.2	16.5760	181	6.018E-04
A10	180	301.10	17907.9	10.0514	115	3.819E-04

Tabel 5.8 Hasil Hitungan Modulus Elastis Dan Modulus Kenyal Beton

Dengan Campuran 10% RHA + 0% Kapur Padam

Kode	Modulus Elastis Ec (Mpa)	Modulus Kenyal Ek (Mpa)
A1	33983.411	2.4990E-03
A2	25551.334	5.2003E-03
A3	27312.481	6.0755E-03
A4	27909.441	2.3412E-03
A5	28771.577	2.2559E-03
A6	29119.190	3.1671E-03
A7	26704.181	4.3885E-03
A8	27083.108	3.0053E-03
A9	27543.993	4.9877E-03

A10	26319.533	1.9193E-03
Σ	280298.250	3.5840E-02

$$\begin{aligned}
 E_c \text{ rata-rata} &= \frac{\sum E_c}{5} \\
 &= \frac{280298,250}{5} \\
 &= 56059,650 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E_k \text{ rata-rata} &= \frac{\sum F_k}{5} \\
 &= \frac{3,5840E-02}{5} \\
 &= 7,1680E-03 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Tabel 5.9 Hasil Hitungan Tegangan (σ) Dan Regangan (ϵ)

Beton Dengan Campuran 10% RHA + 5% Kapur Padam

Kode	Beban (KN)	Ho (mm)	Luas (mm ²)	Tegangan (Mpa)	δL 10 ⁻³ mm	Regangan
B1	120	300.60	17507.0	6.3975	72	2.395E-04
B2	200	299.15	17789.5	11.2033	130	4.345E-04
B3	140	297.70	17542.1	7.3711	72	2.419E-04
B4	230	297.70	17471.7	13.0355	135	4.535E-04
B5	210	302.35	17612.6	11.9741	110	3.638E-04

B6	170	299.85	17706.8	9.7966	129	4.302E-04
B7	200	297.15	18169.7	10.3294	113	3.803E-04
B8	220	299.25	17589.1	12.7623	179	5.982E-04
B9	190	300.35	17789.5	10.8451	130	4.328E-04
B10	130	300.25	17612.6	6.8241	75	2.498E-04

**Tabel 510 Hasil Hitungan Modulus Elastis Dan Modulus Kenyal Beton
Dengan Campuran 10% RHA + 5% Kapur Padam**

Kode	Modulus Elastis Ec (Mpa)	Modulus Kenyal Ek (Mpa)
B1	28619.629	8.2081E-04
B2	25874.769	2.4425E-03
B3	32992.147	9.6528E-04
B4	29027.884	2.9850E-03
B5	32774.278	2.0651E-03
B6	22317.135	2.0930E-03
B7	28943.824	3.7411E-03
B8	20908.971	2.3113E-03
B9	24677.582	9.2190E-04
B10	29547.956	2.0515E-02
Σ	275684.175	4.1030E-03

$$\begin{aligned}
 E_c \text{ rata-rata} &= \frac{\sum E_c}{5} \\
 &= \frac{275684,175}{5} \\
 &= 55136,835 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E_k \text{ rata-rata} &= \frac{\sum E_k}{5} \\
 &= \frac{2,0515E-02}{5} \\
 &= 4,1030E-03 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Tabel 5.11 Hasil Hitungan Tegangan (σ) Dan Regangan (ϵ)

Beton Dengan Campuran 10% RHA + 10% Kapur Padam

Kode	Beban (KN)	Ho (mm)	Luas (mm ²)	Tegangan (Mpa)	δL 10 ⁻³ mm	Regangan ..
C1	200	301.05	17577.3	11.5494	140	4.650E-04
C2	210	299.85	17612.6	12.5334	153	5.103E-04
C3	190	302.10	17612.6	11.6631	142	4.700E-04
C4	300	300.45	17789.5	18.1630	211	7.023E-04
C5	190	299.35	17695.0	11.1321	135	4.510E-04
C6	210	300.00	17553.8	12.4930	145	4.833E-04
C7	170	299.75	17765.8	9.8627	125	4.170E-04
C8	170	301.20	17600.8	9.7711	111	3.685E-04

C9	200	302.30	17624.4	11.5667	140	4.631E-04
C10	200	299.75	17203.4	11.9781	137	4.570E-04

**Tabel 5.12 Hasil Hitungan Modulus Elastis Dan Modulus Kenyal Beton
Dengan Campuran 10% RHA + 10% Kapur Padam**

Kode	Modulus Elastis Ec (Mpa)	Modulus Kenyal Ek (Mpa)
C1	24837.419	2.6852E-03
C2	24560.847	3.1979E-03
C3	24815.106	2.7408E-03
C4	25862.167	6.3779E-03
C5	24683.149	2.5103E-03
C6	25849.369	3.0189E-03
C7	23651.559	2.0564E-03
C8	26515.875	1.8003E-03
C9	24976.679	2.6783E-03
C10	26210.284	2.7370E-03
Σ	251962.454	2.9803E-02

$$\begin{aligned}
 E_c \text{ rata - rata} &= \frac{\sum E_c}{5} \\
 &= \frac{251962,454}{5} \\
 &= 50392,491 \text{MPa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E_k \text{ rata - rata} &= \frac{\sum E_k}{5} \\
 &= \frac{2,9803E - 02}{5} \\
 &= 5,9606E - 03 \text{MPa}
 \end{aligned}$$

Tabel 5.13 Hasil Hitungan Tegangan (σ) Dan Regangan (ϵ)

Beton Dengan Campuran 10% RHA + 15% Kapur Padam

Kode	Beban (KN)	Ho (mm)	Luas (mm ²)	Tegangan (Mpa)	δL 10 ⁻³ mm	Regangan
D1	190	300.00	17695.0	12.1590	155	5.167E-04
D2	220	299.00	17671.5	15.5230	240	8.027E-04
D3	210	300.00	17518.6	14.0375	201	6.700E-04
D4	140	300.75	17565.6	7.9976	110	3.658E-04
D5	90	300.25	17483.5	4.9892	68	2.265E-04
D6	110	301.10	17553.8	6.0196	70	2.325E-04
D7	250	298.55	17542.1	15.5515	179	5.996E-04

D8	180	302.75	17612.6	10.4678	126	4.162E-04
D9	140	300.45	1767.15	7.2833	100	3.328E-04
D10	110	299.75	1787.23	6.0321	71	2.369E-04

Tabel 5.14 Hasil Hitungan Modulus Elastis Dan Modulus Kenyal Beton

Dengan Campuran 10% RHA + 15% Kapur Padam

Kode	Modulus Elastis Ec (Mpa)	Modulus Kenyal Ek (Mpa)
D1	23532.030	3.1413E-03
D2	19338.483	6.2302E-03
D3	20951.493	4.7026E-03
D4	21863.313	1.4628E-03
D5	22027.373	5.6503E-04
D6	25890.753	6.9978E-04
D7	25936.458	4.6623E-03
D8	25150.889	2.1783E-03
D9	21884.916	1.2119E-03
D10	25462.642	7.1450E-04
Σ	232038.349	2.5569E-02

$$\begin{aligned}
 E_c \text{ rata-rata} &= \frac{\sum E_c}{5} \\
 &= \frac{232038,349}{5} \\
 &= 46407,670 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E_k \text{ rata-rata} &= \frac{\sum E_k}{5} \\
 &= \frac{2,5569 \text{E} - 02}{5} \\
 &= 5,1138 \text{E} - 03 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Tabel 5.15 Hasil Hitungan Tegangan (σ) Dan Regangan (ϵ)

Beton Dengan Campuran 10% RHA + 20% Kapur Padam

Kode	Beban (KN)	Ho (mm)	Luas (mm ²)	Tegangan (Mpa)	δL 10 ⁻³ mm	Regangan (mm)
E1	190	302.50	17636.1	11.8796	153	5.058E-04
E2	250	300.50	17553.8	15.4715	190	6.323E-04
E3	210	300.25	17483.5	12.8870	160	5.329E-04
E4	110	300.25	17765.8	6.0647	65	2.165E-04
E5	170	300.00	17495.2	10.1753	125	4.167E-04
E6	160	299.35	17495.2	9.4749	112	3.741E-04

E7	160	298.60	18145.8	9.1299	125	4.186E-04
E8	220	300.50	17530.4	13.6261	172	5.724E-04
E9	100	300.00	17624.4	5.4121	67	2.233E-04
E10	150	300.75	17413.2	8.6114	110	3.638E-04

**Tabel 5.16 Hasil Hitungan Modulus Elastis Dan Modulus Kenyal Beton
Dengan Campuran 10% RHA + 20% Kapur Padam**

Kode	Modulus Elastis Ec (Mpa)	Modulus Kenyal Ek (Mpa)
E1	23486.754	3.0044E-03
E2	24468.607	4.8913E-03
E3	24182.774	3.4337E-03
E4	28012.471	6.5650E-04
E5	24418.766	2.1200E-03
E6	25327.185	1.7723E-03
E7	21810.559	1.9109E-03
E8	23805.206	3.8998E-03
E9	24236.901	6.0426E-04
E10	23541.279	1.5750E-03
Σ	243290.502	2.3868E-02

$$\begin{aligned}
 E_c \text{ rata-rata} &= \frac{\sum E_c}{5} \\
 &= \frac{243290,502}{5} \\
 &= 48658,100 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E_k \text{ rata-rata} &= \frac{\sum F_k}{5} \\
 &= \frac{2,3868 \text{E} - 02}{5} \\
 &= 4,7736 \text{E} - 03 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Tabel 5.17 Hasil Hitungan Tegangan (σ) Dan Regangan (ϵ)

Beton Normal (0% RHA + 0% Kapur Padam)

Kode	Beban (KN)	Ho (mm)	Luas (mm ²)	Tegangan (Mpa)	δL 10 ⁻³ mm	Regangan (mm/m)
F1	120	299.65	17612.6	6.8063	74	2.470E-04
F2	310	300.20	17671.5	19.4405	207	6.895E-04
F3	190	299.35	17203.4	9.5461	112	3.741E-04
F4	130	301.25	17577.3	7.1423	81	2.689E-04
F5	150	297.50	17718.6	8.1903	87	2.924E-04
F6	210	298.00	17017.9	12.8414	140	4.698E-04
F7	170	298.75	17577.3	9.7248	103	3.448E-04

F8	110	300.00	17495.2	6.0203	73	2.433E-04
F9	120	299.50	17495.2	6.7208	75	2.504E-04
F10	150	302.75	17577.3	8.2894	98	3.237E-04

Tabel 5.18 Hasil Hitungan Modulus Elastis Dan Modulus Kenyal Beton

Normal (0% RHA + 0% Kapur Padam)

Kode	Modulus Elastis Ec (Mpa)	Modulus Kenyal Ek (Mpa)
F1	27555.870	8.4058E-04
F2	28195.069	6.7021E-03
F3	25517.509	1.7856E-03
F4	26561.175	9.6028E-04
F5	28010.602	1.1974E-03
F6	27333.759	3.0164E-03
F7	28204.176	1.6766E-03
F8	24744.349	7.3237E-04
F9	26840.256	8.4144E-04
F10	25608.279	1.3416E-03
Σ	268571.044	1.9094E-02

$$\begin{aligned}
 E_c \text{ rata-rata} &= \frac{\sum E_c}{5} \\
 &= \frac{268571,044}{5} \\
 &= 53714,209 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E_k \text{ rata-rata} &= \frac{\sum E_k}{5} \\
 &= \frac{1,9094 \text{E} - 02}{5} \\
 &= 3,8188 \text{E} - 03 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

5.4 Pembahasan

5.4.1. Tinjauan Umum

Secara umum hasil pengujian sebagaimana dapat dilihat pada hasil yang telah disajikan diatas memperlihatkan pengaruh penggantian semen sebagian dengan abu sekam padi dan kapur padam terhadap kuat desak beton. Kekuatan beton yang diperoleh dari penggantian semen sebagian dengan abu sekam padi dan kapur padam ternyata lebih tinggi dibanding kekuatan beton normal (tanpa penambahan abu sekam dan kapur padam), walaupun tidak di semua variasi kapur padam. Pembahasan terhadap hasil penelitian dapat dijelaskan sebagai berikut :

5.4.2 Kuat Desak Beton

Pengujian kuat desak beton diberikan pada benda uji berumur 28 hari. Dari hasil pengujian kelima variasi (0%, 5%, 10%, 15%, 20%) kapur padam tersebut, untuk variasi (0%, 5%, 10%) menghasilkan kuat desak beton rata-rata lebih tinggi dibanding kuat desak beton normal, sedangkan untuk variasi 15% dan 20% kapur padam menghasilkan kuat desak beton rata-rata lebih rendah dibandingkan kuat desak beton normal. Untuk lebih jelasnya hal ini dapat dilihat pada tabel 5.18 di bawah ini.

Tabel 5.19 Kuat Desak Beton Rata-rata

Variasi Kapur Padam dengan 10% RHA (%)	Kuat Desak Beton Rata-rata	
	(Mpa)	(%)
0	34.162	132.500
5	28.684	111.247
10	28.662	111.162
15	22.001	85.328
20	21.912	84.983

* Kuat Desak Beton Normal Rata-rata = 25.784 Mpa.

Selain itu pada pengujian yang pernah dilakukan dengan menggunakan abu sekam padi lolos saringan nomor 200 menghasilkan kuat desak yang lebih rendah dibandingkan dengan beton yang menggunakan abu sekam padi lolos saringan nomor 150 sebagai pengganti sebagian semen. Jika dibandingkan dengan pemakaian semen pada beton normal, maka penambahan *pozzolan Rice Husk Ash*

dan kapur padam sebagai bahan pengganti sebagian semen sebagian akan mengurangi pemakaian semen untuk tiap m^3 beton sebagai berikut:

Tabel 5.20 Penghematan Semen tiap m^3 Beton

Variasi Kapur Padam dengan 10% RHA (%)	Penghematan Semen tiap m^3 Beton	
	(%)	(kg)
0	10	41.126
5	15	61.689
10	20	82.252
15	25	102.815
20	30	123.378

Selanjutnya perbandingan kuat desak beton karakteristik dari berbagai variasi dengan kuat desak beton normal karakteristik adalah sebagai berikut:

Tabel 5.21 Kuat Desak Beton Karakteristik

Variasi Kapur Padam dengan 10% RHA (%)	Kuat desak Beton Karakteristik	
	(Mpa)	(%)
0	22.639	104.294
5	24.907	114.741
10	26.057	120.040
15	16.264	74.925
20	20.740	95.545

* Kuat Desak Beton Normal Karakteristik = 21.707 Mpa.

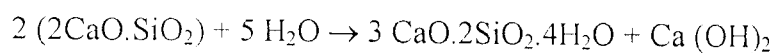
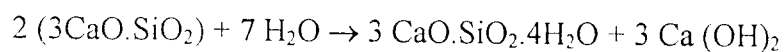
Kuat Desak Beton Karakteristik dari berbagai variasi kapur padam membuktikan bahwa tiga variasi (0%, 5%, 10%) kapur padam mengalami peningkatan kuat desak beton karakteristik dibanding dengan kuat desak beton normal karakteristik.

Terjadinya kenaikan kuat desak beton disebabkan karena abu sekam padi. Pengaruh abu sekam padi sebagai pengganti sebagian semen mengakibatkan terjadinya reaksi pengikatan kapur bebas yang menghasilkan dalam proses hidrasi semen oleh silika yang terkandung dalam abu sekam padi. Selain itu, butiran abu sekam padi yang jauh lebih kecil (75 mikron) dan butiran kapur padam membuat beton lebih penuh/padat karena pori yang kosong antara butiran agregat diisi oleh abu sekam padi dan kapur padam. Mekanisme terjadinya pengaruh abu sekam padi secara jelas dapat diuraikan sebagai berikut :

a. Mekanisme Reaksi Pozzolanik *Rice Husk Ash*

Proses berlangsungnya reaksi pozzolanik pengikatan kapur bebas dalam beton dengan abu sekam padi berlangsung sangat rumit.

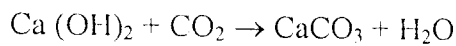
Namun secara sederhana, reaksi tersebut dapat digambarkan sebagai berikut :⁴



Kemudian sisa $\text{Ca} (\text{OH})_2$ yang merupakan kapur bebas, bereaksi dengan silika (SiO_2) yang terkandung dalam abu sekam padi membentuk Calcium Silicate Hidrate (C-S-H) yang berbentuk gel dan mempunyai kemampuan seperti perekat.

b. Mekanisme abu sekam padi sebagai filler

Selain disebabkan oleh reaksi pozzolanik abu sekam padi, mekanisme kedua yang menyebabkan penambahan kekuatan desak beton adalah terisinya pori-pori, yang sebelumnya berisi air yang terperangkap, oleh gel yang dihasilkan dari reaksi kapur bebas – abu sekam padi. Pada beton tanpa abu sekam padi, daerah transisi (*Transition Zone*) berisi air yang terjebak oleh partikel-partikel semen dan selanjutnya menguap meninggalkan daerah yang porous. Keadaan porous ini menyebabkan kekuatan beton relatif rendah.



Kapur padam yang terdapat dalam jumlah berlebihan ini akan mengikat CO_2 dari udara dan membentuk pasta CaCO_3 (batu kapur) yang pada akhirnya mengeras. Pada tahap kadar kapur bebas masuk bereaksi dengan CO_2 dan membentuk senyawa CaCO_3 (batu kapur) memang akan mengeras. Akan tetapi karena proses pengikatan pada kapur membutuhkan waktu lama pengerasan akan terjadi pada permukaannya saja.

Adanya senyawa CaCO_3 (batu kapur) maka akan memperbesar jarak antar butiran agregat kuat desak tidak lagi didukung oleh butir-butir agregat yang sudah menyatu dengan adanya pasta semen, tetapi oleh pasta CaCO_3 (batu kapur) yang mampu menahan kuat desak jelas berada di bawah kemampuan agregat.

Adapun Modulus Elastis (E_c) dan Modulus Kenyal (E_k) yang diperoleh dari hasil regangan pada pengujian kuat desak beton diperoleh data sebagai berikut :

⁴ Swamy, 1986.

Tabel 5.22 Hasil Modulus Elastis (Ec) Dan Modulus Kenyal (Ek)

Variasi Kapur Padam Dengan 10% RHA (%)	Modulus Elastis Ec (Mpa)	Modulus Kenyal Ek (Mpa)
0	56059.650	7.1680E-03
5	55136.835	4.1030E-03
10	50392.491	5.9606E-03
15	46407.670	5.1137E-03
20	48658.100	4.7736E-03

* Modulus Elastis (Ec) Beton Normal = 53714.209 Mpa.

Modulus Kenyal (Ek) Beton Normal = 3.8189E-03 Mpa.

Dari hasil perhitungan di atas dapat diketahui bahwa nilai modulus elastisitas pada variasi 0% kapur padam lebih besar jika dibandingkan dengan nilai modulus elastisitas beton normal sedangkan nilai modulus kenyal dari semua variasi kapur padam ternyata lebih besar jika dibandingkan dengan nilai modulus kenyal beton normal, dengan kata lain beton yang dihasilkan dari variasi 0% kapur padam dengan 10% RHA mempunyai sifat lebih liat (*ducttail*) dibandingkan dengan beton normal, dengan sifat beton yang lebih liat dan kuat desak beton yang lebih tinggi serta hemat semen, sangat sesuai jika beton ini digunakan untuk rekayasa teknik sipil. Modulus elastisitas tidak berkaitan langsung dengan sifat-sifat beton lainnya, meskipun kekuatan yang lebih tinggi

biasanya mempunyai harga E yang lebih tinggi juga, untuk beton normal modulus elastisitas berkisar antara 25 sampai 36 kN/mm².⁵

⁵ L.J. Murdock dan K.M. Brook, *Bahan dan Praktek Beton* (Jakarta:Erlangga,1986).

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut di bawah ini.

1. Jika dibanding kuat desak beton normal, maka kuat desak beton variasi I mengalami kenaikan kuat desak beton sebesar 4.294%, kuat desak beton variasi II mengalami kenaikan kuat desak sebesar 14.742%, kuat desak beton variasi III mengalami kenaikan kuat desak sebesar 20.040%. Sedangkan kuat desak beton variasi IV mengalami penurunan kuat desak sebesar 25.075% dan variasi V mengalami penurunan kuat desak sebesar 4.662%.
2. Penggantian 20% berat semen beton normal dengan 10% *RHA* + 10% kapur padam akan didapat nilai kuat desak beton tertinggi.
3. Jika dibandingkan dengan penggunaan semen pada beton normal, maka penggunaan semen untuk variasi I lebih hemat (10%), untuk variasi II lebih hemat (15%), variasi III lebih hemat (20%), variasi IV lebih hemat (25%), dan untuk variasi V lebih hemat (30%).

6.2 Saran

Dari beberapa analisis, pembahasan dan kesimpulan diatas, penulis mencoba memberikan beberapa saran sebagai berikut ini.

1. Kualitas abu sekam padi perlu diperhatikan, karena abu sekam padi yang dihasilkan dari satu tempat maupun dari tempat lain akan selalu berbeda kualitasnya, hal ini biasanya diakibatkan karena perbedaan suhu pembakaran dan lama pembakaran, sehingga perlu diadakan penelitian lebih lanjut mengenai suhu pembakaran maupun lama pembakaran abu sekam padi yang optimum supaya didapat abu sekam padi yang berkualitas.
2. Supaya terlebih dahulu diadakan uji kandungan kimia abu sekam padi untuk penelitian selanjutnya, agar diketahui kadar silikanya.
3. Sebaiknya dilakukan pengayakan kapur padam dengan saringan nomor 150 atau saringan nomor 200, supaya didapat butiran yang lebih halus sehingga akan mempercepat reaksi campuran adukan beton.
4. Peraturan pelaksanaan pembuatan campuran adukan beton hendaknya ditaati dengan sebaik-baiknya.
5. Pemakaian jumlah air dalam pelaksanaan campuran adukan beton dengan bahan tambah (*pozzolan*), khususnya dalam pencapaian nilai slump harap diperhatikan, karena bahan *pozzolan* memiliki daya serap yang berbeda dengan semen.
6. Untuk campuran beton variasi I, II, dan III dapat dipakai sebagai campuran beton alternatif untuk rekayasa bangunan teknik sipil.

Sedangkan untuk campuran variasi IV dan V tidak kami sarankan untuk diaplikasikan di lapangan.

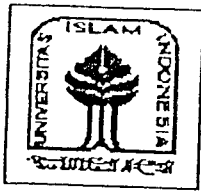
DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad Antono, 1988, BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK SIPIL 1, Bahan Perkuliahan Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta,
- Ahmad Antono, 1988, TEKNOLOGI BETON, Bahan Perkuliahan Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta,
- Daniel L.S, 1991, STRUKTUR, Erlangga, Jakarta,
- Edward G. Nawy, 1990, BETON BERTULANG Suatu Pendekatan Dasar. Eresco, Bandung,
- Gideon K. dan W.C. Vis, 1993, DASAR-DASAR PERENCANAAN BETON BERTULANG, Erlangga, Jakarta,
- Heru D.H. dan Arif F.R., 1999, PENELITIAN LABORATORIUM PENGARUH PENGGUNAAN LIMBAH ABU SEKAM PADI TERHADAP KUAT DESAK DAN PERMEABILITAS BETON, Tugas Akhir Jurusan Teknik Sipil, FTSP UII, Yogyakarta,
- Kardiyono Tjokrodimuljo, 1992, BAHAN BANGUNAN, Buku Ajar Pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik UGM, Yogyakarta,
- Kardiyono Tjokrodimuljo, 1992, TEKNOLOGI BETON, Buku Ajar Pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik UGM, Yogyakarta,
- Murdock, L.J dan Brook, K.M, 1991, BAHAN DAN PRAKTEK BETON, Erlangga, Jakarta,
- , SKSNI-14-1989-F, 1989, METODE PENGUJIAN KUAT TEKAN BETON, Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta,
- , SKSNI-28-1989-03, 1991, TATA CARA PENGADUKAN DAN PENGECORAN BETON, Yayasan LPMB Departemen Pekerjaan Umum, Bandung,
- , 1977, PERATURAN BETON BERTULANG INDONESIA N.I.-2 1971, Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan DPU, Bandung,

LAMPIRAN

LAMPIRAN

1



**DATA PEMERIKSAAN
 GRADASI AGREGAT HALUS**

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

Diperiksa oleh :
 1) _____
 2) _____

Tanggal : _____

ALAT - ALAT :

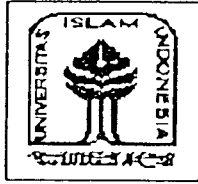
1. Timbangan kapaitas 20 kg
2. Mesin penggetar / mesin ayak
3. Saringan 1 (satu) set (40, 20, 10, 4.80, 2.40, 1.20, 0.60, 0.30, 0.15, pan) mm
4. Sikat baja (Kasar / halus)
5. Kuas , Lap kaos
6. Piring, serok . dll

LUBANG AYAKAN (mm)	BERAT TERTINGGAL (gram)		BERAT TERTINGGAL (%)		BERAT TERTINGGAL KUMULATIF	
	I	II	I	II	I	II
PERCOBAAN KE :						
40						
20						
10						
4.80	..0..	..0..	.....	.....	.....	.....
2.40	318..	304..	15,956	15,227	15,956	15,227
1.20	839,5	830..	42,122	41,573	58,078	56,800
0.60	526..	533..	26,392	26,697	84,471	83,496
0.30	183..	195,5	9,182	9,792	93,653	93,288
0.15	85..	92..	4,265	4,608	97,918	97,896
SISA	41,5	42..	2,082	2,104	---	---
Jumlah	1993,0	1996,5	100	100	350,076	336,080
Jumlah rata-rata	1994,75		100		343,078	

Modulus Halus Butir (MHB) $\frac{343,078}{100} = 3,43$

100

Yogyakarta, _____



DATA PEMERIKSAAN
BERAT JENIS AGREGAT HALUS

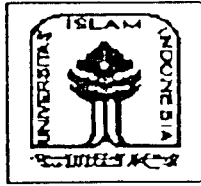
Jenis Benda Uji : _____
Nama Benda uji : _____
Asal : _____
Keperluan : _____
Diperiksa oleh :
1) _____
2) _____
Tanggal : _____

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)	..400. Gram	..500. Gram
Gelas ukur + Air (V1)	..400. Cc	..700. Cc
Gelas ukur + Air + Agregat (V2)	..560 Cc	..700. Cc
BERAT JENIS (BJ) $\frac{W}{V2 - v1}$	$\frac{400}{560 - 400} = 2,5$	$\frac{500}{700 - 400} = 2,5$
BERAT JENIS (BJ) RATA-RATA	2,50	

Yogyakarta, _____



DATA PEMERIKSAAN
BERAT JENIS AGREGAT KASAR

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

Diperiksa oleh :
1) _____
2) _____
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)	500..... Gram	..600... Gram
Gelas ukur + Air (V1)	500..... Cc	..600... Cc
Gelas ukur + Air + Agregat (V2)	695..... Cc	..830... Cc
BERAT JENIS (BJ) = $\frac{W}{V2 - v1}$	2,56	2,61
BERAT JENIS (BJ) RATA-RATA	2,585	

Yogyakarta, _____



DATA PEMERIKSAAN
BERAT VOLUME AGREGAT KASAR

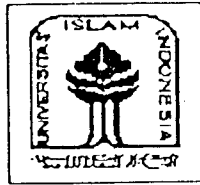
Jenis Benda Uji : _____ Diperiksa oleh :
Nama Benda uji : _____ 1) _____
Asal : _____ 2) _____
Keperluan : _____
_____ Tanggal : _____

ALAT - ALAT

1. Timbangan Kapasitas minimal 20 Kg
2. Cetakan silinder ($\varnothing 15 \times t 30$) cm
3. Tongkat penumbuk $\varnothing 16$ mm panjang 60 cm
4. Serok /cetok
5. Dan lain-lain

	BENDA UJI I	BENDA UJI II
Berat cetakan silinder (W1)	5,398... Kg	5,398... Kg
Berat cetakan silinder + Agregat (W2)	13,873... Kg	14,143 Kg
Volume silinder (V) $\frac{1}{4} \pi d^2 t$	0,005301437 M ³	0,005301437 M ³
Berat Volume Agregat = $\frac{W2 - W1}{V}$	1598,6232	1649,5528
Berat Volume Agregat Rata - rata	1624,083	

Yogyakarta, _____



DATA PEMERIKSAAN
 GRADASI AGREGAT KASAR

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

Diperiksa oleh :
 1) _____
 2) _____

Tanggal : _____

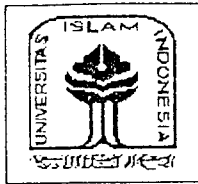
ALAT – ALAT :

1. Timbangan kapaitas 20 kg
2. Mesin penggetar / mesin ayak
3. Saringan I (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	0	0	.....	.....	.....	.....
20	623	862	31,48	43,62	31,48	43,62
10	1038	859	52,45	43,47	83,93	87,10
4.80	312	255	16,07	12,90	100	100
2.40	.....	.....	.....	.....	100	100
1.20					100	100
0.60					100	100
0.30					100	100
0.15					100	100
SISA 17						
Jumlah	1979	1976	100	100	715,41	730,72
Jumlah rata-rata	1977,5		100		723,065	

Modulus Halus Butir (MHB) _____ = $\frac{723,065}{100} = 7,23$

Yogyakarta, _____



DATA PEMERIKSAAN KANDUNGAN LUMPUR DALAM PASIR

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

ALAT – ALAT

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

	BENDA UJI I	BENDA UJI II
Berat piring kosong (W1)	103 gram	149 gram
Berat piring + pasir kering oven (W2)	203 gram	249 gram
Berat pasir kering oven (W _{ko1}) (W2 - W1)	100 gram.	100 gram.
Pasir kering oven setelah dicuci (W _{ko2})	99 gram	99 gram
Kandungan lumpur $\frac{W_{ko1} - W_{ko2}}{W_{ko1}} \times 100 \%$	1 %	1 %
Kandungan Lumpur Rata – rata	1 %	

❧❧❧ cuci : 18 x

Yogyakarta, _____

LAMPIRAN

2

V. PENEAMATAN DESAK SILINDER BETON

SILINDER I A ₁		SILINDER II A ₂		Berat = 12,493 kg
Diameter	14,99 cm	15,05 cm		
Tinggi	29,99 cm	30,075 cm		
Diuji tgl	20/xi '00	20/xi '00		
Umur	28 hari	28 hari		
Berat	12,681 kg			

Beban KN	Regangan (1.10 ⁻³ mm)		Beban KN	Regangan (1.10 ⁻³ mm)	
	Silinder I	Silinder II		Silinder I	Silinder II
10	10	10	410	236	362
20	14	14	420	243	391
30	21	21	430	251	
40	25	26	440	261	
50	29	30	450	271	
60	31	35	460	280	
70	36	40	470	290	
80	40	46	480	303	
90	45	53	490	312	
100	49	58	500	356	
110	51	64	510	379	
120	56	71	520	389	
130	61	79	530	392	
140	67	85	540	396	
150	71	90	550	414	
160	76	96	560	436	
170	80	105	570	462	
180	85	111	580	465	
190	90	116	590	445	
200	96	123	600		
210	104	134	610		
220	109	143	620		
230	115	154	630		
240	132	156	640		
250	150	167	650		
260	160	174	660		
270	169	179	670		
280	175	185	680		
290	181	192	690		
300	189	199	700		
310	191	207	710		
320	191	212	720		
330	191	223	730		
340	193	231	740		
350	196	236	750		
360	204	251	760		
370	214	259	770		
380	221	280	780		
390	225	302	790		
400	231	330	800		

425

AGUSTIN
 PENEAMATAN
 DESAK SILINDER BETON

V. PENGAMATAN DESAK SILINDER BETON

SILINDER I A3		SILINDER II A4		Berat = 12,607 kg
Diameter	14,955 cm	14,925 cm		
Tinggi	29,985 cm	30,030 cm		
Duji Tgl	20/xi '00	20/xi '00		
Umur	28 hari	28 hari		
Berat	12,622 kg			

Beban KN	Regangan (1.10 ⁻³ mm)		Beban KN	Regangan (1.10 ⁻³ mm)	
	Silinder I	Silinder II		Silinder I	Silinder II
10	7	10	410	305	314
20	12	12	420	312	327
30	19	19	430	322	362
40	23	25	440	336	372
50	27	29	450	357	373
60	31	32	460	371	389
70	35	37	470	387	404
80	41	46	480	403	423
90	46	53	490	414	449
100	51	56	500	423	480
110	56	61	510	450	519
120	63	69	520	480	571
130	69	75	530	496	605
140	72	79	540	516	670
150	80	85	550	564	
160	85	92	560	593	
170	91	101	570	650	
180	99	110	580		
190	104	114	590		
200	111	123	600		
210	120	137	610		
220	123	173	620		
230	136	173	630		
240	155	174	640		
250	156	175	650		
260	159	176	660		
270	166	177	670		
280	172	179	680		
290	176	186	690		
300	185	193	700		
310	193	201	710		
320	200	208	720		
330	209	213	730		
340	219	222	740		
350	230	231	750		
360	239	241	760		
370	252	260	770		
380	266	276	780		
390	276	289	790		
400	292	302	800		

575

V. PENGAMATAN DESAK SILINDER BETON

SILINDER I A ₅			SILINDER II A _c		
Diameter	14,950	cm	15,000	cm	Berat 12,620 kg
Tinggi	30,050	cm	30,020	cm	
Diuji Tgl	20/xi'00		20/xi'00		
Umur	28	hari	28	hari	
Berat	12,534	kg			

Beban KN	Regangan (1.10 ⁻³ mm)		Beban KN	Regangan (1.10 ⁻³ mm)	
	Silinder I	Silinder II		Silinder I	Silinder II
10	15	10	410	246	252
20	20	15	420	257	262
30	25	20	430	258	272
40	30	25	440	262	279
50	34	29	450	271	288
60	38	34	460	276	297
70	41	39	470	285	310
80	47	43	480	294	314
90	52	49	490	303	332
100	56	52	500	315	355
110	62	53	510	332	357
120	67	64	520	374	367
130	72	71	530	375	374
140	77	75	540	376	383
150	83	80	550	379	392
160	91	87	560	386	411
170	98	94	570	394	423
180	104	99	580	396	435
190	111	104	590	401	447
200	119	111	600	411	457
210	170	113	610	416	479
220	171	125	620	419	493
230	171	133	630	426	512
240	172	140	640	431	555
250	175	157	650	434	577
260	175	168	660	448	615
270	176	171	670	458	
280	177	172	680	479	
290	183	174	690	504	
300	189	178	700	577	
310	192	185	710	620	
320	195	190	720		
330	199	195	730		
340	205	203	740		
350	211	210	750		
360	217	217	760		
370	224	225	770		
380	231	230	780		
390	234	240	790		
400	236	250	800		

675

V. PENGAMATAN DESAK SILINDER BETON

	SILINDER I A ₇		SILINDER II A ₈		berat = 12,648 kg
Diameter	14,985	cm	15,15	cm	
Tinggi	30,175	cm	29,715	cm	
Diuji Tgl	20/x/1'00		20/x/1'00		
Umur	28	hari	28	hari	
Berat	12,638	kg			

Beban KN	Regangan (1.10^{-3} mm)		Beban KN	Regangan (1.10^{-3} mm)	
	Silinder I	Silinder II		Silinder I	Silinder II
10	10	12	410	314	272
20	14	17	420	332	290
30	19	24	430	343	303
40	25	29	440	353	313
50	29	33	450	366	327
60	34	37	460	382	336
70	39	44	470	401	350
80	45	47	480	420	362
90	49	53	490	450	372
100	54	57	500	482	381
110	60	63	510	417	392
120	66	71	520	452	397
130	72	75	530	492	411
140	77	81	540	505	429
150	85	90	550		445
160	91	94	560		465
170	98	100	570		490
180	105	107	580		522
190	112	114	590		564
200	122	121	600		
210	129	123	610		
220	135	134	620		
230	144	140	630		
240	152	153	640		
250	159	159	650		
260	166	165	660		
270	173	172	670		
280	182	176	680		
290	190	183	690		
300	199	189	700		
310	207	196	710		
320	214	202	720		
330	223	207	730		
340	231	214	740		
350	241	221	750		
360	252	230	760		
370	266	239	770		
380	283	252	780		
390	291	259	790		
400	301	266	800		

590
545

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS TEKNIK SURABAYA

V. PENGAMATAN DESAK SILINDER BETON

SILINDER I Ag		SILINDER II Ate	
Diameter	14,925 cm	15,100 cm	
Tinggi	30,075 cm	30,110 cm	
Diuji Tgl	20/xi'00	20/xi'00	
Umur	28 hari	28 hari	
Berat	12,643 kg		

12,574 kg

Beban KN	Regangan (1.10 ⁻³ mm)		Beban KN	Regangan (1.10 ⁻³ mm)	
	Silinder I	Silinder II		Silinder I	Silinder II
10	9	12	410	262	271
20	12	17	420	266	287
30	16	24	430	271	300
40	23	30	440	278	314
50	26	34	450	279	386
60	31	39	460	299	389
70	36	45	470	309	401
80	44	50	480	316	414
90	49	55	490	330	436
100	52	62	500	370	456
110	58	70	510	372	477
120	66	75	520	374	479
130	72	80	530	376	482
140	78	87	540	376	540
150	85	93	550	377	550
160	91	100	560	380	
170	100	109	570	395	
180	106	115	580	390	
190	111	184	590	401	
200	120	184	600	410	
210	170	184	610	416	
220	171	184	620	426	
230	172	184	630	436	
240	173	184	640	448	
250	174	184	650	458	
260	176	185	660	470	
270	176	187	670	480	
280	177	191	680	493	
290	181	196	690	505	
300	186	200	700	517	
310	190	206	710	560	
320	196	211	720	572	
330	203	216	730	574	
340	210	225	740	585	
350	216	231	750	597	
360	222	237	760	606	
370	231	250	770	615	
380	236	259	780	627	
390	245	263	790	670	
400	255	272	800	703	

ASISTEN

PEKERJA LAB

BOGOR, 20 XI 2000
 BAHU WONG POKSI TEKNIK

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

V. PENGAMATAN DESAK SILINDER BETON

	SILINDER I B ₁		SILINDER II B ₂		Berat = 12,537 kg
Diarmeter	14,930 cm		15,05 cm		
Tinggi	30,06 cm		29,915 cm		
Diuji Tgl	21 Nov '00		21 Nov '00		
Umur	28 hari		28 hari		
Berat	12,564 kg				

Beban KN	Regangan (1.10 ⁻³ mm)		Beban KN	Regangan (1.10 ⁻³ mm)	
	Silinder I	Silinder II		Silinder I	Silinder II
10	10	15	410	430	300
20	15	22	420	455	312
30	22	30	430	490	330
40	29	35	440	530	350
50	32	36	450	545	367
60	38	44	460	658	378
70	44	49	470	685	390
80	50	54	480		399
90	55	60	490		410
100	60	65	500		428
110	66	71	510		455
120	72	78	520		490
130	78	84	530		550
140	85	90	540		
150	91	95	550		
160	99	104	560		
170	108	112	570		
180	115	117	580		
190	125	125	590		
200	133	130	600		
210	145	140	610		
220	155	145	620		
230	166	153	630		
240	175	160	640		
250	185	168	650		
260	194	175	660		
270	204	184	670		
280	212	190	680		
290	212	195	690		
300	213	202	700		
310	225	211	710		
320	234	220	720		
330	248	227	730		
340	262	236	740		
350	278	245	750		
360	290	250	760		
370	307	258	770		
380	332	268	780		
390	335	282	790		
400	407	291	800		

465

LABORATORIUM
 BAHAN KONSTRUKSI BETON
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL
 DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS BINA SARASWATI

V. PENGAMATAN DESAK SILINDER BETON

SILINDER I B ₃		SILINDER II B ₄		Berat = 12,354 kg
Diameter	14,945 cm	14,915 cm		
Tinggi	29,770 cm	29,770 cm		
Diuji Tgl	21/xi'00	21/xi'00		
Umur	28 hari	28 hari		
Berat	12,472 kg			

Beban KN	Regangan (1.10 ⁻³ mm)		Beban KN	Regangan (1.10 ⁻³ mm)	
	Silinder I	Silinder II		Silinder I	Silinder II
10	10	15	410	300	277
20	13	20	420	320	285
30	20	23	430	345	291
40	25	32	440	372	299
50	28	36	450	390	308
60	34	43	460	400	314
70	36	54	470	430	322
80	43	56	480	470	333
90	47	63	490		340
100	52	67	500		347
110	56	72	510		355
120	64	77	520		369
130	68	83	530		410
140	72	89	540		457
150	77	94	550		475
160	84	98	560		490
170	90	104	570		
180	95	109	580		
190	101	112	590		
200	109	117	600		
210	113	123	610		
220	125	129	620		
230	135	135	630		
240	147	142	640		
250	155	148	650		
260	168	152	660		
270	176	157	670		
280	183	162	680		
290	190	171	690		
300	193	176	700		
310	195	187	710		
320	198	193	720		
330	206	201	730		
340	215	213	740		
350	228	222	750		
360	237	227	760		
370	248	235	770		
380	260	240	780		
390	272	260	790		
400	282	273	800		

565

AGUSTIN

PERKAS LIP

LABORATORIUM
 BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 FAKULTAS TEKNIK UIR

V. PENGAMATAN DESAK SILINDER BETON

SILINDER I B _s		SILINDER I B _c	
Diameter	14,975 cm	15,015 cm	
Tinggi	30,235 cm	30,285 cm	
Diuji Tgl	21/xi'00	20/xi'00	
Umur	28 hari	28 hari	
Berat	12,592 kg		

12,482 kg

Beban KN	Regangan (1.10 ⁻³ mm)		Beban KN	Regangan (1.10 ⁻³ mm)	
	Silinder I	Silinder II		Silinder I	Silinder II
10	11	11	410	236	400
20	13	19	420	245	420
30	19	24	430	251	435
40	23	30	440	262	460
50	26	32	450	272	485
60	30	39	460	287	520
70	33	45	470	302	585
80	39	52	480	319	670
90	43	59	490	395	
100	47	69	500	406	
110	52	75	510	425	
120	58	81	520	445	
130	63	91	530	455	
140	69	96	540	480	
150	72	106	550		
160	79	115	560		
170	85	129	570		
180	90	135	580		
190	95	179	590		
200	102	179	600		
210	110	179	610		
220	115	179	620		
230	120	181	630		
240	123	186	640		
250	137	195	650		
260	160	205	660		
270	169	209	670		
280	173	215	680		
290	174	225	690		
300	174	235	700		
310	175	245	710		
320	180	255	720		
330	185	265	730		
340	193	279	740		
350	199	295	750		
360	200	314	760		
370	206	330	770		
380	214	375	780		
390	218	376	790		
400	228	384	800		

545

ASISTEN
 LABORATORIUM
 TEKNIK KONSTRUKSI TEKNIK
 FAKULTAS TEKNIK

V. PENGAMATAN DESAK SILINDER BETON

SILINDER I B7			SILINDER II B8		
Diameter	15,210	cm	14,965	cm	Beban 12,478 kg
Tinggi	29,715	cm	29,925	cm	
Diuji Tgl	25/xi '00		25/xi '00		
Umur	28	hari	28	hari	
Berat	12,613	kg			

Beban KN	Regangan (1.10 ⁻³ mm)		Beban KN	Rogangan (1.10 ⁻³ mm)	
	Silinder I	Silinder II		Silinder I	Silinder II
10	11	15	410	294	380
20	15	19	420	305	380
30	22	25	430	315	400
40	29	30	440	325	415
50	32	34	450	345	430
50	35	40	450	359	450
70	41	49	470	375	475
80	46	56	480	385	505
90	51	65	490	400	540
100	56	71	500		575
110	63	76	510		630
120	69	90	520		
130	75	96	530		
140	80	105	540		
150	86	111	550		
160	93	125	560		
170	100	130	570		
180	105	175	580		
190	110	176	590		
200	113	177	600		
210	125	178	610		
220	135	179	620		
230	160	185	630		
240	160	192	640		
250	165	200	650		
250	170	210	660		
270	175	218	670		
280	179	229	680		
290	185	236	690		
300	193	246	700		
310	200	256	710		
320	205	265	720		
330	213	275	730		
340	219	286	740		
350	229	296	750		
360	239	310	760		
370	252	322	770		
380	266	330	780		
390	275	370	790		
400	280	375	800		

515
485

ASISTEN

LABORATORIUM
DAKAR KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK ULI

V. PENGAMATAN DESAK SILINDER BETON

SILINDER I B₉
 Diameter 15,050 cm
 Tinggi 30,035 cm
 Diuji Tgl 25/xi'00
 Umur 28 hari
 Berat 12,503 kg

SILINDER II B₁₀
 Diameter 14,975 cm
 Tinggi 30,025 cm
 Diuji Tgl 25/xi'00
 Umur 28 hari
 Berat 12,565 kg

Berat = 12,565 kg

Beban KN	Regangan (1.10 ⁻³ mm)		Beban KN	Regangan (1.10 ⁻³ mm)	
	Silinder I	Silinder II		Silinder I	Silinder II
10	14	14	410	335	405
20	19	19	420	360	430
30	25	25	430	374	455
40	33	30	440	385	485
50	36	35	450	404	530
60	44	40	460	420	580
70	50	42	470	445	570
80	55	46	480	480	
90	60	55	490	505	
100	65	60	500	530	
110	70	65	510	559	
120	76	70	520	600	
130	85	75	530	680	
140	90	83	540		
150	96	89	550		
160	104	96	560		
170	113	105	570		
180	120	111	580		
190	130	119	590		
200	150	125	600		
210	165	139	610		
220	175	165	620		
230	175	170	630		
240	175	175	640		
250	178	175	650		
260	183	178	660		
270	189	184	670		
280	195	192	680		
290	200	200	690		
300	211	209	700		
310	219	220	710		
320	225	230	720		
330	234	241	730		
340	244	255	740		
350	254	270	750		
360	265	290	760		
370	275	305	770		
380	290	325	780		
390	300	360	790		
400	315	375	800		

S25

BAHON KONSTRUKSI TEKNIK
 FAKULTAS TEKNIK

V. PENGAMATAN DESAK SILINDER BETON

SILINDER I C ₁		SILINDER II C ₂	
Diameter	14,960 cm	14,975 cm	
Tinggi	30,105 cm	29,985 cm	
Diuji Tgl	28/x/1'00	28/x/1'00	
Umur	28 hari	28 hari	
Berat	12,394 kg		

Berat = 12,465 kg

Beban KN	Regangan (1.10 ⁻³ mm)		Beban KN	Regangan (1.10 ⁻³ mm)	
	Silinder I	Silinder II		Silinder I	Silinder II
10	13	15	410	332	342
20	16	20	420	343	363
30	25	30	430	359	380
40	32	35	440	372	394
50	37	40	450	379	433
60	43	46	460	394	423
70	50	51	470	410	441
80	56	58	480	429	472
90	63	65	490	445	486
100	70	72	500	470	525
110	75	78	510	500	557
120	82	85	520	537	602
130	89	93	530	590	680
140	95	100	540		
150	102	108	550		
160	110	113	560		
170	117	121	570		
180	125	126	580		
190	133	133	590		
200	140	140	600		
210	147	153	610		
220	157	158	620		
230	162	165	630		
240	170	172	640		
250	175	180	650		
260	184	187	660		
270	190	193	670		
280	198	200	680		
290	205	208	690		
300	214	215	700		
310	222	225	710		
320	230	234	720		
330	236	244	730		
340	246	255	740		
350	255	263	750		
360	265	272	760		
370	273	280	770		
380	294	290	780		
390	305	307	790		
400	320	320	800		

525

V. PENGAMATAN DESAK SILINDER BETON

	SILINDER I C ₃		SILINDER II C ₄	
Diameter	14,975	cm	15,050	cm
Tinggi	30,210	cm	30,045	cm
Diuji Tgl	28/xi'00		28/xi'00	
Umur	28	hari	28	hari
Berat	12,459	kg		

Berat = 12,494 kg

Beban KN	Regangan (1.10 ⁻³ mm)		Beban KN	Regangan (1.10 ⁻³ mm)	
	Silinder I	Silinder II		Silinder I	Silinder II
10	10	12	410	355	368
20	15	17	420	370	385
30	21	24	430	393	402
40	29	30	440	409	430
50	35	35	450	424	462
60	40	40	460	450	493
70	50	48	470	470	535
80	55	54	480	500	589
90	64	60	490	550	670
100	70	65	500	620	
110	75	72	510		
120	85	80	520		
130	93	87	530		
140	102	92	540		
150	109	100	550		
160	112	105	560		
170	125	112	570		
180	135	120	580		
190	142	126	590		
200	150	135	600		
210	155	143	610		
220	157	155	620		
230	158	158	630		
240	165	165	640		
250	173	174	650		
260	182	180	660		
270	191	188	670		
280	198	195	680		
290	205	203	690		
300	215	211	700		
310	227	220	710		
320	235	231	720		
330	245	242	730		
340	255	256	740		
350	270	269	750		
360	280	283	760		
370	295	302	770		
380	312	320	780		
390	330	337	790		
400	340	350	800		

485

ASISTEN

LABORATORIUM
 BINA KONSTRUKSI
 FAKULTAS TEKNIK UI

V. PENGAMATAN DESAK SILINDER BETON

SILINDER I C ₅		SILINDER II C ₆	
Diameter	15,010 cm	14,950 cm	
Tinggi	29,935 cm	29,935 cm	
Diuji Tgl	28/x/00	28/x/00	
Umur	28 hari	28 hari	
Berat	12,370 kg		

Berat = 12,370 kg

Beban KN	Regangan (1.10 ⁻³ mm)		Beban KN	Regangan (1.10 ⁻³ mm)	
	Silinder I	Silinder II		Silinder I	Silinder II
10	13	12	410	335	295
20	17	18	420	350	315
30	25	23	430	360	325
40	30	30	440	375	340
50	36	35	450	393	355
60	42	40	450	410	368
70	50	46	470	432	383
80	55	53	480	468	399
90	63	58	490	500	417
100	70	65	500	560	437
110	75	72	510		452
120	83	80	520		476
130	90	87	530		498
140	97	93	540		500
150	105	100	550		630
160	112	108	560		
170	120	114	570		
180	127	122	580		
190	135	130	590		
200	140	135	600		
210	148	145	610		
220	156	155	620		
230	162	160	630		
240	168	169	640		
250	175	176	650		
260	183	185	660		
270	190	193	670		
280	196	198	680		
290	205	205	690		
300	213	210	700		
310	223	210	710		
320	230	215	720		
330	237	223	730		
340	245	230	740		
350	257	240	750		
360	270	250	760		
370	282	255	770		
380	300	265	780		
390	315	275	790		
400	330	282	800		

ASISTEN

LABORATORIUM TEKNIK

BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK

FAKULTAS TEKNIK

V. PENGAMATAN DESAK SILINDER BETON

	SILINDER I C7		SILINDER II C8	
Diameter	15,040 cm		14,970 cm	
Tinggi	29,975 cm		30,120 cm	
Diuji Tgl	28/xi'00		28/xi'00	
Umur	28 hari		28 hari	
Berat	12,525 kg			

12,575 kg

Beban KN	Regangan (1.10 ⁻³ mm)		Beban KN	Regangan (1.10 ⁻³ mm)	
	Silinder I	Silinder II		Silinder I	Silinder II
10	12	13	410	388	84
20	17	15	420	407	99
30	25	24	430	429	11
40	32	30	440	450	25
50	38	35	450	475	45
60	43	40	450	505	65
70	50	46	470	548	99
80	56	54	480	590	60
90	65	58	490	658	
100	71	65	500		
110	75	72	510		
120	85	78	520		
130	93	85	530		
140	99	90	540		
150	105	97	550		
160	115	105	560		
170	125	111	570		
180	131	118	580		
190	138	126	590		
200	148	134	600		
210	158	142	610		
220	168	150	620		
230	175	157	630		
240	182	166	640		
250	190	175	650		
260	200	185	660		
270	209	194	670		
280	217	201	680		
290	215	210	690		
300	225	220	700		
310	235	232	710		
320	245	243	720		
330	255	255	730		
340	265	265	740		
350	282	280	750		
360	296	295	760		
370	315	315	770		
380	330	335	780		
390	348	322	790		
400	367	370	800		

485

ASISTEN

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

SAKTI KUNINGAN

FAKULTAS TEKNIK SIPIL

V. PENGAMATAN DESAK SILINDER BETON

SILINDER I C_{10}		SILINDER II C_{10}		Bebat = 12,269 kg
Diameter	14,980 cm	14,800 cm		
Tinggi	30,230 cm	29,975 cm		
Diuji Tgl	28/xi'00	28/xi'00		
Umur	28 hari	28 hari		
Berat	12,491 kg			

Beban KN	Regangan (1.10^{-3} mm)		Beban KN	Regangan (1.10^{-3} mm)	
	Silinder I	Silinder II		Silinder I	Silinder II
10	7	12	410	532	334
20	12	15	420	545	351
30	20	23	430	560	370
40	26	29	440	578	385
50	30	35	450	595	400
60	35	38	460	615	420
70	45	45	470	635	440
80	50	50	480	660	450
90	55	56	490	691	507
100	60	63	500	729	485
110	70	70	510	790	
120	76	75	520		
130	85	85	530		
140	93	90	540		505
150	100	97	550		
160	108	104	560		
170	117	113	570		
180	126	120	580		
190	132	128	590		
200	140	137	600		
210	150	145	610		
220	158	153	620		
230	165	160	630		
240	175	167	640		
250	180	175	650		
260	189	185	660		
270	196	190	670		
280	205	196	680		
290	215	206	690		
300	220	215	700		
310	230	222	710		
320	238	230	720		
330	240	240	730		
340	245	248	740		
350	258	260	750		
360	274	275	760		
370	290	289	770		
380	295	302	780		
390	510	315	790		
400	525	325	800		

ASISTEN
 LABORATORIUM
 BANGUNAN KONSTRUKSI TEKNIK
 FAKULTAS TEKNIK

V. PENGAMATAN DESAK SILINDER BETON

SILINDER I D ₁		SILINDER II D ₂		Berat = 12,370 kg
Diameter	15,010 cm	15,000 cm		
Tinggi	30,000 cm	29,900 cm		
Diuji Tgl	28/xi'00	28/xi'00		
Umur	28 hari	28 hari		
Berat	12,288 kg			

Beban KN	Regangan (1.10 ⁻³ mm)		Beban KN	Regangan (1.10 ⁻³ mm)	
	Silinder I	Silinder II		Silinder I	Silinder II
10	12	14	410		
20	18	22	420		
30	28	25	430		
40	35	35	440		
50	36	40	450		
60	45	47	450		
70	56	55	470		
80	60	62	480		
90	70	70	490		
100	75	78	500		
110	80	88	510		
120	87	95	520		
130	95	105	530		
140	103	114	540		
150	111	125	550		
160	120	135	550		
170	132	157	570		
180	143	172	580		
190	155	185	590		
200	160	195	600		
210	173	212	610		
220	184	240	620		
230	192	260	630		
240	204	278	640		
250	216	304	650		
260	232	340	660		
270	247	368	670		
280	265	429	680		
290	280	440	690		
300	298	480	700		
310	320	470	710		
320	338	560	720		
330	360	560	730		
340	382		740		
350	415		750		
360	450		760		
370			770		
380			780		
390			790		
400			800		

ASISTEN

LABORATORIUM PASIVAS
 BAHU KONSTRUKSI
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL
 DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS BINA SARASWATI

V. PENGAMATAN DESAK SILINDER BETON

SILINDER I D ₃		SILINDER II D ₄	
Diameter	14,935 cm	14,955 cm	
Tinggi	30,000 cm	30,075 cm	
Diuji Tgl	28/xi'00	28/xi'00	
Umur	28 hari	28 hari	
Berat	12,200 kg		

Berat = 12,395 kg

Beban KN	Regangan (1.10 ⁻³ mm)		Beban KN	Regangan (1.10 ⁻³ mm)	
	Silinder I	Silinder II		Silinder I	Silinder II
10	15	11	410		
20	21	19	420		
30	30	25	430		
40	35	30	440		
50	40	35	450		
60	48	45	460		
70	55	52	470		
80	63	60	480		
90	71	68	490		
100	78	75	500		
110	86	85	510		
120	97	92	520		
130	107	100	530		
140	115	110	540		
150	125	119	550		
160	135	130	560		
170	150	140	570		
180	165	152	580		
190	175	164	590		
200	185	175	600		
210	201	185	610		
220	215	195	620		
230	235	205	630		
240	255	210	640		
250	280	210	650		
260	305	220	660		
270	332	240	670		
280	360	250	680		
290	390	273	690		
300	430	295	700		
310	435	320	710		
320	440	345	720		
330	510	275	730		
340	590	430	740		
350		460	750		
360			760		
370			770		
380			780		
390			790		
400			800		

ASISTEN

LABORATORIUM
 BAHAN BANGUNAN

V. PENGAMATAN DESAK SILINDER BETON

SILINDER I D5		SILINDER II D6	
Diameter	14,920 cm	14,950 cm	
Tinggi	30,025 cm	30,110 cm	
Diuji Tgl	28/xi'00	30/xi'00	
Umur	28 hari	28 hari	
Berat	12,276 kg		12,400 kg

Beban KN	Regangan (1.10 ⁻³ mm)		Beban KN	Regangan (1.10 ⁻³ mm)	
	Silinder I	Silinder II		Silinder I	Silinder II
10	14	9	410		465
20	20	15	420		525
30	28	20	430		600
40	35	29	440		
50	40	34	450		
60	45	39	450		
70	53	45	470		
80	60	52	480		
90	68	59	490		
100	75	63	500		
110	85	70	510		
120	92	75	520		
130	100	85	530		
140	110	90	540		
150	117	95	550		
160	127	105	560		
170	140	117	570		
180	145	120	580		
190	156	130	590		
200	165	136	600		
210	177	145	610		
220	187	155	620		
230	202	163	630		
240	215	170	640		
250	232	178	650		
260	250	188	660		
270	270	198	670		
280	290	210	680		
290	320	220	690		
300	350	235	700		
310	390	248	710		
320	420	264	720		
330	470	279	730		
340	530	296	740		
350	580	320	750		
360		335	760		
370		350	770		
380		375	780		
390		405	790		
400		435	800		

345

ASISTEN

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

V. PENGAMATAN DESAK SILINDER BETON

SILINDER I <i>D7</i>		SILINDER II <i>D9</i>	
Diameter	14,945 cm	14,975 cm	
Tinggi	29,855 cm	30,275 cm	
Diuji Tgl	30/x/00	30/x/00	
Umur	28 hari	28 hari	
Berat	12,175 kg		

Berat = 12,445 kg

Beban KN	Regangan (1.10 ⁻³ mm)		Beban KN	Regangan (1.10 ⁻³ mm)	
	Silinder I	Silinder II		Silinder I	Silinder II
10	10	10	410	4,25	3,90
20	15	15	420	4,50	4,10
30	20	24	430	4,80	4,45
40	29	31	440	5,30	4,80
50	34	35	450	6,15	5,15
60	39	41	460		6,05
70	45	46	470		
80	51	54	480		
90	56	60	490		
100	62	66	500		
110	70	73	510		
120	76	80	520		
130	83	89	530		
140	90	95	540		
150	96	103	550		
160	105	110	560		
170	112	118	570		
180	120	126	580		
190	129	135	590		
200	135	143	600		
210	145	150	610		
220	158	156	620		
230	164	165	630		
240	172	173	640		
250	179	181	650		
260	189	190	660		
270	195	196	670		
280	205	208	680		
290	215	218	690		
300	230	230	700		
310	240	239	710		
320	250	249	720		
330	262	260	730		
340	280	274	740		
350	295	285	750		
360	315	300	760		
370	340	315	770		
380	355	330	780		
390	375	350	790		
400	395	365	800		

Asisten

LAPORAN HASIL PENGAMATAN
 LABORATORIUM TEKNIK STRUKTUR
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL
 UNIVERSITAS BINA SARASWATI

V. PENGAMATAN DESAK SILINDER BETON

SILINDER I D_1		SILINDER II D_2		
Diameter	15,000 cm	15,085 cm	15,000 cm	12,388 kg
Tinggi	30,045 cm	29,975 cm		
Diuji Tgl	30/xi'00	30/xi'00		
Umur	28 hari	28 hari		
Berat	12,587 kg			

Beban KN	Regangan (1.10 ⁻³ mm)		Beban KN	Regangan (1.10 ⁻³ mm)	
	Silinder I	Silinder II		Silinder I	Silinder II
10	11	12	410		400
20	15	18	420		425
30	25	25	430		452
40	31	30	440		500
50	36	35	450		550
60	43	40	460		645
70	49	46	470		
80	55	54	480		
90	64	60	490		
100	69	65	500		
110	75	71	510		
120	84	80	520		
130	92	86	530		
140	100	95	540		
150	109	101	550		
160	118	109	560		
170	129	115	570		
180	139	123	580		
190	149	130	590		
200	159	135	600		
210	170	145	610		
220	184	157	620		
230	195	165	630		
240	210	175	640		
250	225	178	650		
260	250	195	660		
270	275	194	670		
280	300	200	680		
290	335	210	690		
300	380	219	700		
310	425	230	710		
320	475	239	720		
330	525	250	730		
340	580	240	740		
350	650	274	750		
360	730	290	760		
370		310	770		
380		330	780		
390		360	790		
400		380	800		

455

ASISTEN

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL
 DAN KONSTRUKSI
 FAKULTAS TEKNIK ULI

V. PENGAMATAN DESAK SILINDER BETON

SILINDER I E_1		SILINDER II E_2		Berat = 12,350 kg
Diameter	14,985 cm	14,950	cm	
Tinggi	30,250 cm	30,050	cm	
Diuji Tgl	30/xi'00	30/xi'00		
Umur	28 hari	28	hari	
Berat	12,449 kg			

Beban KN	Regangan (1.10 ⁻³ mm)		Beban KN	Regangan (1.10 ⁻³ mm)	
	Silinder I	Silinder II		Silinder I	Silinder II
10	12	14	410		620
20	16	20	420		
30	24	26	430		
40	32	34	440		
50	37	40	450		
60	43	45	460		
70	49	50	470		
80	55	59	480		
90	62	65	490		
100	69	72	500		
110	76	79	510		
120	85	86	520		
130	94	94	530		
140	100	100	540		
150	110	107	550		
160	112	112	560		
170	130	129	570		
180	140	135	580		
190	153	143	590		
200	159	156	600		
210	166	157	610		
220	175	165	620		
230	185	175	630		
240	194	184	640		
250	206	190	650		
260	223	204	660		
270	236	215	670		
280	250	225	680		
290	263	236	690		
300	280	253	700		
310	300	265	710		
320	315	280	720		
330	335	295	730		
340	360	314	740		
350	385	335	750		
360	415	363	760		
370	455	400	770		
380	435	425	780		
390		470	790		
400		540	800		

405

ASISTEN

LABORATORIUM
 TEKNIK KONSTRUKSI
 FAKULTAS TEKNIK

V. PENGAMATAN DESAK SILINDER BETON

SILINDER I E ₃		SILINDER II E ₄	
Diameter	14,920 cm	15,040 cm	
Tinggi	30,025 cm	30,025 cm	
Dim. Tgl	30/x1'00	30/x1'00	
Umur	28 hari	28 hari	
Berat	12,373 kg		

12,409 kg

Beban KN	Regangan (1.10 ⁻³ mm)		Beban KN	Regangan (1.10 ⁻³ mm)	
	Silinder I	Silinder II		Silinder I	Silinder II
10	11	5	410		
20	15	11	420		
30	23	15	430		
40	31	23	440		
50	36	29	450		
60	42	34	460		
70	50	40	470		
80	55	46	480		
90	62	51	490		
100	70	57	500		
110	76	65	510		
120	84	71	520		
130	91	76	530		
140	98	85	540		
150	105	93	550		
160	114	100	560		
170	125	109	570		
180	135	115	580		
190	140	123	590		
200	154	130	600		
210	160	140	610		
220	170	155	620		
230	180	160	630		
240	186	170	640		
250	196	176	650		
260	210	186	660		
270	220	196	670		
280	233	210	680		
290	245	220	690		
300	260	235	700		
310	275	250	710		
320	290	265	720		
330	305	285	730		
340	330	300	740		
350	355	325	750		
360	410	350	760		
370	420	375	770		
380	465	405	780		
390	535	420	790		
400		470	800		

385

ASISTEN

PETUNJUK LAPORAN

BANDILAS PERANGKAT

BANDILAS PERANGKAT

V. PENGAMATAN DESAK SILINDER BETON

SILINDER I E_c		SILINDER II E_c		Berat = 12,308 kg
Diameter	14,925 cm	14,925	cm	
Tinggi	30,000 cm	29,935	cm	
Diuji Tgl	30/xi'00	30/xi'00		
Umur	28 hari	28	hari	
Berat	12,300 kg			

Beban KN	Regangan (1.10^{-3} mm)		Beban KN	Regangan (1.10^{-3} mm)	
	Silinder I	Silinder II		Silinder I	Silinder II
10	10	10	410		
20	15	15	420		
30	22	22	430		
40	30	30	440		
50	35	35	450		
60	61	41	460		
70	69	46	470		
80	56	54	480		
90	64	60	490		
100	70	66	500		
110	76	74	510		
120	84	81	520		
130	93	89	530		
140	100	95	540		
150	107	105	550		
160	115	112	560		
170	125	120	570		
180	135	130	580		
190	143	139	590		
200	154	153	600		
210	159	160	610		
220	169	167	620		
230	179	175	630		
240	186	185	640		
250	195	195	650		
260	210	210	660		
270	220	220	670		
280	232	235	680		
290	250	250	690		
300	265	260	700		
310	285	280	710		
320	305	300	720		
330	325	320	730		
340	345	350	740		
350	380	375	750		
360	435	410	760		
370	510		770		
380			780		
390			790		
400			800		

ASISTEN

LABORATORIUM
 BAHAN BANGUNAN STRUKTUR
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS BINA SARASWATI

V. PENGAMATAN DESAK SILINDER BETON

SILINDER I E7		SILINDER II E8	
Diameter	15,200 cm	14,940 cm	
Tinggi	29,860 cm	30,050 cm	
Diuji Tgl	30/x/00	30/x/00	
Umur	28 hari	28 hari	
Berat	12,400 kg		

Berat = 12,377 kg

Beban KN	Regangan (1.10 ⁻³ mm)		Beban KN	Regangan (1.10 ⁻³ mm)	
	Silinder I	Silinder II		Silinder I	Silinder II
10	13	10	410		
20	20	16	420		
30	30	24	430		
40	35	31	440		
50	46	36	450		
60	50	41	450		
70	56	47	470		
80	65	54	480		
90	73	62	490		
100	79	70	500		
110	82	75	510		
120	89	82	520		
130	100	90	530		
140	108	99	540		
150	112	107	550		
160	125	115	560		
170	135	124	570		
180	142	132	580		
190	146	140	590		
200	154	153	600		
210	165	162	610		
220	176	172	620		
230	181	180	630		
240	190	190	640		
250	196	200	650		
260	215	210	660		
270	230	225	670		
280	235	235	680		
290	250	250	690		
300	265	264	700		
310	280	280	710		
320	293	295	720		
330	310	315	730		
340	330	335	740		
350	355	365	750		
360	380	390	760		
370	405	415	770		
380	450	445	780		
390	500	495	790		
400	565	485	800		

V. PENGAMATAN DESAK SILINDER BETON

SILINDER I E_g		SILINDER II E_{i0}	
Diameter	14,980 cm	14,890 cm	
Tinggi	30,000 cm	30,075 cm	
Diuji Tgl	30/xi'00	30/xi'00	
Umur	28 hari	28 hari	
Berat	12,430 kg		

Berat = 12,445 kg

Beban KN	Regangan (1.10^{-3} mm)		Beban KN	Regangan (1.10^{-3} mm)	
	Silinder I	Silinder II		Silinder I	Silinder II
10	11	10	410		
20	16	15	420		
30	25	24	430		
40	32	31	440		
50	36	37	450		
60	41	42	460		
70	48	49	470		
80	54	55	480		
90	62	62	490		
100	67	70	500		
110	74	76	510		
120	81	85	520		
130	90	94	530		
140	95	104	540		
150	104	110	550		
160	111	120	560		
170	119	130	570		
180	129	139	580		
190	135	149	590		
200	145	159	600		
210	156	169	610		
220	164	179	620		
230	174	189	630		
240	181	199	640		
250	190	210	650		
260	200	222	660		
270	210	239	670		
280	224	250	680		
290	239	262	690		
300	255	280	700		
310	274	295	710		
320	290	315	720		
330	305	335	730		
340	330	355	740		
350	350	400	750		
360	380	455	760		
370	410	455	770		
380	450		780		
390	465		790		
400			800		

ASISTEN

LABORATORIUM
TEKNIK KONSTRUKSI BAHAN
SULTAS TEKNIK

V. PENGAMATAN DESAK SILINDER BETON

SILINDER I F_1		SILINDER II F_2		Berat = 12,703 kg
Diameter	14,975 cm	15,000 cm		
Tinggi	29,965 cm	30,020 cm		
Diuji Tgl	02/XI/00	02/XI/00		
Umur	28 hari	28 hari		
Berat	12,721 kg			

Beban KN	Regangan (1.10^{-3} mm)		Beban KN	Regangan (1.10^{-3} mm)	
	Silinder I	Silinder II		Silinder I	Silinder II
10	10	14	410	498	325
20	14	19	420	540	340
30	20	25	430	590	355
40	25	31	440	680	375
50	30	35	450		397
60	35	40	450		415
70	42	48	470		440
80	48	54	480		475
90	53	60	490		510
100	59	65	500		565
110	68	70	510		640
120	74	76	520		
130	80	84	530		
140	86	90	540		
150	92	94	550		
160	100	100	560		
170	108	110	570		
180	115	115	580		
190	123	120	590		
200	130	128	600		
210	136	134	610		
220	145	140	620		
230	155	147	630		
240	164	157	640		
250	172	163	650		
260	180	171	660		
270	189	178	670		
280	199	185	680		
290	210	191	690		
300	225	199	700		
310	240	207	710		
320	258	214	720		
330	275	223	730		
340	294	232	740		
350	314	243	750		
360	342	252	760		
370	363	263	770		
380	380	275	780		
390	380	290	790		
400	456	307	800		

SOS 435

AGUSTIN
 LABORATORIUM
 BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 FAKULTAS TEKNIK

V. PENGAMATAN DESAK SILINDER BETON

SILINDER I F_3		SILINDER II F_4	
Diameter	14,800 cm	14,960 cm	cm
Tinggi	29,935 cm	30,125 cm	cm
Diuji Tgl	02/XII'00	02/XII'00	
Umur	28 hari	28 hari	
Berat	12,720 kg		

Berat = 12,791 kg

Beban KN	Regangan (1.10 ⁻³ mm)		Beban KN	Regangan (1.10 ⁻³ mm)	
	Silinder I	Silinder II		Silinder I	Silinder II
10	7	14	410	587	321
20	11	20	420	632	332
30	17	27	430	698	360
40	22	31	440	770	375
50	25	35	450	770	388
60	34	40	450		410
70	38	48	470		432
80	45	55	480		460
90	50	59	490		497
100	55	64	500		545
110	61	71	510		585
120	67	75	520		585
130	74	81	530		
140	80	87	540		
150	87	92	550		
160	95	98	560		
170	103	106	570		
180	110	114	580		
190	112	120	590		
200	127	127	600		
210	136	132	610		
220	152	140	620		
230	160	145	630		
240	169	155	640		
250	178	158	650		
260	195	166	660		
270	207	174	670		
280	220	181	680		
290	235	190	690		
300	255	198	700		
310	275	207	710		
320	300	216	720		
330	320	225	730		
340	345	235	740		
350	380	245	750		
360	410	258	760		
370	440	275	770		
380	468	290	780		
390	505	300	790		
400	543	315	800		

SIS

ASISTEN

LABORATORIUM
 BAHAN KONSTRUKSI
 FAKULTAS TEKNIK

V. PENGAMATAN DESAK SILINDER BETON

SILINDER I F_5			SILINDER II F_6		
Diarmeter	15,020	cm	14,720	cm	12,354 kg
Tinggi	29,750	cm	29,300	cm	
Diuji Tgl	02/XII '00		02/XII '00		
Umur	28	hari	28	hari	
Berat	12,589	kg			

Beban KN	Regangan (1.10^{-3} mm)		Beban KN	Regangan (1.10^{-3} mm)	
	Silinder I	Silinder II		Silinder I	Silinder II
10	10	8	410	660	387
20	13	13	420		407
30	20	19	430		440
40	25	25	440		470
50	29	31	450		540
60	35	36	450		620
70	40	43	470		
80	45	50	480		
90	50	56	490		
100	55	62	500		
110	61	70	510		
120	68	75	520		
130	75	83	530		
140	81	90	540		
150	87	95	550		
160	94	102	550		
170	102	110	570		
180	110	118	580		
190	117	125	590		
200	128	133	600		
210	135	140	610		
220	154	150	620		
230	160	157	630		
240	168	165	640		
250	180	175	650		
260	192	180	660		
270	204	190	670		
280	217	198	680		
290	235	209	690		
300	255	220	700		
310	280	230	710		
320	302	243	720		
330	325	255	730		
340	355	270	740		
350	390	280	750		
360	420	290	760		
370	460	300	770		
380	520	322	780		
390	580	333	790		
400	650	364	800		

455

ASISTEN

LABORATORIUM
 STRUKTUR DAN KONSTRUKSI
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL
 DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS BINA SARANA INOVASI

V. PENGAMATAN DESAK SILINDER BETON

SILINDER I F_7		SILINDER II F_8	
Diarter	14,960 cm	14,925 cm	
Tinggi	29,875 cm	30,000 cm	
Diuji Tgl	02/xii'00	02/xii'00	
Umur	28 hari	28 hari	
Berat	12,584 kg		

Berat = 12,585 kg

Beban KN	Regangan (1.10 ⁻³ mm)		Beban KN	Regangan (1.10 ⁻³ mm)	
	Silinder I	Silinder II		Silinder I	Silinder II
10	10	14	410	430	560
20	13	19	420	455	620
30	20	25	430	492	690
40	25	31	440	535	710
50	30	36	450	588	
60	34	42	460	599	
70	40	48	470		
80	46	55	480		
90	52	61	490		
100	60	68	500		
110	65	73	510		
120	71	80	520		
130	76	88	530		
140	84	95	540		
150	90	102	550		
160	97	109	560		
170	103	112	570		
180	110	125	580		
190	115	135	590		
200	123	145	600		
210	131	154	610		
220	140	161	620		
230	148	169	630		
240	155	179	640		
250	165	189	650		
260	173	198	660		
270	182	209	670		
280	190	221	680		
290	200	235	690		
300	212	250	700		
310	226	265	710		
320	237	282	720		
330	250	303	730		
340	266	330	740		
350	285	355	750		
360	307	380	760		
370	332	402	770		
380	355	432	780		
390	380	460	790		
400	403	520	800		

435

FAKULTAS TEKNIK
 UNIVERSITAS BINA SARASWATI
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
 DAN PERENCANAAN

V. PENGAMATAN DESAK SILINDER BETON

	SILINDER I F_g		SILINDER II F_{10}		
Dirometer	14,925	cm	14,960	cm	Berat = 12,790 kg
Tinggi	29,950	cm	30,275	cm	
Diuji Tgl	02/xii'00		02/xii'00		
Umur	28	hari	28	hari	
Berat	12,500	kg			

Beban KN	Regangan (1.10^{-3} mm)		Beban KN	Regangan (1.10^{-3} mm)	
	Silinder I	Silinder II		Silinder I	Silinder II
10	10	13	410	424	
20	15	18	420	455	
30	21	25	430	495	
40	29	30	440	550	
50	32	35	450	607	
60	38	40	460		
70	44	47	470		
80	50	54	480		
90	55	61	490		
100	62	68	500		
110	68	73	510		
120	75	78	520		
130	81	86	530		
140	88	92	540		
150	95	98	550		
160	100	106	560		
170	110	114	570		
180	119	123	580		
190	126	130	590		
200	132	139	600		
210	137	152	610		
220	154	164	620		
230	158	171	630		
240	161	179	640		
250	169	192	650		
260	176	202	660		
270	183	217	670		
280	191	230	680		
290	200	250	690		
300	210	270	700		
310	222	290	710		
320	233	312	720		
330	245	340	730		
340	259	380	740		
350	280	420	750		
360	298	460	760		
370	315	520	770		
380	337	610	780		
390	375	650	790		
400	395	700	800		

395

ASISTEN

PEKERJA LAP

LABORATORIUM

DEPARTEMEN KUNSTRUKSI TEKNIK

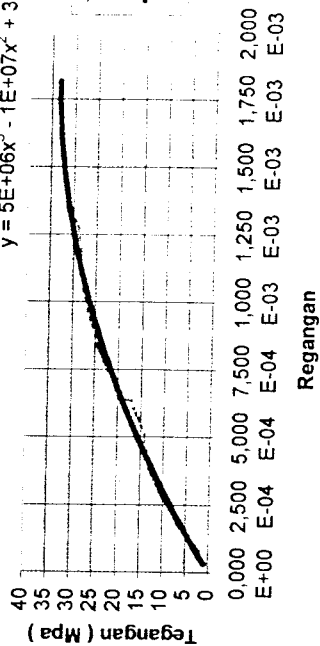
FAKULTAS TEKNIK

LAMPIRAN

3

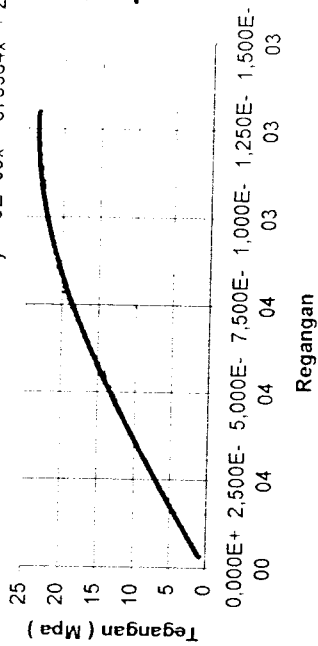
KURVA TEGANGAN-REGANGAN A1

$$y = 5E+06x^3 - 1E+07x^2 + 36372x - 0,1393$$



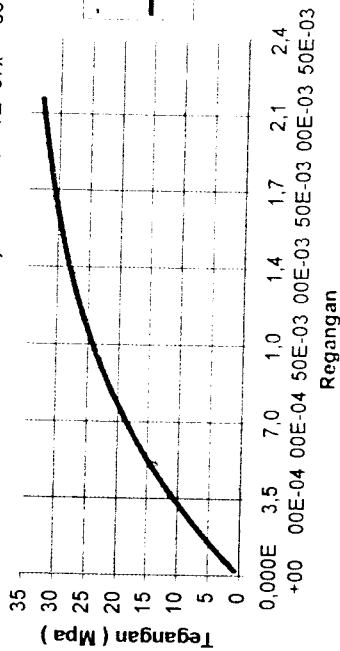
KURVA TEGANGAN-REGANGAN A2

$$y = -6E+09x^3 - 675364x^2 + 28461x - 0,0427$$



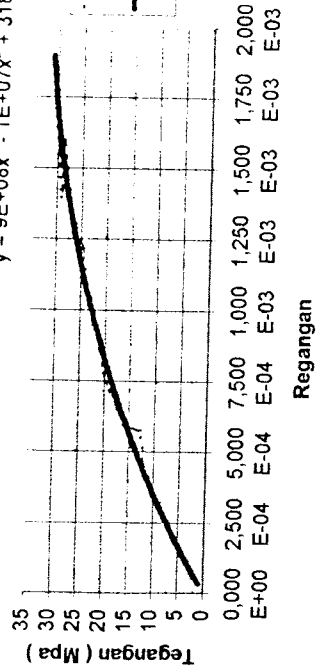
KURVA TEGANGAN-REGANGAN A3

$$y = 2E+09x^3 - 1E+07x^2 + 35108x - 0,0512$$



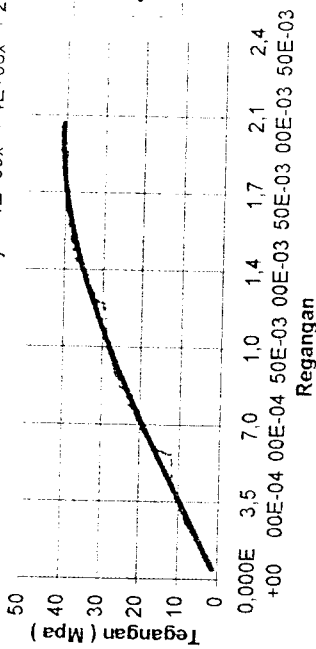
KURVA TEGANGAN-REGANGAN A4

$$y = 9E+08x^3 - 1E+07x^2 + 31853x - 0,0826$$



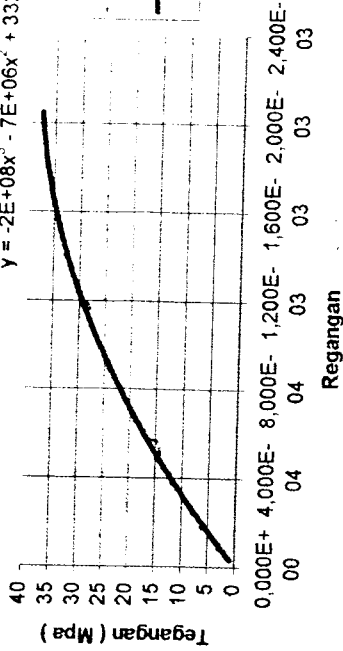
KURVA TEGANGAN-REGANGAN A5

$$y = -4E+09x^3 + 4E+06x^2 + 26172x + 0,1146$$



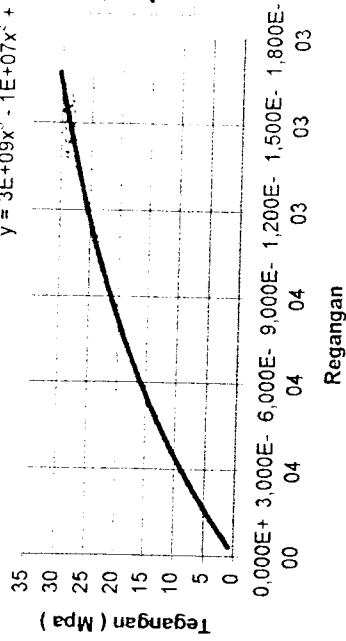
KURVA TEGANGAN-REGANGAN A6

$$y = -2E+08x^3 - 7E+06x^2 + 33298x - 0,216$$



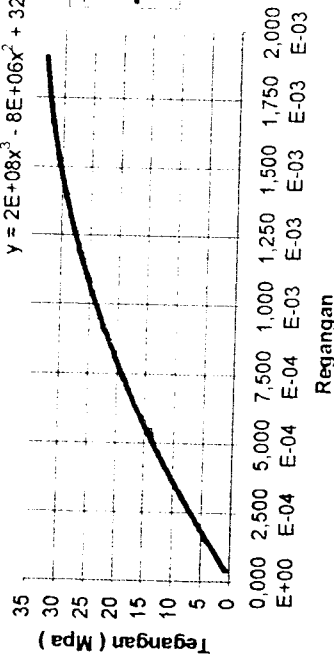
KURVA TEGANGAN-REGANGAN A7

$$y = 3E+09x^3 - 1E+07x^2 + 34652x - 0,3108$$



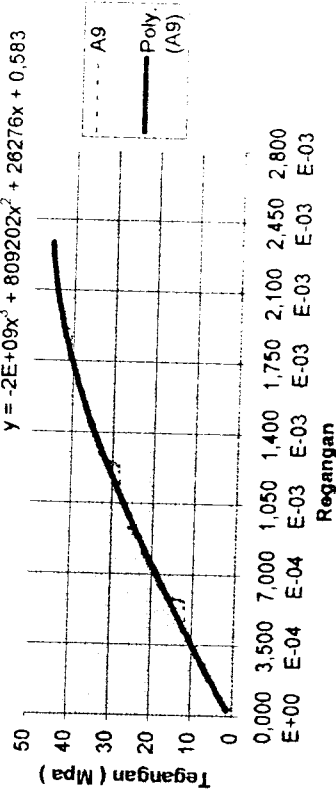
KURVA TEGANGAN-REGANGAN A8

$$y = 2E+08x^3 - 8E+06x^2 + 32195x - 0,6263$$



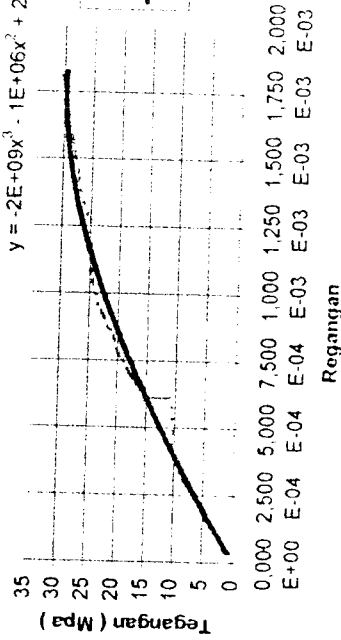
KURVA TEGANGAN-REGANGAN A9

$$y = -2E+09x^3 + 809202x^2 + 26276x + 0,583$$



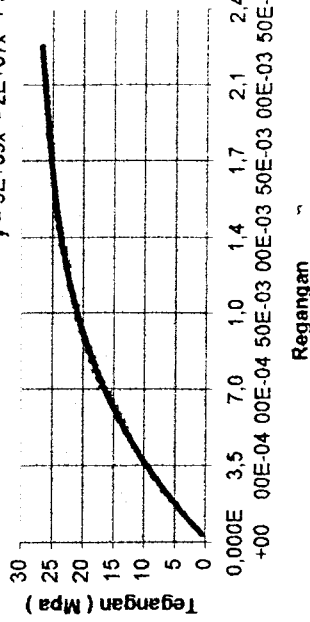
KURVA TEGANGAN-REGANGAN A10

$$y = -2E+09x^3 - 1E+06x^2 + 26189x - 0,1526$$



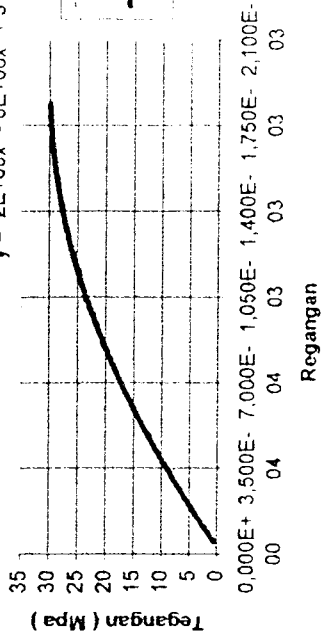
KURVA TEGANGAN-REGANGAN B1

$$y = 3E+09x^3 - 2E+07x^2 + 33875x - 0,6101$$



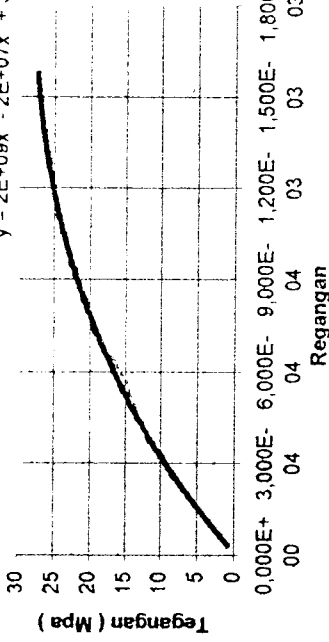
KURVA TEGANGAN-REGANGAN B2

$$y = -2E+08x^3 - 8E+06x^2 + 31863x - 1,1146$$



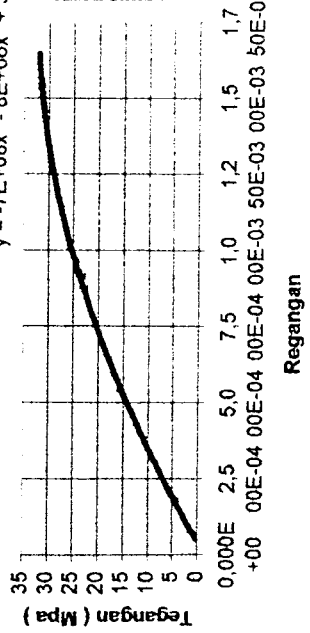
KURVA TEGANGAN-REGANGAN B3

$$y = 2E+09x^3 - 2E+07x^2 + 36768x - 0,3798$$



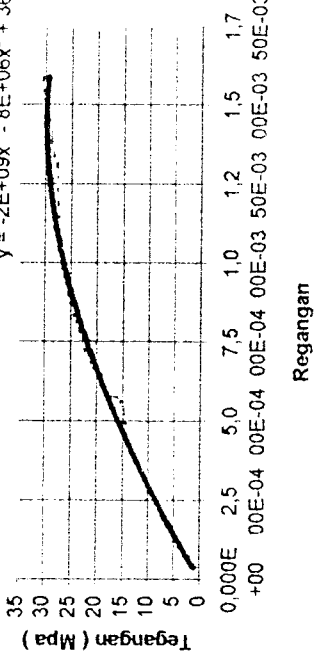
KURVA TEGANGAN-REGANGAN B4

$$y = -7E+08x^3 - 8E+06x^2 + 35989x - 1,5743$$

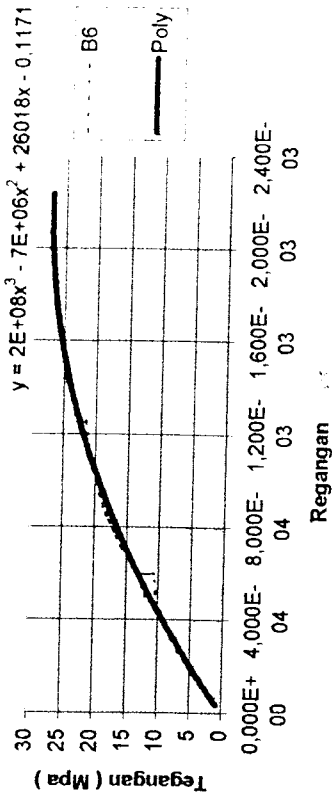


KURVA TEGANGAN-REGANGAN B5

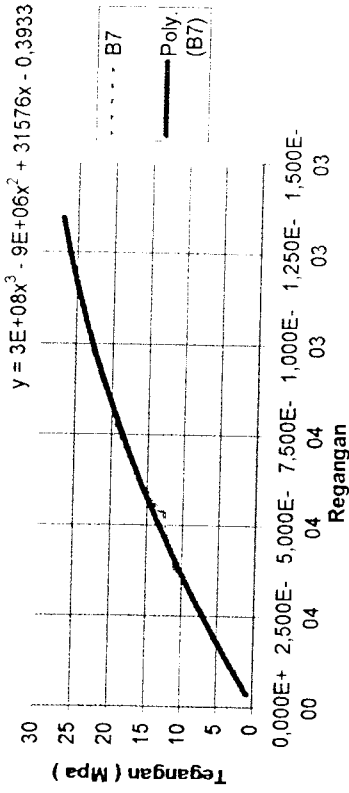
$$y = -2E+09x^3 - 8E+06x^2 + 36619x - 0,1933$$



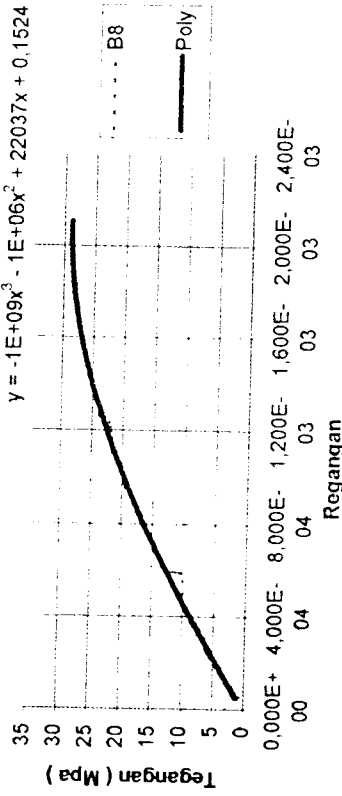
KURVA TEGANGAN-REGANGAN B6



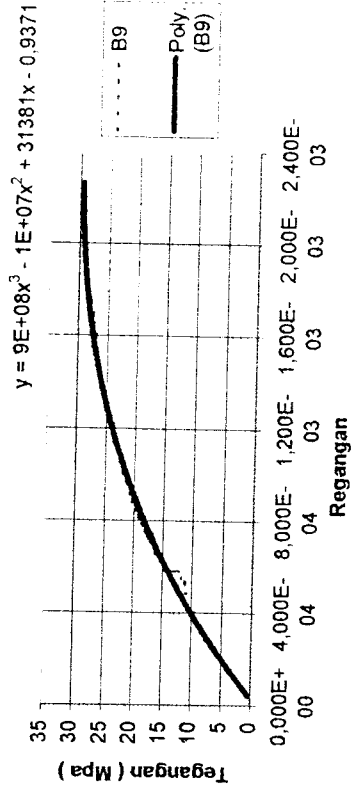
KURVA TEGANGAN-REGANGAN B7



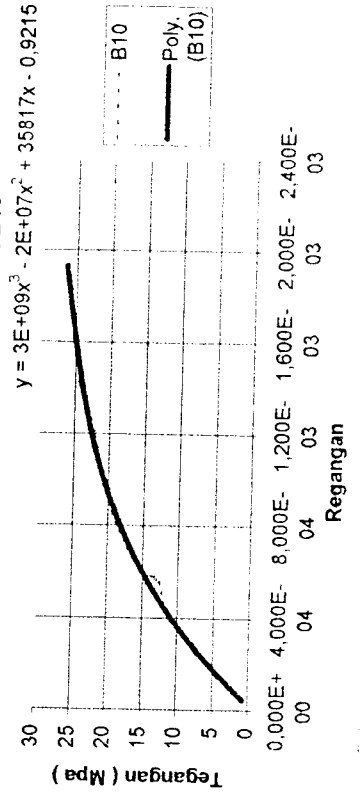
KURVA TEGANGAN-REGANGAN B8



KURVA TEGANGAN-REGANGAN B9

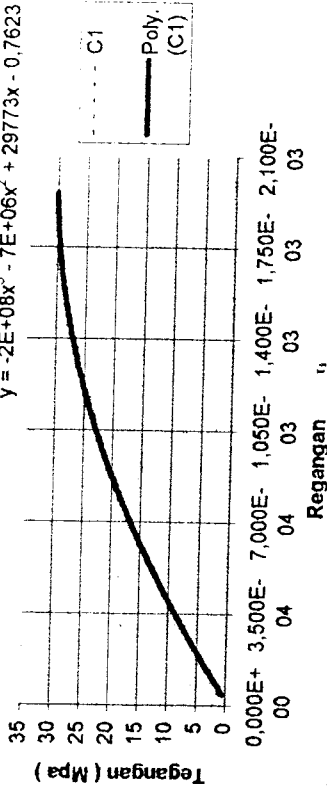


KURVA TEGANGAN-REGANGAN B10



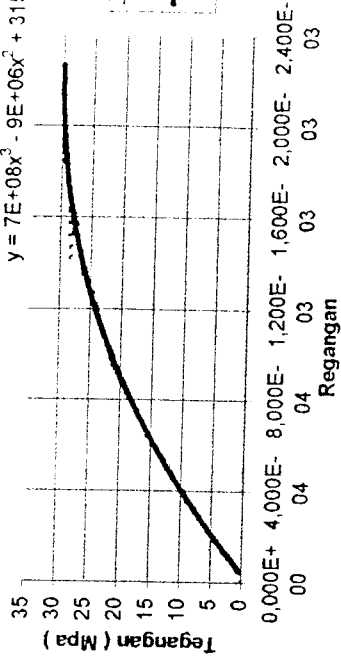
KURVA TEGANGAN-REGANGAN C1

$$y = -2E+08x^3 - 7E+06x^2 + 29773x - 0,7623$$



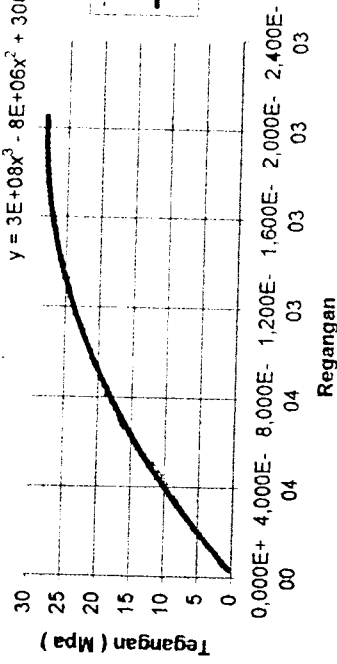
KURVA TEGANGAN-REGANGAN C2

$$y = 7E+08x^3 - 9E+06x^2 + 31529x - 1,3042$$



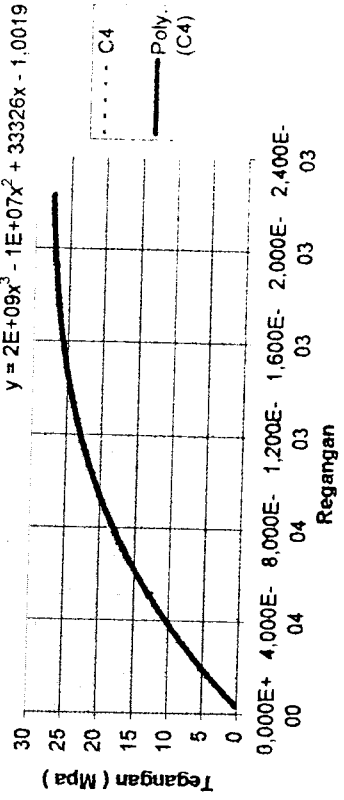
KURVA TEGANGAN-REGANGAN C3

$$y = 3E+08x^3 - 8E+06x^2 + 30002x - 0,7028$$



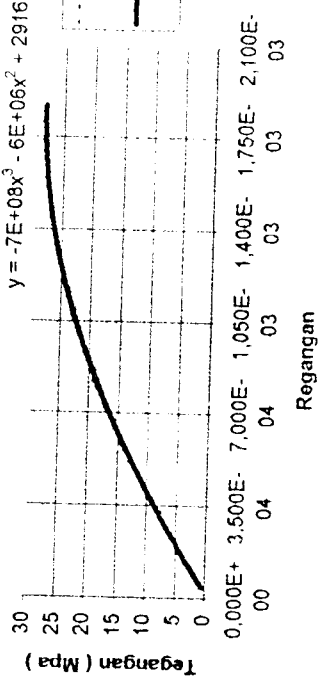
KURVA TEGANGAN-REGANGAN C4

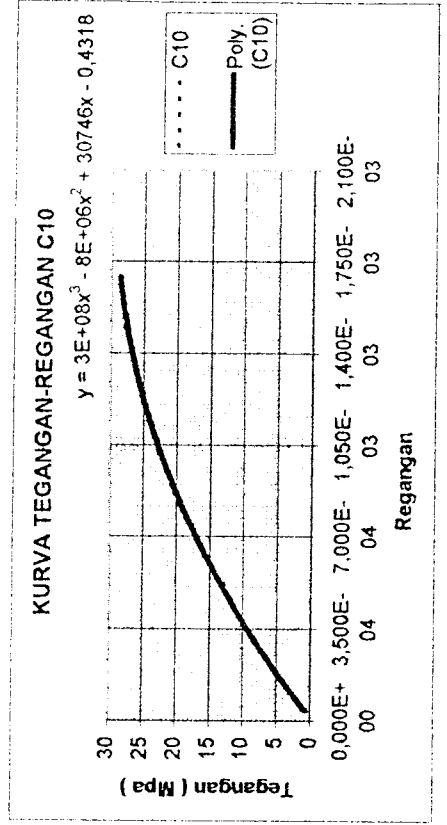
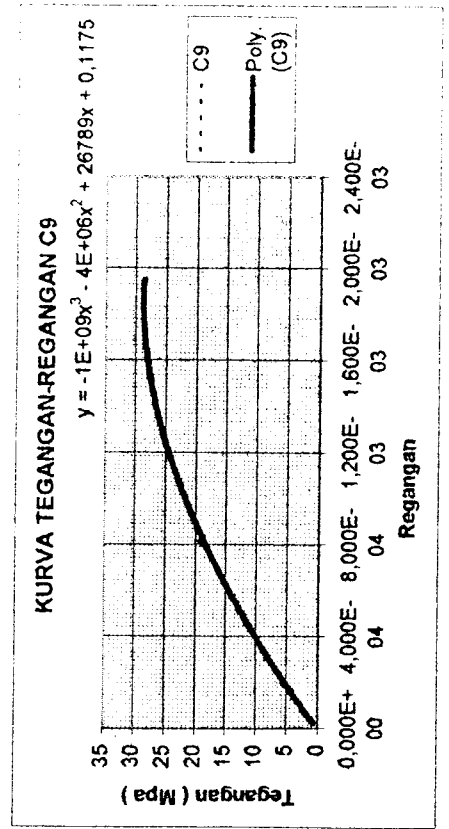
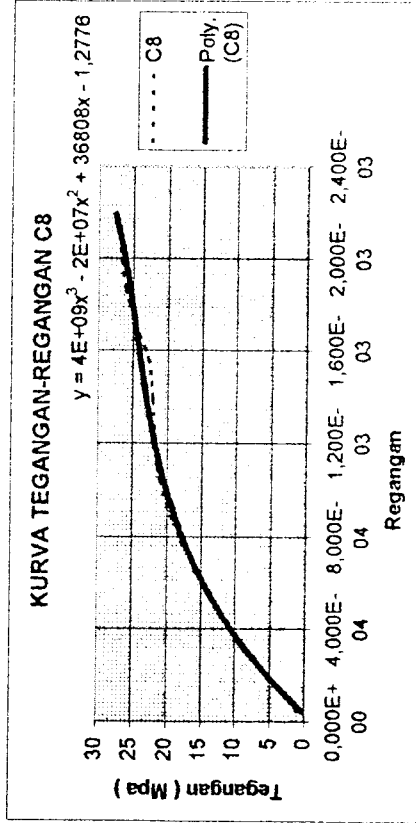
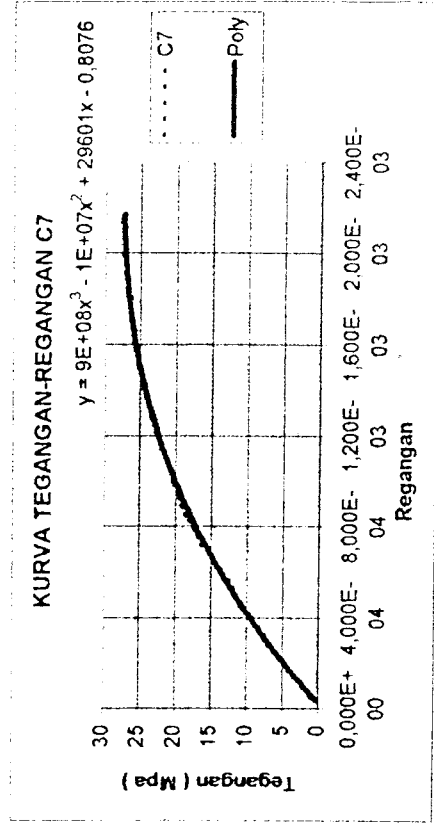
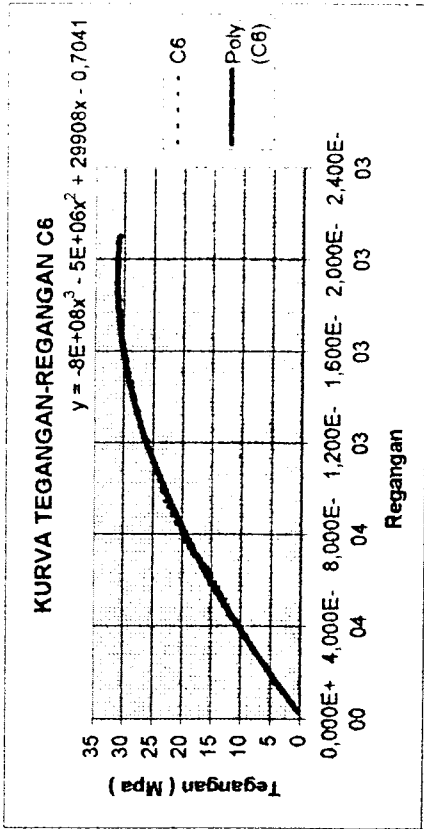
$$y = 2E+09x^3 - 1E+07x^2 + 33326x - 1,0019$$



KURVA TEGANGAN-REGANGAN C5

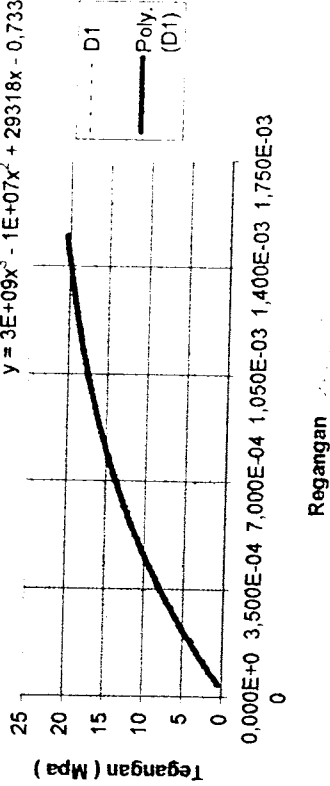
$$y = -7E+08x^3 - 6E+06x^2 + 29168x - 0,7375$$





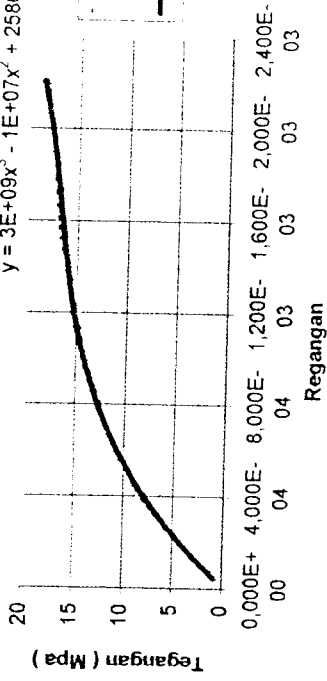
KURVA TEGANGAN-REGANGAN D1

$$y = 3E+09x^3 - 1E+07x^2 + 29318x - 0,733$$



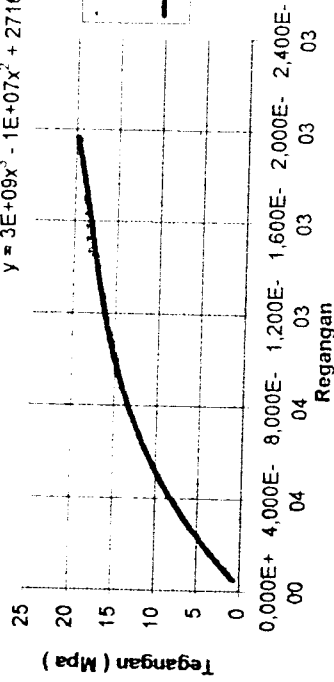
KURVA TEGANGAN-REGANGAN D2

$$y = 3E+09x^3 - 1E+07x^2 + 25866x - 0,3476$$



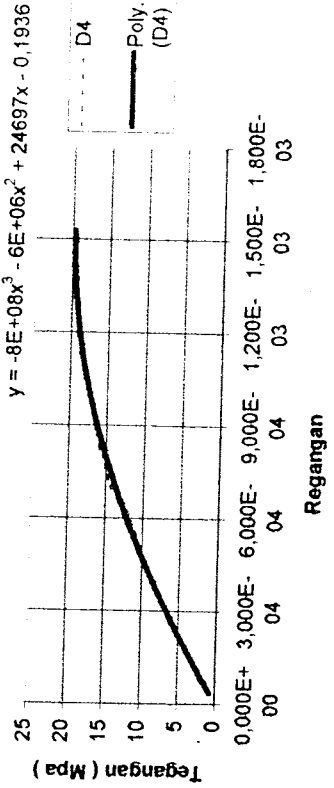
KURVA TEGANGAN-REGANGAN D3

$$y = 3E+09x^3 - 1E+07x^2 + 27167x - 0,5777$$



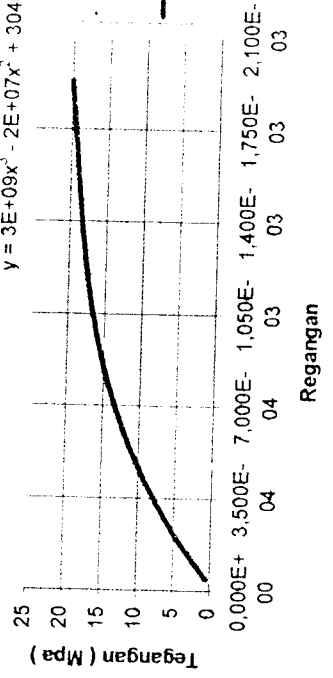
KURVA TEGANGAN-REGANGAN D4

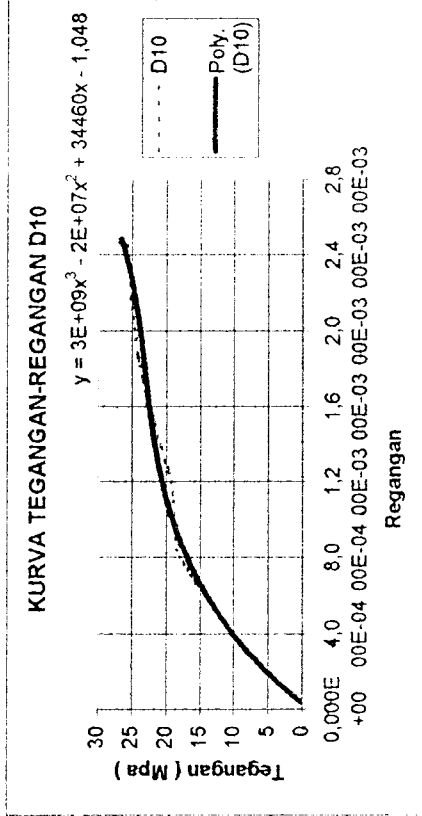
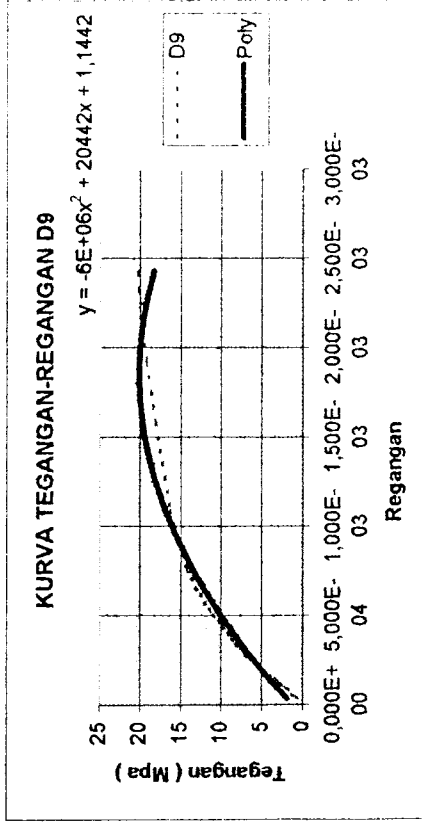
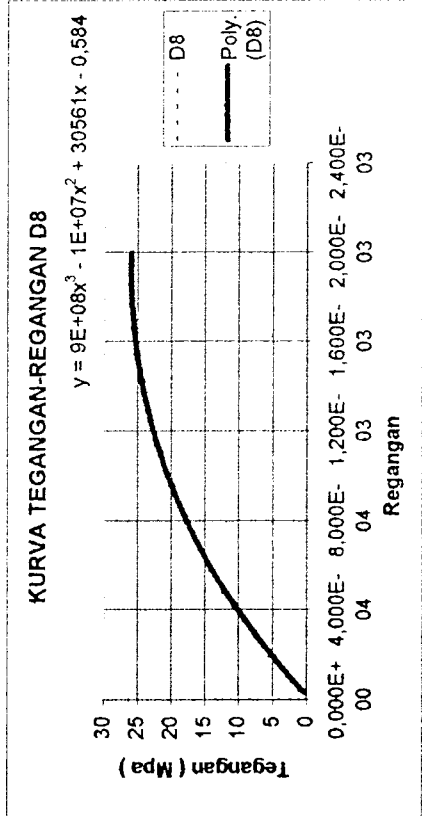
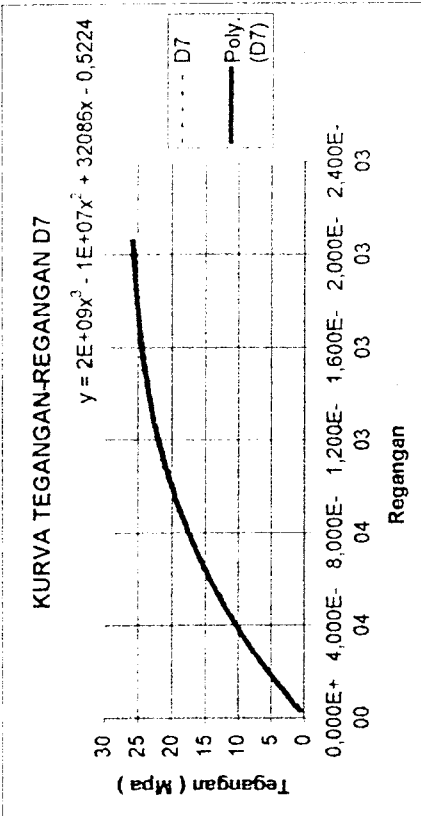
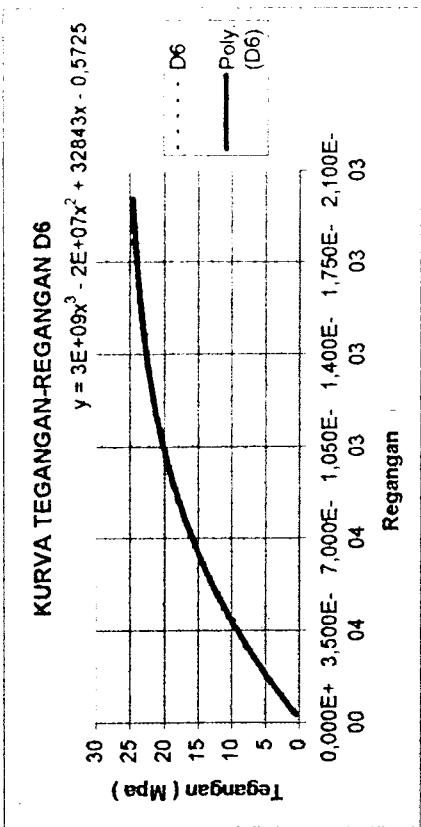
$$y = -8E+08x^3 - 6E+06x^2 + 24697x - 0,1936$$



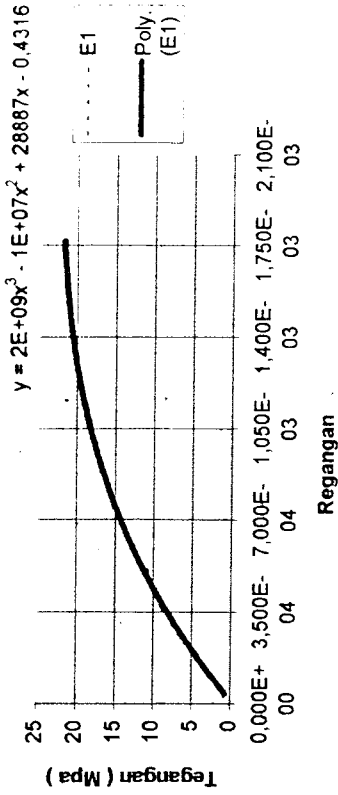
KURVA TEGANGAN-REGANGAN D5

$$y = 3E+09x^3 - 2E+07x^2 + 30460x - 0,9183$$

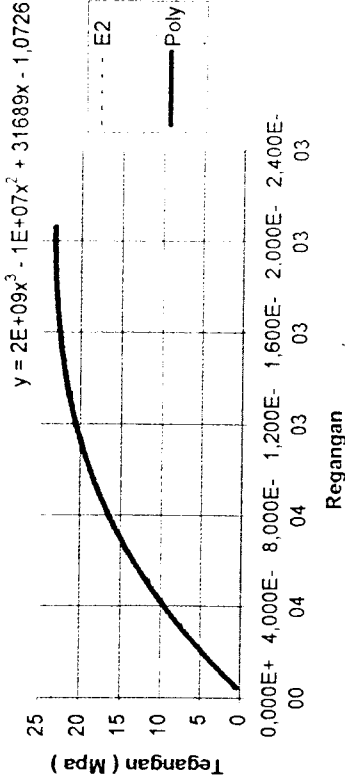




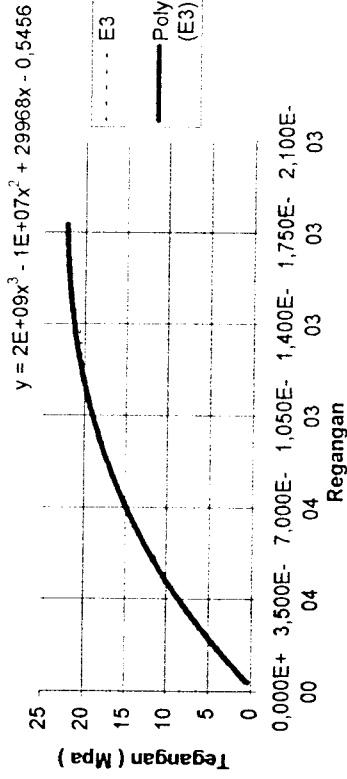
KURVA TEGANGAN-REGANGAN E1



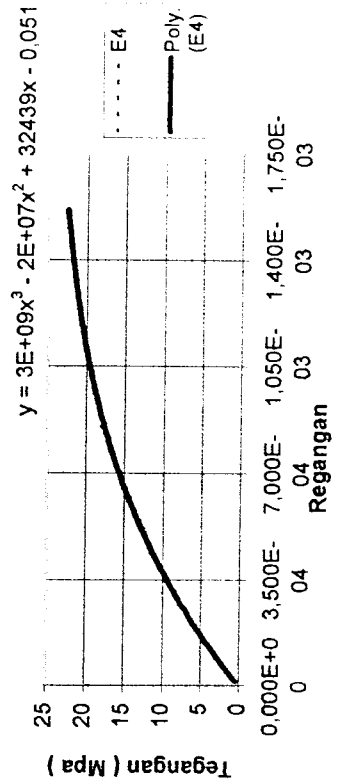
KURVA TEGANGAN-REGANGAN E2



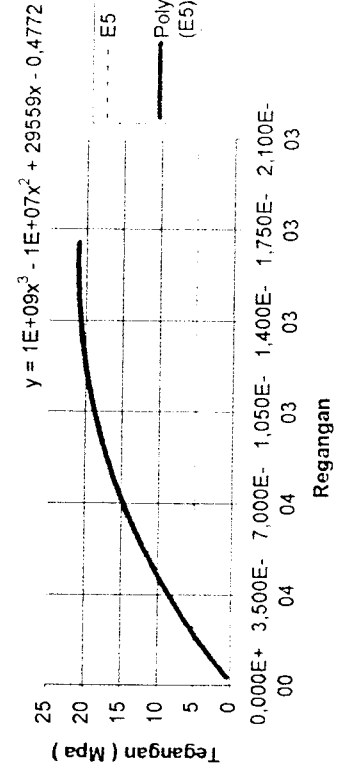
KURVA TEGANGAN-REGANGAN E3



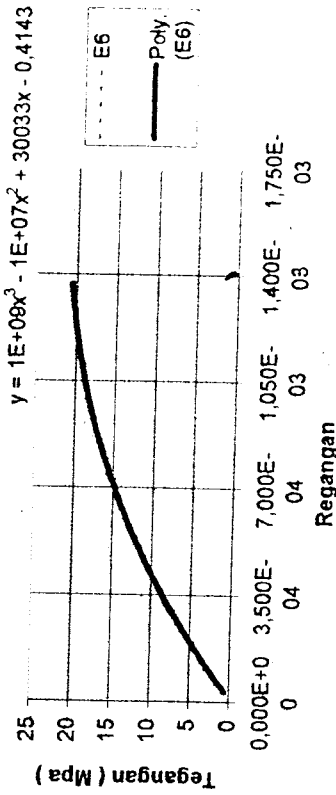
KURVA TEGANGAN-REGANGAN E4



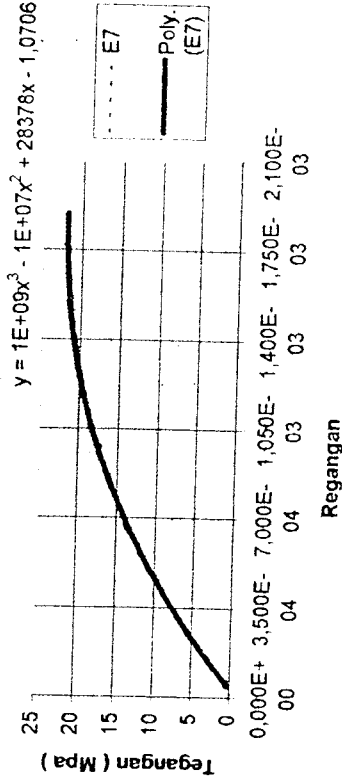
KURVA TEGANGAN-REGANGAN E5



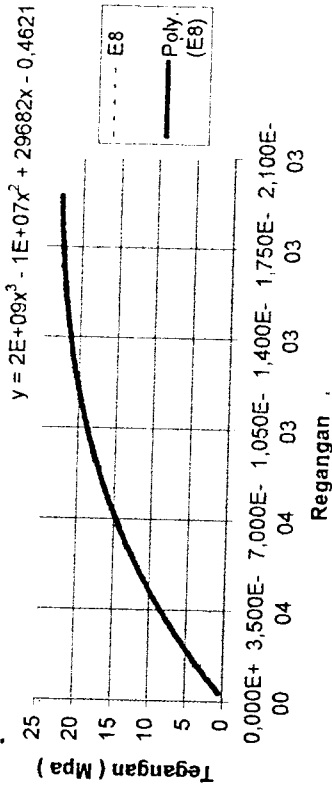
KURVA TEGANGAN-REGANGAN E6



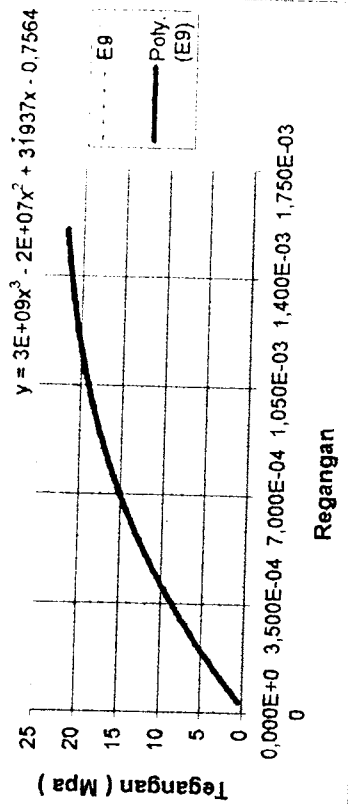
KURVA TEGANGAN-REGANGAN E7



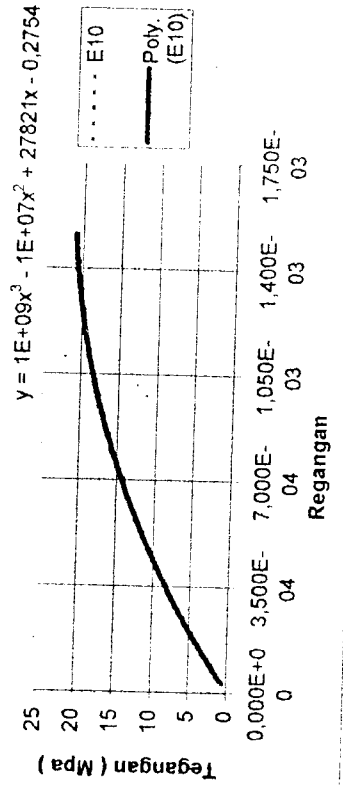
KURVA TEGANGAN-REGANGAN E8



KURVA TEGANGAN-REGANGAN E9

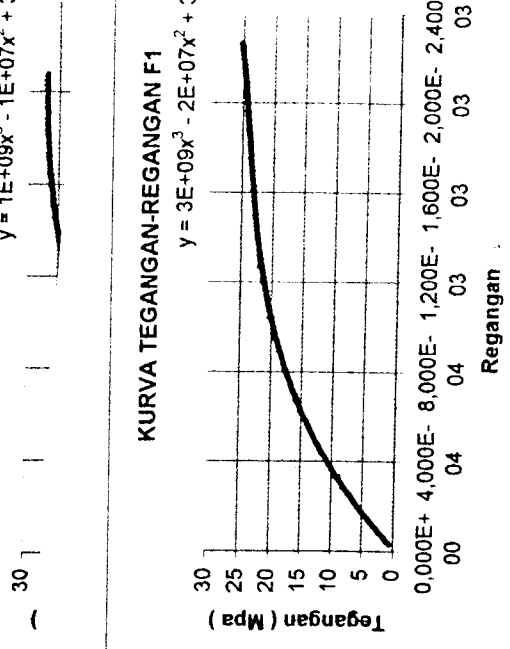


KURVA TEGANGAN-REGANGAN E10



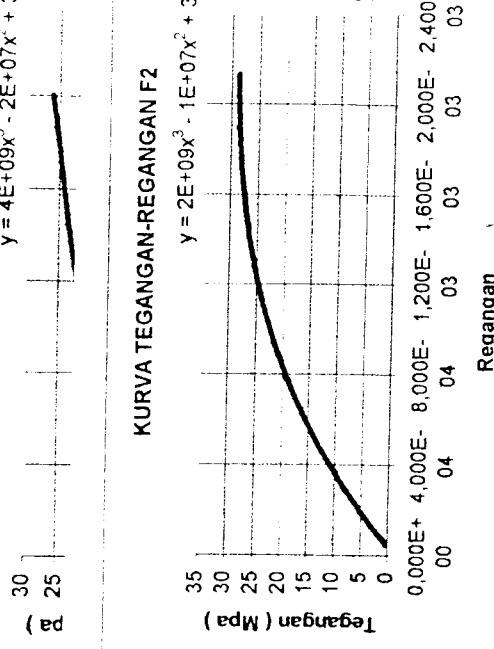
KURVA TEGANGAN-REGANGAN F6

$$y = 1E+09x^3 - 1E+07x^2 + 32585x - 0,3636$$



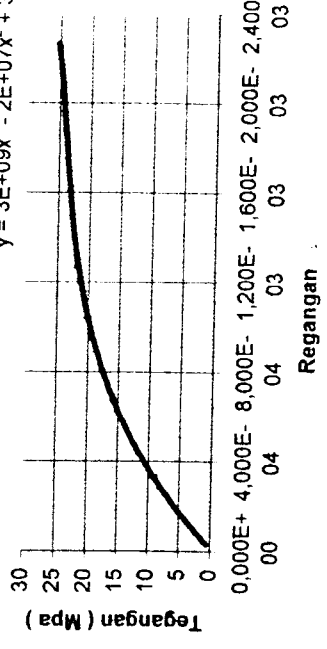
KURVA TEGANGAN-REGANGAN F7

$$y = 4E+09x^3 - 2E+07x^2 + 36564x - 0,668$$



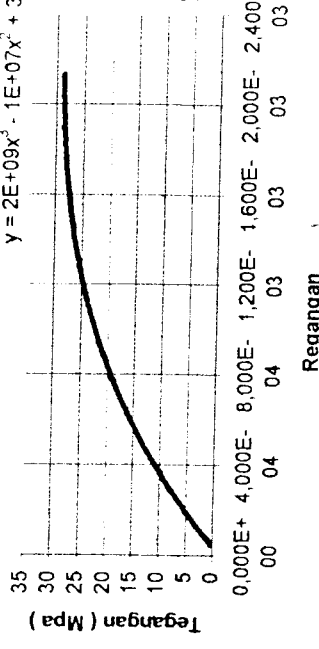
KURVA TEGANGAN-REGANGAN F1

$$y = 3E+09x^3 - 2E+07x^2 + 34333x - 0,4978$$



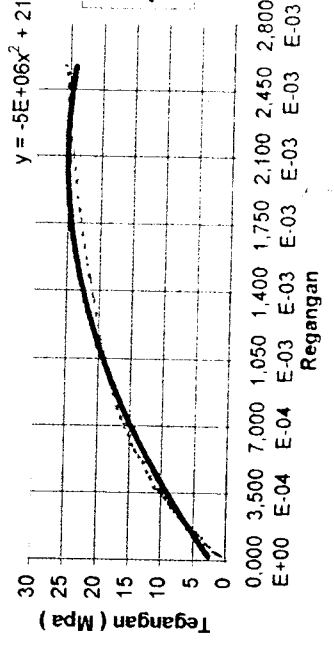
KURVA TEGANGAN-REGANGAN F2

$$y = 2E+09x^3 - 1E+07x^2 + 36187x - 1,4129$$



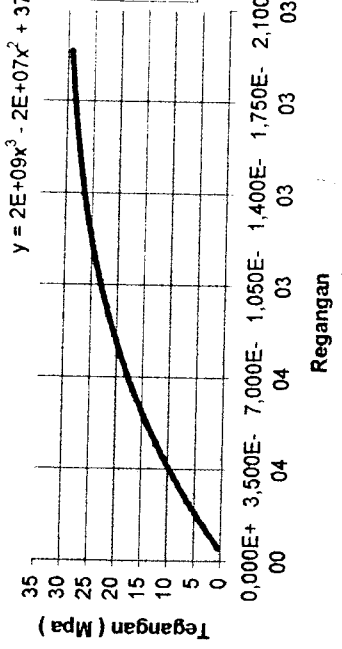
KURVA TEGANGAN-REGANGAN F3

$$y = -5E+06x^2 + 21676x + 2,1361$$



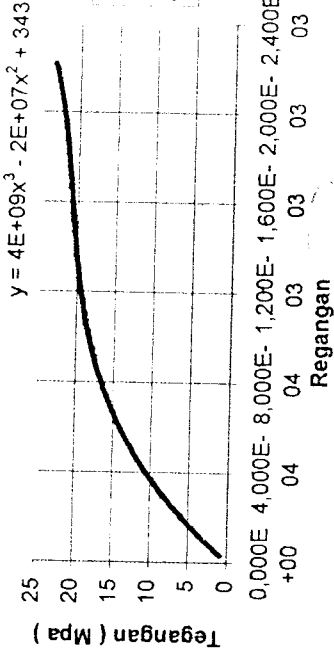
KURVA TEGANGAN-REGANGAN F4

$$y = 2E+09x^3 - 2E+07x^2 + 37157x - 1,4414$$



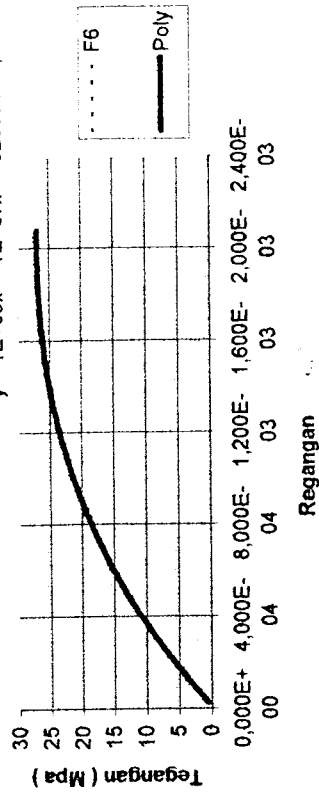
KURVA TEGANGAN-REGANGAN F5

$$y = 4E+09x^3 - 2E+07x^2 + 34304x - 0,2311$$



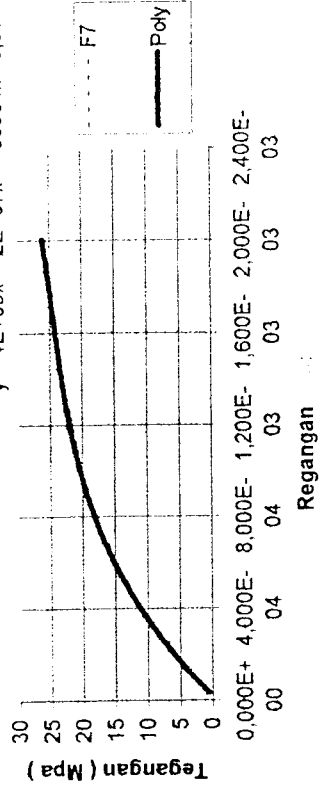
KURVA TEGANGAN-REGANGAN F6

$$y = 1E+09x^3 - 1E+07x^2 + 32585x - 0,3636$$



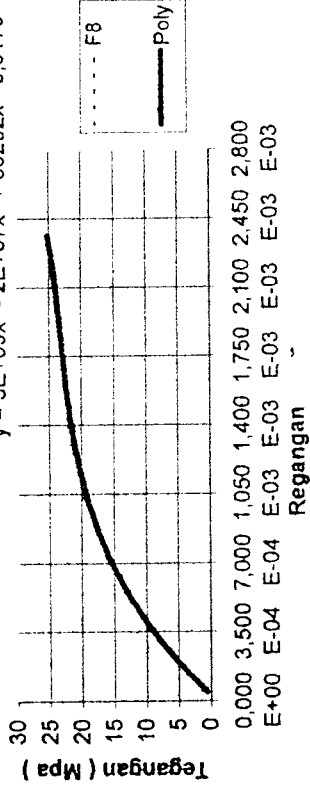
KURVA TEGANGAN-REGANGAN F7

$$y = 4E+09x^3 - 2E+07x^2 + 36564x - 0,668$$



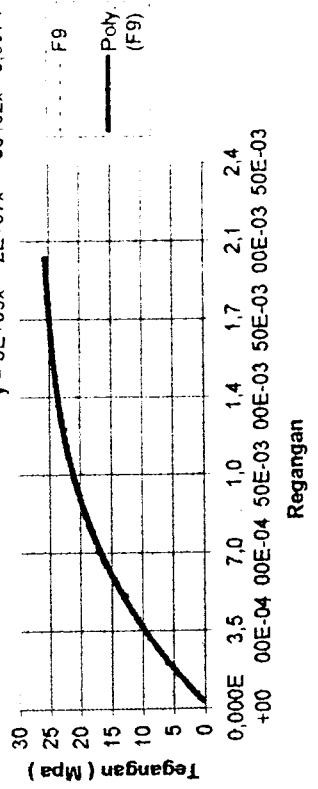
KURVA TEGANGAN-REGANGAN F8

$$y = 3E+09x^3 - 2E+07x^2 + 33202x - 0,9179$$



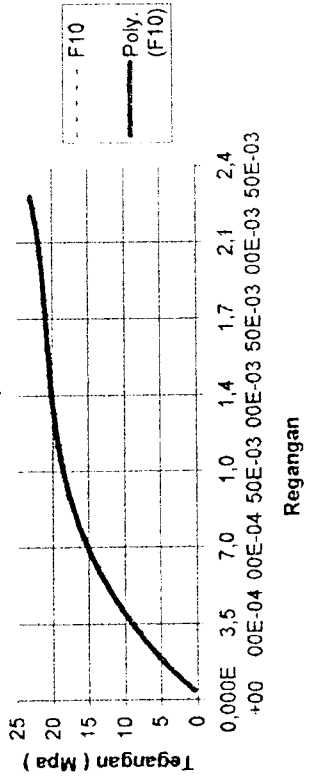
KURVA TEGANGAN -REGANGAN F9

$$y = 3E+09x^3 - 2E+07x^2 + 35402x - 0,8674$$



KURVA TEGANGAN-REGANGAN F10

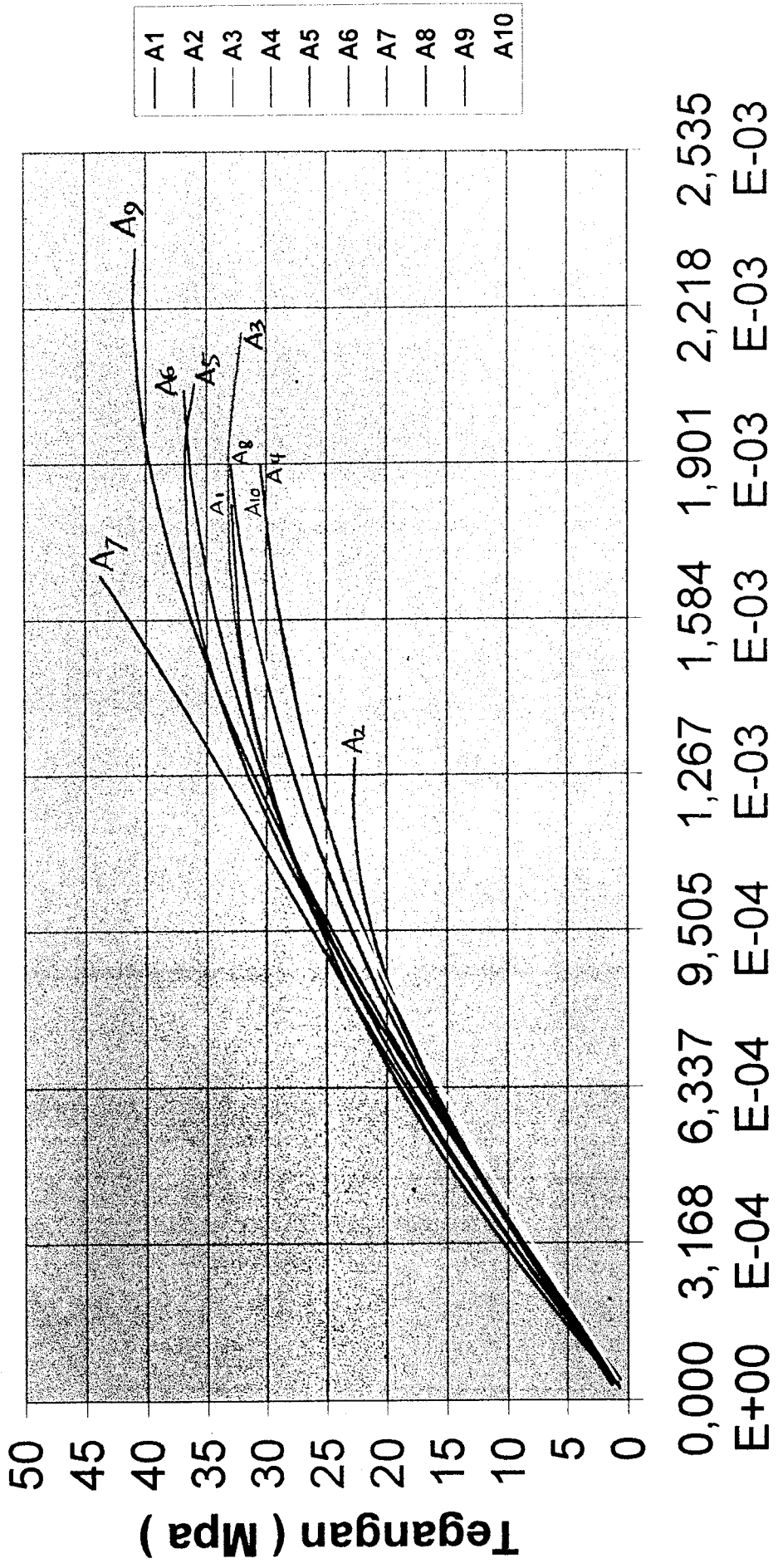
$$y = 4E+09x^3 - 2E+07x^2 + 34423x - 0,8933$$



LAMPIRAN

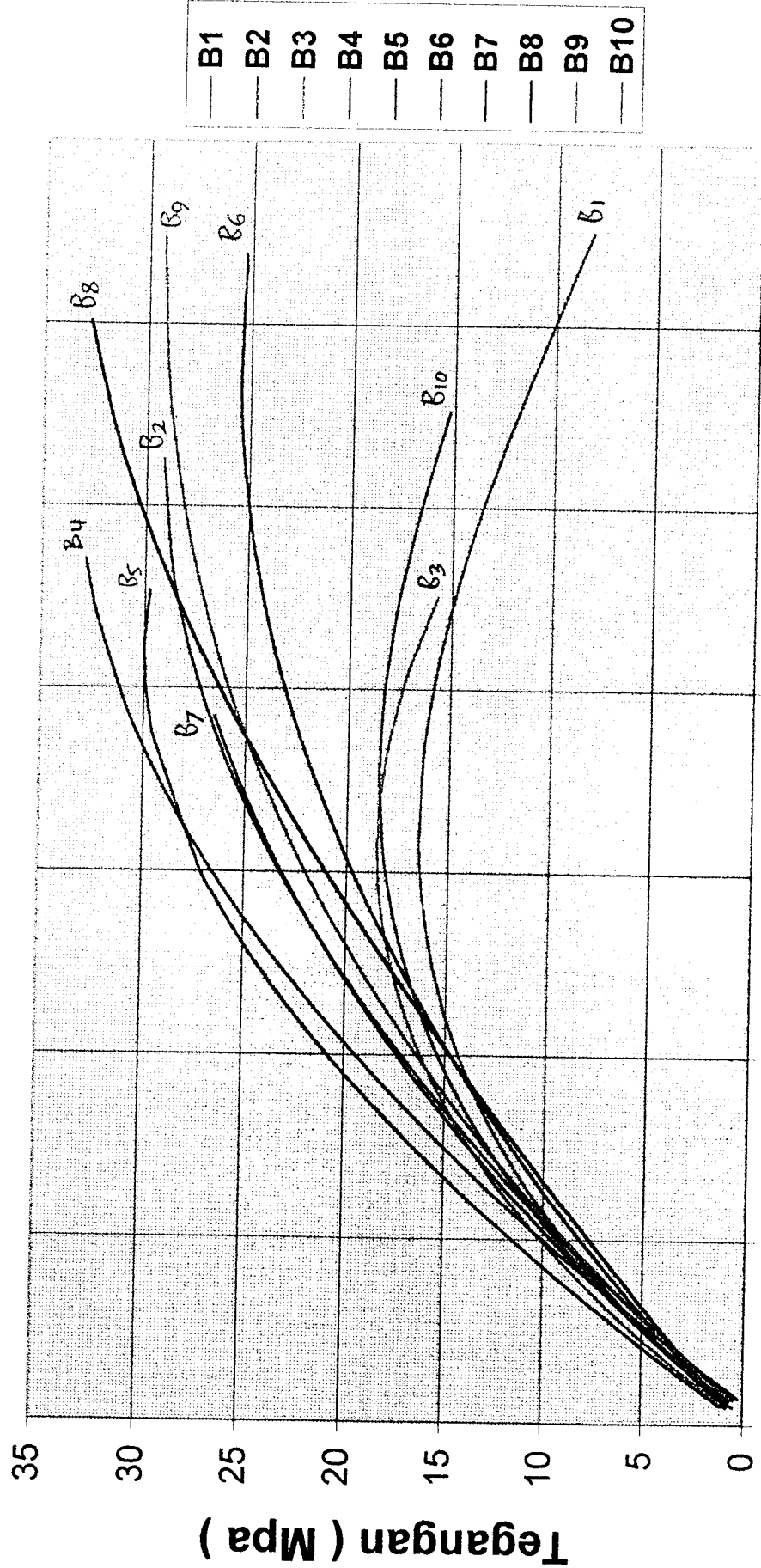
4

KURVA TEGANGAN-REGANGAN A1-A10



Regangan

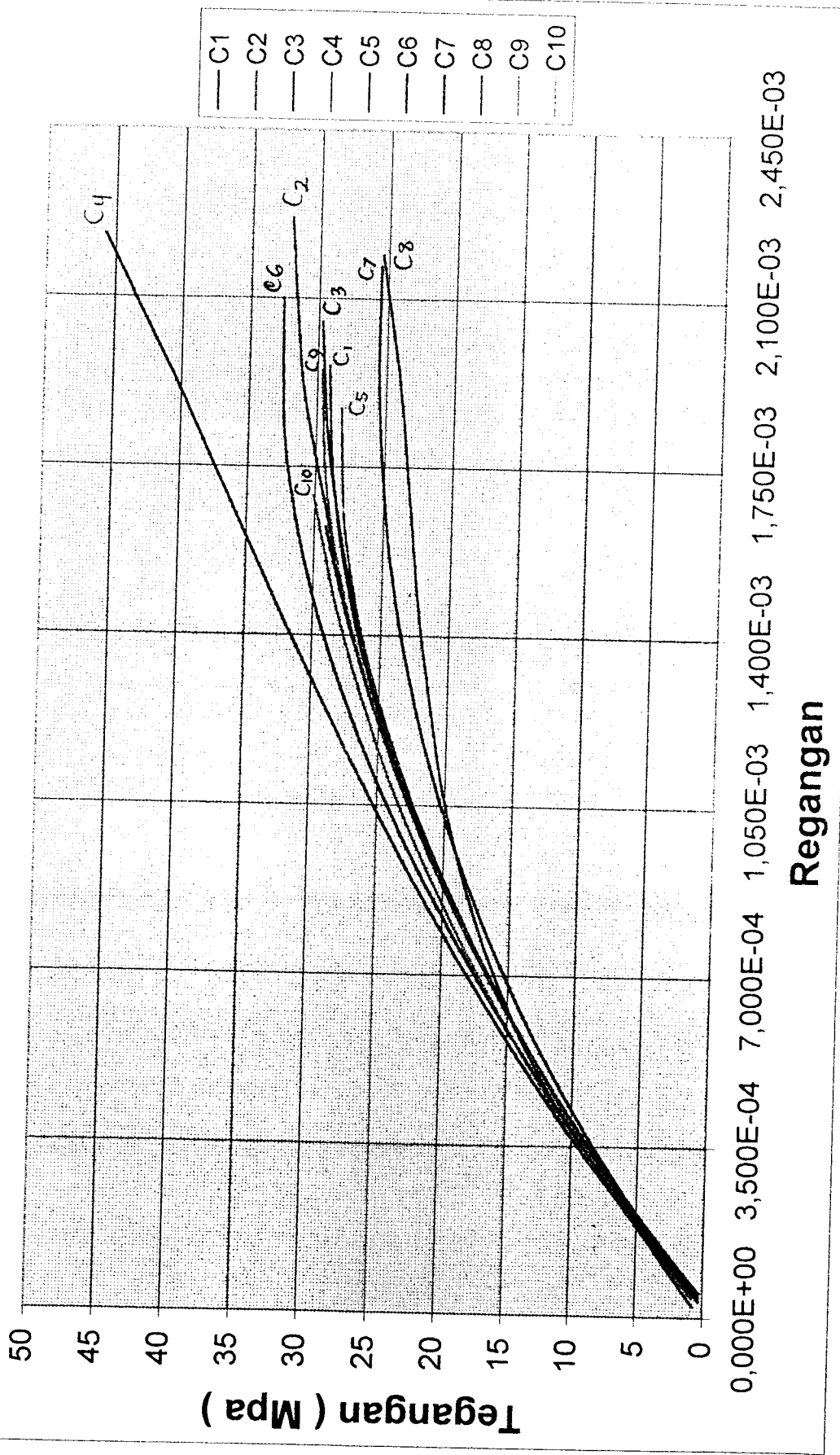
KURVA TEGANGAN-REGANGAN B1-B10



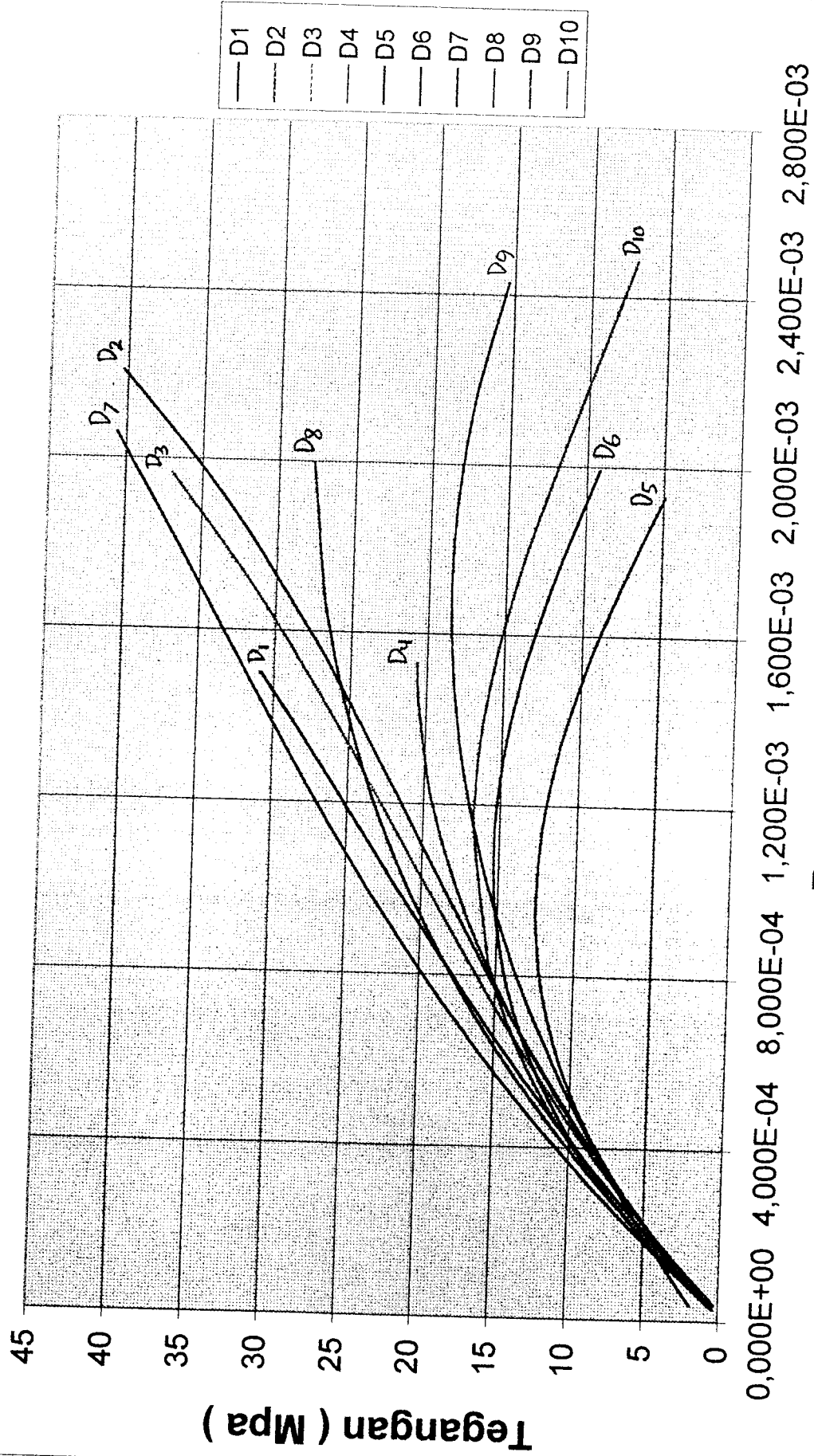
0,000E+00 3,500E-04 7,000E-04 1,050E-03 1,400E-03 1,750E-03 2,100E-03 2,450E-03

Regangan

KURVA TEGANGAN-REGANGAN C1-C10

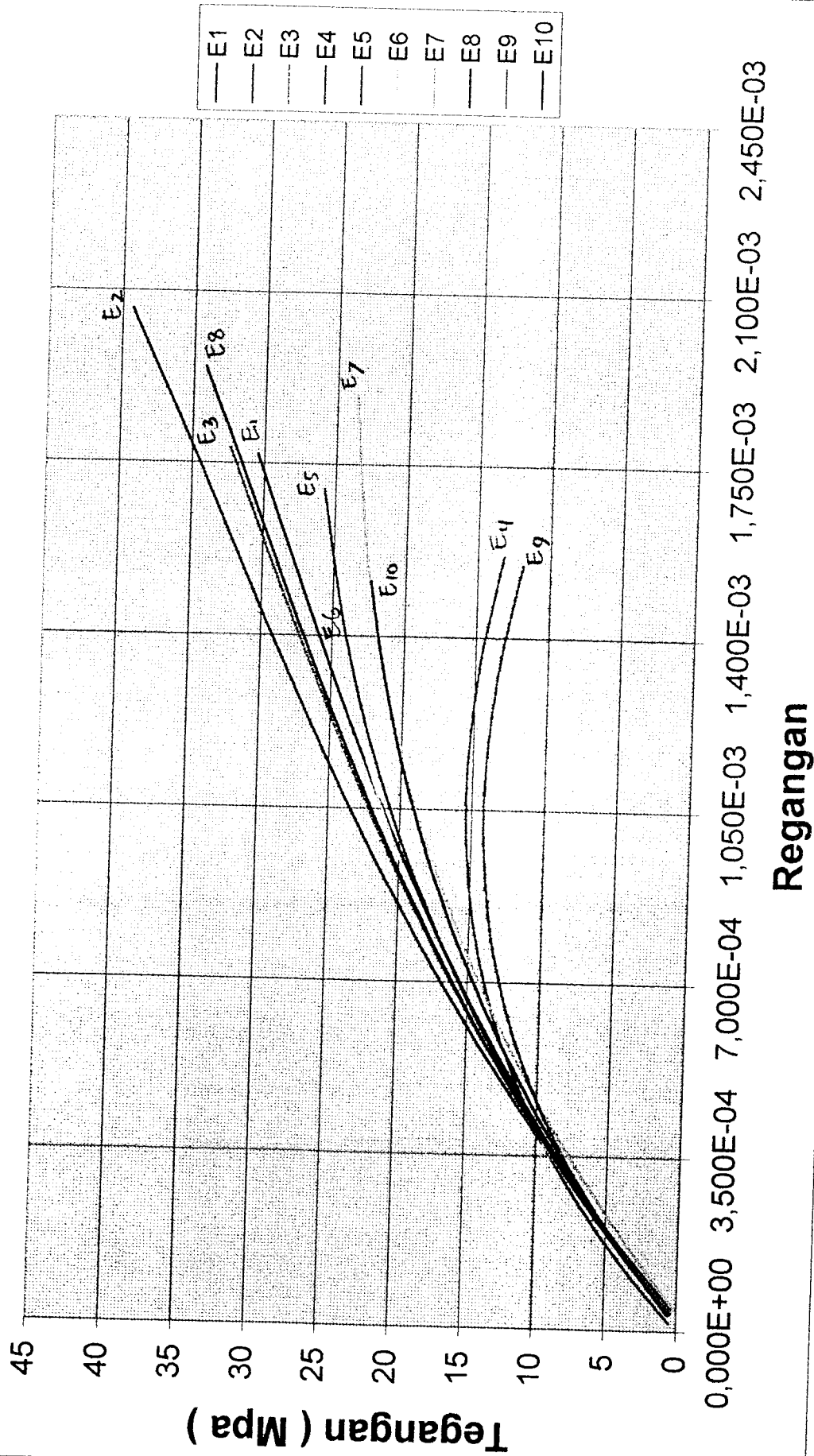


KURVA TEGANGAN-REGANGAN D1-D10

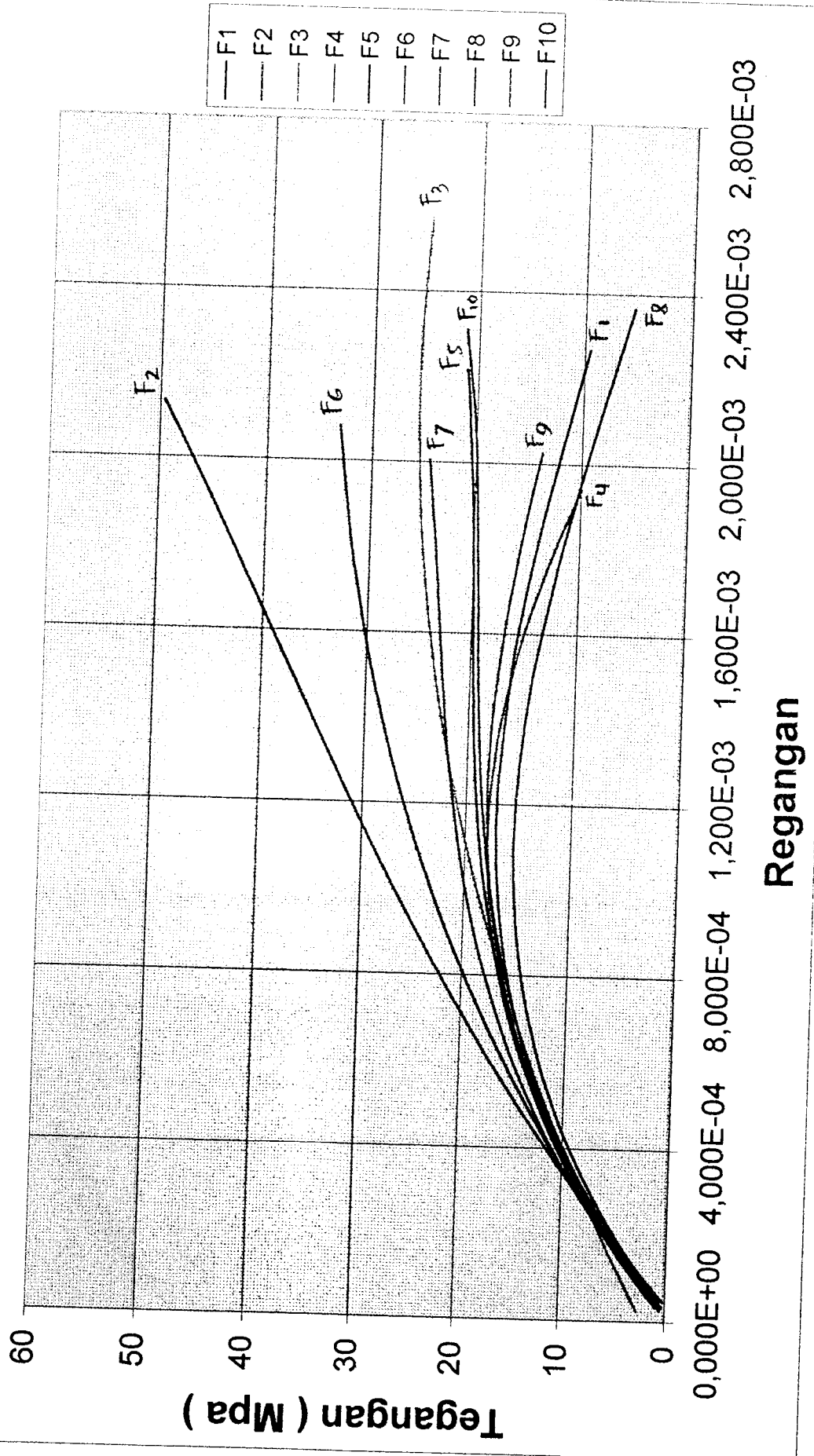


Regangan

KURVA TEGANGAN-REGANGAN E1-E10



KURVA TEGANGAN-REGANGAN F1-F10



LAMPIRAN
5

A1			
Beban KN	Perpendekan (δL) 10^{-3} mm	Regangan (ϵ) ϵ_t	Tegangan (σ) N/mm ²
10	10	3,334E-05	1,0624
20	14	4,668E-05	1,5368
30	21	7,002E-05	2,3586
40	25	8,336E-05	2,8232
50	29	9,670E-05	3,2843
60	31	1,034E-04	3,5135
70	36	1,200E-04	4,0827
80	40	1,334E-04	4,5340
90	45	1,501E-04	5,0932
100	49	1,634E-04	5,5365
110	51	1,701E-04	5,7568
120	56	1,867E-04	6,3038
130	61	2,034E-04	6,8451
140	67	2,234E-04	7,4874
150	71	2,367E-04	7,9112
160	76	2,534E-04	8,4359
170	80	2,668E-04	8,8516
180	85	2,834E-04	9,3663
190	90	3,001E-04	9,8755
200	96	3,201E-04	10,4791
210	104	3,468E-04	11,2715
220	109	3,635E-04	11,7595
230	115	3,835E-04	12,3378
240	132	4,401E-04	13,9329
250	150	5,002E-04	15,5517
260	160	5,335E-04	16,4200
270	169	5,635E-04	17,1824
280	175	5,835E-04	17,6807
290	181	6,035E-04	18,1710
300	189	6,302E-04	18,8123
310	191	6,369E-04	18,9704
320	191	6,369E-04	18,9704
330	191	6,369E-04	18,9704
340	193	6,435E-04	19,1276
350	196	6,536E-04	19,3618

A1			
Beban KN	Perpendekan (δL) 10^{-3} mm	Regangan (ϵ)	Tegangan (σ) N/mm ²
360	204	6,802E-04	19,9764
370	214	7,136E-04	20,7247
380	221	7,369E-04	21,2353
390	225	7,503E-04	21,5222
400	231	7,703E-04	21,9458
410	236	7,869E-04	22,2927
420	243	8,103E-04	22,7691
430	251	8,369E-04	23,3002
440	261	8,703E-04	23,9441
450	271	9,036E-04	24,5658
460	280	9,336E-04	25,1064
470	290	9,670E-04	25,6859
480	303	1,010E-03	26,4060
490	312	1,040E-03	26,8826
500	356	1,187E-03	28,9537
510	379	1,264E-03	29,8653
520	389	1,297E-03	30,2250
530	392	1,307E-03	30,3286
540	396	1,320E-03	30,4636
550	414	1,380E-03	31,0272
560	436	1,454E-03	31,6185
570	462	1,541E-03	32,1787
580	465	1,551E-03	32,2337
590	545	1,817E-03	32,9637

A2				
Beban KN	Perpendekan (δL) 10^{-3} mm	Regangan (ϵ)	Tegangan (σ) N/mm ²	
10	10	3,323E-05	0,5647	
20	14	4,652E-05	1,0279	
30	21	6,978E-05	1,8155	
40	26	8,639E-05	2,3609	
50	30	9,968E-05	2,7874	
60	35	1,163E-04	3,3085	
70	40	1,329E-04	3,8170	
80	46	1,528E-04	4,4111	
90	53	1,761E-04	5,0834	
100	58	1,927E-04	5,5506	
110	64	2,127E-04	6,0979	
120	71	2,359E-04	6,7191	
130	79	2,625E-04	7,4082	
140	85	2,824E-04	7,9117	
150	90	2,991E-04	8,3233	
160	96	3,190E-04	8,8085	
170	105	3,489E-04	9,5204	
180	111	3,688E-04	9,9858	
190	116	3,854E-04	10,3688	
200	123	4,087E-04	10,8988	
210	134	4,453E-04	11,7202	
220	143	4,752E-04	12,3854	
230	154	5,117E-04	13,1952	
240	156	5,184E-04	13,3425	
250	167	5,549E-04	14,1551	
260	174	5,782E-04	14,6765	
270	179	5,948E-04	15,0519	
280	185	6,147E-04	15,5066	
290	192	6,380E-04	16,0440	
300	199	6,612E-04	16,5904	
310	207	6,878E-04	17,2278	
320	212	7,044E-04	17,6341	
330	223	7,410E-04	18,5526	
340	231	7,676E-04	19,2445	
350	236	7,842E-04	19,6883	

A2				
Beban KN	Perpendekan (δL) 10^{-3} mm	Regangan (ϵ)	Tegangan (σ) N/mm ²	
360	251	8,340E-04	21,0785	
370	259	8,606E-04	21,8597	
380	280	9,304E-04	24,0616	
390	302	1,003E-03	26,6388	
400	330	1,097E-03	30,3919	
410	362	1,203E-03	35,4456	
420	391	1,299E-03	40,8454	

A3				
Beban KN	Perpendekan (δL) 10-3 mm	Regangan (ϵ)	Tegangan (σ) N/mm ²	
10	7	2,335E-05	0,7630	
20	12	4,002E-05	1,3379	
30	19	6,337E-05	2,1338	
40	23	7,671E-05	2,5838	
50	27	9,005E-05	3,0305	
60	31	1,034E-04	3,4738	
70	35	1,167E-04	3,9137	
80	41	1,367E-04	4,5674	
90	46	1,534E-04	5,1066	
100	51	1,701E-04	5,6407	
110	56	1,868E-04	6,1698	
120	63	2,101E-04	6,9023	
130	69	2,301E-04	7,5225	
140	72	2,401E-04	7,8300	
150	80	2,668E-04	8,6418	
160	85	2,835E-04	9,1430	
170	91	3,035E-04	9,7384	
180	99	3,302E-04	10,5221	
190	104	3,468E-04	11,0061	
200	111	3,702E-04	11,6763	
210	120	4,002E-04	12,5256	
220	123	4,102E-04	12,8056	
230	136	4,536E-04	14,0018	
240	155	5,169E-04	15,7011	
250	156	5,203E-04	15,7890	
260	159	5,303E-04	16,0517	
270	166	5,536E-04	16,6594	
280	172	5,736E-04	17,1745	
290	176	5,870E-04	17,5150	
300	185	6,170E-04	18,2727	
310	193	6,437E-04	18,9366	
320	200	6,670E-04	19,5104	
330	209	6,970E-04	20,2386	
340	219	7,304E-04	21,0353	
350	230	7,671E-04	21,8974	

A3				
Beban KN	Perpendekan (δL) 10-3 mm	Regangan (ϵ)	Tegangan (σ) N/mm ²	
360	239	7,971E-04	22,5918	
370	252	8,404E-04	23,5784	
380	266	8,871E-04	24,6201	
390	276	9,205E-04	25,3516	
400	292	9,738E-04	26,5014	
410	305	1,017E-03	27,4182	
420	312	1,041E-03	27,9057	
430	322	1,074E-03	28,5950	
440	336	1,121E-03	29,5470	
450	357	1,191E-03	30,9484	
460	371	1,237E-03	31,8669	
470	387	1,291E-03	32,9029	
480	403	1,344E-03	33,9261	
490	414	1,381E-03	34,6231	
500	423	1,411E-03	35,1898	
510	450	1,501E-03	36,8748	
520	480	1,601E-03	38,7284	
530	496	1,654E-03	39,7130	
540	516	1,721E-03	40,9433	
550	564	1,881E-03	43,9148	
560	593	1,978E-03	45,7388	
570	650	2,168E-03	49,4359	

A4			
Beban KN	Perpendekan (δL) 10-3 mm	Regangan (ϵ)	Tegangan (σ) N/mm ²
10	10	3,330E-05	0,9671
20	12	3,996E-05	1,1743
30	19	6,327E-05	1,8929
40	25	8,325E-05	2,5004
50	29	9,657E-05	2,9010
60	32	1,066E-04	3,1992
70	37	1,232E-04	3,6919
80	46	1,532E-04	4,5652
90	53	1,765E-04	5,2326
100	56	1,865E-04	5,5154
110	61	2,031E-04	5,9826
120	69	2,298E-04	6,7192
130	75	2,498E-04	7,2630
140	79	2,631E-04	7,6213
150	85	2,831E-04	8,1526
160	92	3,064E-04	8,7632
170	101	3,363E-04	9,5336
180	110	3,663E-04	10,2876
190	114	3,796E-04	10,6176
200	123	4,096E-04	11,3483
210	137	4,562E-04	12,4532
220	173	5,761E-04	15,1209
230	173	5,761E-04	15,1209
240	174	5,794E-04	15,1915
250	175	5,828E-04	15,2619
260	176	5,861E-04	15,3321
270	177	5,894E-04	15,4021
280	179	5,961E-04	15,5416
290	186	6,194E-04	16,0241
300	193	6,427E-04	16,4974
310	201	6,693E-04	17,0274
320	208	6,926E-04	17,4816
330	213	7,093E-04	17,8007
340	222	7,393E-04	18,3636
350	231	7,692E-04	18,9122

A4			
Beban KN	Perpendekan (δL) 10-3 mm	Regangan (ϵ)	Tegangan (σ) N/mm ²
360	241	8,025E-04	19,5050
370	260	8,658E-04	20,5838
380	276	9,191E-04	21,4445
390	289	9,624E-04	22,1124
400	302	1,006E-03	22,7526
410	314	1,046E-03	23,3192
420	327	1,089E-03	23,9072
430	362	1,205E-03	25,3601
440	372	1,239E-03	25,7412
450	373	1,242E-03	25,7785
460	389	1,295E-03	26,3552
470	404	1,345E-03	26,8624
480	423	1,409E-03	27,4593
490	449	1,495E-03	28,1960
500	480	1,598E-03	28,9578
510	419	1,395E-03	27,3378
520	471	1,568E-03	28,7494
530	505	1,682E-03	29,4836
540	570	1,898E-03	30,5043

A5			
Beban KN	Perpendekan (δL) 10^{-3} mm	Regangan (ϵ)	Tegangan (σ) N/mm ²
10	15	4,992E-05	1,4305
20	20	6,656E-05	1,8730
30	25	8,319E-05	2,3174
40	30	9,983E-05	2,7633
50	34	1,131E-04	3,1212
60	38	1,265E-04	3,4801
70	41	1,364E-04	3,7498
80	47	1,564E-04	4,2906
90	52	1,730E-04	4,7426
100	56	1,864E-04	5,1049
110	62	2,063E-04	5,6496
120	67	2,230E-04	6,1045
130	72	2,396E-04	6,5600
140	77	2,562E-04	7,0162
150	83	2,762E-04	7,5643
160	91	3,028E-04	8,2960
170	98	3,261E-04	8,9366
180	104	3,461E-04	9,4858
190	111	3,694E-04	10,1263
200	119	3,960E-04	10,8578
210	170	5,657E-04	15,4767
220	170	5,657E-04	15,4767
230	171	5,691E-04	15,5660
240	172	5,724E-04	15,6553
250	175	5,824E-04	15,9228
260	175	5,824E-04	15,9228
270	176	5,857E-04	16,0118
280	177	5,890E-04	16,1007
290	183	6,090E-04	16,6330
300	189	6,290E-04	17,1626
310	192	6,389E-04	17,4264
320	195	6,489E-04	17,6894
330	199	6,622E-04	18,0390
340	205	6,822E-04	18,5607
350	211	7,022E-04	19,0790
360	217	7,221E-04	19,5938

A5			
Beban KN	Perpendekan (δL) 10^{-3} mm	Regangan (ϵ)	Tegangan (σ) N/mm ²
370	224	7,454E-04	20,1897
380	231	7,687E-04	20,7802
390	234	7,787E-04	21,0316
400	236	7,854E-04	21,1985
410	246	8,186E-04	22,0261
420	257	8,552E-04	22,9215
430	258	8,586E-04	23,0021
440	262	8,719E-04	23,3230
450	271	9,018E-04	24,0367
460	276	9,185E-04	24,4279
470	285	9,484E-04	25,1222
480	294	9,784E-04	25,8033
490	303	1,008E-03	26,4705
500	315	1,048E-03	27,3374
510	332	1,105E-03	28,5183
520	374	1,245E-03	31,1726
530	375	1,248E-03	31,2308
540	376	1,251E-03	31,2888
550	379	1,261E-03	31,4614
560	386	1,285E-03	31,8553
570	394	1,311E-03	32,2904
580	396	1,318E-03	32,3966
590	401	1,334E-03	32,6574
600	411	1,368E-03	33,1591
610	416	1,384E-03	33,3996
620	419	1,394E-03	33,5406
630	426	1,418E-03	33,8397
640	431	1,434E-03	34,0790
650	434	1,444E-03	34,2071
660	448	1,491E-03	34,7692
670	458	1,524E-03	35,1339
680	479	1,594E-03	35,7958
690	504	1,677E-03	36,3905
700	577	1,920E-03	36,7985
710	620	2,063E-03	36,0091

A6			
Beban KN	Perpendekan (δL) 10^{-3} mm	Regangan (ϵ)	Tegangan (σ) N/mm ²
10	10	3,331E-05	0,8854
20	15	4,997E-05	1,4303
30	20	6,662E-05	1,9713
40	25	8,328E-05	2,5083
50	29	9,660E-05	2,9352
60	34	1,133E-04	3,4652
70	39	1,299E-04	3,9913
80	43	1,432E-04	4,4093
90	49	1,632E-04	5,0317
100	52	1,732E-04	5,3407
110	53	1,765E-04	5,4434
120	64	2,132E-04	6,5627
130	71	2,365E-04	7,2651
140	75	2,498E-04	7,6629
150	80	2,665E-04	8,1567
160	87	2,898E-04	8,8412
170	94	3,131E-04	9,5180
180	99	3,298E-04	9,9966
190	104	3,464E-04	10,4712
200	111	3,698E-04	11,1289
210	113	3,764E-04	11,3154
220	125	4,164E-04	12,4208
230	133	4,430E-04	13,1449
240	140	4,664E-04	13,7700
250	157	5,230E-04	15,2551
260	168	5,596E-04	16,1911
270	171	5,696E-04	16,4430
280	172	5,730E-04	16,5266
290	174	5,796E-04	16,6934
300	178	5,929E-04	17,0249
310	185	6,163E-04	17,5989
320	190	6,329E-04	18,0039
330	195	6,496E-04	18,4049
340	203	6,762E-04	19,0379
350	210	6,995E-04	19,5832

A6			
Beban KN	Perpendekan (δL) 10^{-3} mm	Regangan (ϵ)	Tegangan (σ) N/mm ²
360	217	7,229E-04	20,1204
370	225	7,495E-04	20,7244
380	230	7,662E-04	21,0965
390	240	7,995E-04	21,8284
400	250	8,328E-04	22,5437
410	252	8,394E-04	22,6848
420	263	8,761E-04	23,4487
430	272	9,061E-04	24,0587
440	279	9,294E-04	24,5237
450	288	9,594E-04	25,1096
460	297	9,893E-04	25,6818
470	310	1,033E-03	26,4843
480	314	1,046E-03	26,7255
490	332	1,106E-03	27,7771
500	355	1,183E-03	29,0408
510	357	1,189E-03	29,1464
520	367	1,223E-03	29,6641
530	374	1,246E-03	30,0164
540	383	1,276E-03	30,4568
550	392	1,306E-03	30,8834
560	411	1,369E-03	31,7378
570	423	1,409E-03	32,2452
580	435	1,449E-03	32,7275
590	447	1,489E-03	33,1847
600	457	1,522E-03	33,5464
610	479	1,596E-03	34,2803
620	493	1,642E-03	34,7028
630	512	1,706E-03	35,2207
640	555	1,849E-03	36,1549
650	577	1,922E-03	36,5044
660	615	2,049E-03	36,9015

A7			
Beban KN	Perpendekan (δL) 10^{-3} mm	Regangan (ϵ)	Tegangan (σ) N/mm ²
10	10	3,314E-05	0,8267
20	14	4,640E-05	1,2757
30	19	6,297E-05	1,8322
40	25	8,285E-05	2,4932
50	29	9,611E-05	2,9298
60	34	1,127E-04	3,4710
70	39	1,292E-04	4,0073
80	45	1,491E-04	4,6444
90	49	1,624E-04	5,0654
100	54	1,790E-04	5,5873
110	60	1,988E-04	6,2076
120	66	2,187E-04	6,8214
130	72	2,386E-04	7,4289
140	77	2,552E-04	7,9303
150	85	2,817E-04	8,7239
160	91	3,016E-04	9,3122
170	98	3,248E-04	9,9912
180	105	3,480E-04	10,6626
190	112	3,712E-04	11,3267
200	122	4,043E-04	12,2629
210	129	4,275E-04	12,9099
220	136	4,507E-04	13,5503
230	144	4,772E-04	14,2744
240	152	5,037E-04	14,9904
250	159	5,269E-04	15,6106
260	166	5,501E-04	16,2252
270	173	5,733E-04	16,8343
280	182	6,031E-04	17,6099
290	190	6,297E-04	18,2924
300	199	6,595E-04	19,0530
310	207	6,860E-04	19,7230
320	214	7,092E-04	20,3048
330	223	7,390E-04	21,0471
340	231	7,655E-04	21,7020
350	241	7,987E-04	22,5144
360	252	8,351E-04	23,4010

A7			
Beban KN	Perpendekan (δL) 10^{-3} mm	Regangan (ϵ)	Tegangan (σ) N/mm ²
370	266	8,815E-04	24,5200
380	283	9,379E-04	25,8669
390	291	9,644E-04	26,4972
400	301	9,975E-04	27,2824
410	314	1,041E-03	28,2999
420	332	1,100E-03	29,7053
430	343	1,137E-03	30,5635
440	353	1,170E-03	31,3442
450	366	1,213E-03	32,3609
460	382	1,266E-03	33,6171
470	401	1,329E-03	35,1193
480	420	1,392E-03	36,6369
490	450	1,491E-03	39,0758
500	482	1,597E-03	41,7523
510	417	1,382E-03	36,3961
520	452	1,498E-03	39,2406
530	490	1,624E-03	42,4360
540	505	1,674E-03	43,7356

A8			
Beban KN	Perpendekan (δL) 10-3 mm	Regangan (ε)	Tegangan (σ) N/mm ²
10	12	4,038E-05	0,6608
20	17	5,721E-05	1,1894
30	24	8,077E-05	1,9219
40	29	9,759E-05	2,4397
50	33	1,111E-04	2,8507
60	37	1,245E-04	3,2589
70	44	1,481E-04	3,9662
80	47	1,582E-04	4,2666
90	53	1,784E-04	4,8627
100	57	1,918E-04	5,2565
110	63	2,120E-04	5,8418
120	71	2,389E-04	6,6123
130	75	2,524E-04	6,9932
140	81	2,726E-04	7,5593
150	90	3,029E-04	8,3965
160	94	3,163E-04	8,7640
170	100	3,365E-04	9,3099
180	107	3,601E-04	9,9388
190	114	3,836E-04	10,5590
200	121	4,072E-04	11,1706
210	123	4,139E-04	11,3437
220	134	4,510E-04	12,2835
230	140	4,711E-04	12,7872
240	153	5,149E-04	13,8570
250	165	5,553E-04	14,8184
260	165	5,553E-04	14,8184
270	172	5,788E-04	15,3676
280	176	5,923E-04	15,6777
290	183	6,159E-04	16,2135
300	189	6,360E-04	16,6661
310	196	6,596E-04	17,1863
320	202	6,798E-04	17,6255
330	207	6,966E-04	17,9867
340	214	7,202E-04	18,4852
350	221	7,437E-04	18,9753
360	230	7,740E-04	19,5932

A8			
Beban KN	Perpendekan (δL) 10-3 mm	Regangan (ε)	Tegangan (σ) N/mm ²
370	239	8,043E-04	20,1972
380	252	8,481E-04	21,0453
390	259	8,716E-04	21,4901
400	266	8,952E-04	21,9265
410	272	9,154E-04	22,2941
420	290	9,759E-04	23,3603
430	303	1,020E-03	24,0965
440	313	1,053E-03	24,6435
450	327	1,100E-03	25,3814
460	336	1,131E-03	25,8385
470	350	1,178E-03	26,5228
480	362	1,218E-03	27,0837
490	372	1,252E-03	27,5329
500	381	1,282E-03	27,9232
510	390	1,312E-03	28,3002
520	399	1,343E-03	28,6640
530	411	1,383E-03	29,1285
540	429	1,444E-03	29,7814
550	445	1,498E-03	30,3179
560	460	1,548E-03	30,7834
570	490	1,649E-03	31,6064
580	522	1,757E-03	32,3269
590	564	1,898E-03	33,0282

A9				
Beban KN	Perpendekan (δL) 10^{-3} mm	Regangan (ϵ)	Tegangan (σ) N/mm ²	
730	574	1,909E-03	20,3362	39,7757
740	585	1,945E-03	20,7338	40,0360
750	597	1,985E-03	21,4440	40,2868
760	606	2,015E-03	22,2246	40,4518
770	615	2,045E-03	22,7653	40,5965
780	627	2,085E-03	23,0722	40,7576
790	670	2,228E-03	23,4536	41,0233
800	703	2,337E-03	23,9832	40,8808

A9				
Beban KN	Perpendekan (δL) 10^{-1} mm	Regangan (ϵ)	Tegangan (σ) N/mm ²	
370	231	7,681E-04	20,3362	39,7757
380	236	7,847E-04	20,7338	40,0360
390	245	8,146E-04	21,4440	40,2868
400	255	8,479E-04	22,2246	40,4518
410	262	8,712E-04	22,7653	40,5965
420	266	8,845E-04	23,0722	40,7576
430	271	9,011E-04	23,4536	41,0233
440	278	9,244E-04	23,9832	40,8808
450	279	9,277E-04	24,0584	
460	299	9,942E-04	25,5406	
470	309	1,027E-03	26,2648	
480	316	1,051E-03	26,7648	
490	330	1,097E-03	27,7466	
500	370	1,230E-03	30,4099	
510	372	1,237E-03	30,5372	
520	374	1,244E-03	30,6639	
530	376	1,250E-03	30,7901	
540	376	1,250E-03	30,7901	
550	377	1,254E-03	30,8529	
560	380	1,264E-03	31,0405	
570	385	1,280E-03	31,3502	
580	390	1,297E-03	31,6561	
590	401	1,333E-03	32,3155	
600	410	1,363E-03	32,8407	
610	416	1,383E-03	33,1835	
620	426	1,416E-03	33,7416	
630	436	1,450E-03	34,2826	
640	448	1,490E-03	34,9088	
650	458	1,523E-03	35,4109	
660	470	1,563E-03	35,9891	
670	480	1,596E-03	36,4501	
680	493	1,639E-03	37,0204	
690	505	1,679E-03	37,5169	
700	517	1,719E-03	37,9839	
710	560	1,862E-03	39,4033	
720	572	1,902E-03	39,7253	

A9				
Beban KN	Perpendekan (δL) 10^{-3} mm	Regangan (ϵ)	Tegangan (σ) N/mm ²	
10	9	2,993E-05	1,3700	
20	12	3,990E-05	1,6326	
30	16	5,320E-05	1,9829	
40	23	7,648E-05	2,5963	
50	26	8,645E-05	2,8593	
60	31	1,031E-04	3,2978	
70	36	1,197E-04	3,7364	
80	44	1,463E-04	4,4383	
90	49	1,629E-04	4,8769	
100	52	1,729E-04	5,1400	
110	58	1,929E-04	5,6661	
120	66	2,195E-04	6,3671	
130	72	2,394E-04	6,8924	
140	78	2,594E-04	7,4173	
150	85	2,826E-04	8,0288	
160	91	3,026E-04	8,5522	
170	100	3,325E-04	9,3358	
180	106	3,525E-04	9,8570	
190	111	3,691E-04	10,2906	
200	120	3,990E-04	11,0690	
210	170	5,653E-04	15,3329	
220	171	5,686E-04	15,4169	
230	172	5,719E-04	15,5009	
240	173	5,752E-04	15,5848	
250	174	5,786E-04	15,6686	
260	176	5,852E-04	15,8361	
270	176	5,852E-04	15,8361	
280	177	5,885E-04	15,9198	
290	181	6,018E-04	16,2538	
300	186	6,185E-04	16,6699	
310	190	6,318E-04	17,0016	
320	196	6,517E-04	17,4973	
330	203	6,750E-04	18,0724	
340	210	6,983E-04	18,6440	
350	216	7,182E-04	19,1310	
360	222	7,382E-04	19,6153	

A10			
Beban KN	Perpendekan (δL) 10^{-3} mm	Regangan (ϵ)	Tegangan (σ) N/mm ²
10	12	3,985E-05	0,8894
20	17	5,646E-05	1,3225
30	24	7,971E-05	1,9275
40	30	9,963E-05	2,4448
50	34	1,129E-04	2,7890
60	39	1,295E-04	3,2184
70	45	1,495E-04	3,7324
80	50	1,661E-04	4,1596
90	55	1,827E-04	4,5856
100	62	2,059E-04	5,1802
110	70	2,325E-04	5,8567
120	75	2,491E-04	6,2778
130	80	2,657E-04	6,6975
140	87	2,889E-04	7,2827
150	93	3,089E-04	7,7820
160	100	3,321E-04	8,3616
170	109	3,620E-04	9,1020
180	115	3,819E-04	9,5925
190	184	6,111E-04	15,0215
200	184	6,111E-04	15,0215
210	184	6,111E-04	15,0215
220	184	6,111E-04	15,0215
230	184	6,111E-04	15,0215
240	184	6,111E-04	15,0215
250	184	6,111E-04	15,0215
260	185	6,144E-04	15,0969
270	187	6,211E-04	15,2474
280	191	6,343E-04	15,5473
290	196	6,509E-04	15,9197
300	200	6,642E-04	16,2156
310	206	6,842E-04	16,6563
320	211	7,008E-04	17,0204
330	216	7,174E-04	17,3816
340	225	7,473E-04	18,0245
350	231	7,672E-04	18,4476
360	237	7,871E-04	18,8663

A10			
Beban KN	Perpendekan (δL) 10^{-3} mm	Regangan (ϵ)	Tegangan (σ) N/mm ²
370	250	8,303E-04	19,7577
380	259	8,602E-04	20,3618
390	263	8,735E-04	20,6268
400	272	9,034E-04	21,2149
410	279	9,266E-04	21,6645
420	287	9,532E-04	22,1695
430	300	9,963E-04	22,9699
440	314	1,043E-03	23,8027
450	386	1,282E-03	27,5637
460	389	1,292E-03	27,7000
470	401	1,332E-03	28,2276
480	414	1,375E-03	28,7669
490	436	1,448E-03	29,6006
500	456	1,514E-03	30,2688
510	477	1,584E-03	30,8746
520	479	1,591E-03	30,9270
530	482	1,601E-03	31,0039
540	540	1,793E-03	32,0624
550	550	1,827E-03	32,1591

BI				
Beban KN	Perpendekan (δL) 10^{-3} mm	Regangan (ϵ)	Tegangan (σ) N/mm ²	
350	278	9,248E-04	15,9853	
360	290	9,647E-04	16,1497	
370	307	1,021E-03	16,3212	
380	332	1,104E-03	16,4486	
390	385	1,281E-03	16,2714	
400	407	1,354E-03	16,0374	
410	430	1,430E-03	15,7034	
420	455	1,514E-03	15,2461	
430	490	1,630E-03	14,4598	
440	530	1,763E-03	13,3860	
450	595	1,979E-03	11,3479	
460	658	2,189E-03	9,1756	
470	685	2,279E-03	8,2269	

BI				
Beban KN	Perpendekan (δL) 10^{-3} mm	Regangan (ϵ)	Tegangan (σ) N/mm ²	
10	10	3,327E-05	0,4948	
20	15	4,990E-05	1,0308	
30	22	7,319E-05	1,7632	
40	29	9,647E-05	2,4745	
50	32	1,065E-04	2,7730	
60	38	1,264E-04	3,3586	
70	44	1,464E-04	3,9292	
80	50	1,663E-04	4,4849	
90	55	1,830E-04	4,9368	
100	60	1,996E-04	5,3784	
110	66	2,196E-04	5,8951	
120	72	2,395E-04	6,3975	
130	78	2,595E-04	6,8856	
140	85	2,828E-04	7,4373	
150	91	3,027E-04	7,8952	
160	99	3,293E-04	8,4842	
170	108	3,593E-04	9,1180	
180	115	3,826E-04	9,5902	
190	125	4,158E-04	10,2337	
200	133	4,424E-04	10,7225	
210	145	4,824E-04	11,4133	
220	155	5,156E-04	11,9507	
230	166	5,522E-04	12,5027	
240	175	5,822E-04	12,9244	
250	185	6,154E-04	13,3619	
260	194	6,454E-04	13,7282	
270	204	6,786E-04	14,1055	
280	212	7,053E-04	14,3851	
290	212	7,053E-04	14,3851	
300	213	7,086E-04	14,4187	
310	225	7,485E-04	14,7984	
320	234	7,784E-04	15,0553	
330	248	8,250E-04	15,4089	
340	262	8,716E-04	15,7080	

B2			
Beban KN	Perpendekan (δL) 10-3 mm	Regangan (ε)	Tegangan (σ) N/mm ²
10	15	5,014E-05	0,4627
20	22	7,353E-05	1,1850
30	30	1,003E-04	1,9997
40	35	1,170E-04	2,5030
50	36	1,203E-04	2,6031
60	44	1,471E-04	3,3976
70	49	1,638E-04	3,8883
80	54	1,805E-04	4,3745
90	60	2,005E-04	4,9519
100	65	2,173E-04	5,4281
110	71	2,373E-04	5,9935
120	78	2,607E-04	6,6449
130	84	2,808E-04	7,1962
140	90	3,008E-04	7,7408
150	95	3,175E-04	8,1897
160	104	3,476E-04	8,9861
170	112	3,743E-04	9,6816
180	117	3,911E-04	10,1103
190	125	4,178E-04	10,7866
200	130	4,345E-04	11,2033
210	140	4,679E-04	12,0229
220	145	4,846E-04	12,4258
230	153	5,114E-04	13,0607
240	160	5,348E-04	13,6065
250	168	5,615E-04	14,2192
260	175	5,849E-04	14,7455
270	184	6,150E-04	15,4087
280	190	6,350E-04	15,8424
290	195	6,518E-04	16,1987
300	202	6,752E-04	16,6897
310	211	7,052E-04	17,3074
320	220	7,353E-04	17,9098
330	227	7,587E-04	18,3678
340	236	7,888E-04	18,9431

B2			
Beban KN	Perpendekan (δL) 10-3 mm	Regangan (ε)	Tegangan (σ) N/mm ²
350	245	8,189E-04	19,5030
360	250	8,356E-04	19,8074
370	258	8,623E-04	20,2846
380	268	8,958E-04	20,8640
390	282	9,425E-04	21,6431
400	291	9,726E-04	22,1242
410	300	1,003E-03	22,5897
420	312	1,043E-03	23,1861
430	330	1,103E-03	24,0287
440	350	1,170E-03	24,8914
450	367	1,227E-03	25,5636
460	378	1,263E-03	25,9685
470	390	1,304E-03	26,3832
480	399	1,334E-03	26,6756
490	410	1,370E-03	27,0115
500	428	1,431E-03	27,5095
510	455	1,521E-03	28,1364
520	490	1,638E-03	28,7327
530	550	1,838E-03	29,1819

B3			
Beban KN	Perpendekan (δL) 10-3 mm	Regangan (ϵ)	Tegangan (σ) N/mm ²
10	10	3,359E-05	0,8328
20	13	4,367E-05	1,1878
30	20	6,718E-05	2,0007
40	25	8,398E-05	2,5680
50	28	9,405E-05	2,9031
60	34	1,142E-04	3,5615
70	36	1,209E-04	3,7775
80	43	1,444E-04	4,5198
90	47	1,579E-04	4,9344
100	52	1,747E-04	5,4430
110	56	1,881E-04	5,8422
120	64	2,150E-04	6,6202
130	68	2,284E-04	6,9990
140	72	2,419E-04	7,3711
150	77	2,586E-04	7,8268
160	84	2,822E-04	8,4474
170	90	3,023E-04	8,9632
180	95	3,191E-04	9,3817
190	101	3,393E-04	9,8704
200	109	3,661E-04	10,4994
210	113	3,796E-04	10,8043
220	125	4,199E-04	11,6805
230	135	4,535E-04	12,3673
240	147	4,938E-04	13,1400
250	155	5,207E-04	13,6243
260	168	5,643E-04	14,3595
270	176	5,912E-04	14,7803
280	183	6,147E-04	15,1291
290	190	6,382E-04	15,4598
300	193	6,483E-04	15,5960
310	195	6,550E-04	15,6850
320	198	6,651E-04	15,8158
330	206	6,920E-04	16,1488
340	215	7,222E-04	16,4960

B3			
Beban KN	Perpendekan (δL) 10-3 mm	Regangan (ϵ)	Tegangan (σ) N/mm ²
350	228	7,659E-04	16,9470
360	237	7,961E-04	17,2248
370	248	8,331E-04	17,5266
380	260	8,734E-04	17,8091
390	272	9,137E-04	18,0436
400	282	9,473E-04	18,2030
410	300	1,008E-03	18,4088
420	320	1,075E-03	18,5178
430	345	1,159E-03	18,4826
440	372	1,250E-03	18,2381
450	390	1,310E-03	17,9602
460	400	1,344E-03	17,7674
470	430	1,444E-03	17,0289
480	470	1,579E-03	15,6883

B4			
Beban KN	Perpendekan (δL) 10 ⁻³ mm	Regangan (ε)	Tegangan (σ) N/mm ²
10	15	5,039E-05	0,2187
20	20	6,718E-05	0,8072
30	23	7,726E-05	1,1581
40	32	1,075E-04	2,2009
50	36	1,209E-04	2,6595
60	43	1,444E-04	3,4550
70	54	1,814E-04	4,6864
80	56	1,881E-04	4,9078
90	63	2,116E-04	5,6769
100	67	2,251E-04	6,1121
110	72	2,419E-04	6,6519
120	77	2,586E-04	7,1869
130	83	2,788E-04	7,8226
140	89	2,990E-04	8,4512
150	94	3,158E-04	8,9697
160	98	3,292E-04	9,3810
170	104	3,493E-04	9,9921
180	109	3,661E-04	10,4959
190	112	3,762E-04	10,7958
200	117	3,930E-04	11,2917
210	123	4,132E-04	11,8802
220	129	4,333E-04	12,4614
230	135	4,535E-04	13,0355
240	142	4,770E-04	13,6960
250	148	4,971E-04	14,2542
260	152	5,106E-04	14,6223
270	157	5,274E-04	15,0778
280	162	5,442E-04	15,5281
290	171	5,744E-04	16,3257
300	176	5,912E-04	16,7616
310	187	6,281E-04	17,7021
320	193	6,483E-04	18,2044
330	201	6,752E-04	18,8623
340	213	7,155E-04	19,8236

B4			
Beban KN	Perpendekan (δL) 10 ⁻³ mm	Regangan (ε)	Tegangan (σ) N/mm ²
350	222	7,457E-04	20,5243
360	227	7,625E-04	20,9060
370	235	7,894E-04	21,5055
380	240	8,062E-04	21,8731
390	260	8,734E-04	23,2887
400	273	9,170E-04	24,1613
410	277	9,305E-04	24,4222
420	285	9,573E-04	24,9332
430	291	9,775E-04	25,3070
440	299	1,004E-03	25,7926
450	308	1,035E-03	26,3215
460	314	1,055E-03	26,6638
470	322	1,082E-03	27,1072
480	333	1,119E-03	27,6927
490	345	1,159E-03	28,2992
500	357	1,199E-03	28,8718
510	372	1,250E-03	29,5394
520	389	1,307E-03	30,2308
530	410	1,377E-03	30,9881
540	457	1,535E-03	32,2879
550	475	1,596E-03	32,6384
560	490	1,646E-03	32,8672

B5			
Beban KN	Perpendekan (δL) 10^{-3} mm	Regangan (ϵ)	Tegangan (σ) N/mm ²
10	11	3,638E-05	1,1283
20	13	4,300E-05	1,3662
30	19	6,284E-05	2,0758
40	23	7,607E-05	2,5452
50	26	8,599E-05	2,8952
60	30	9,922E-05	3,3594
70	33	1,091E-04	3,7056
80	39	1,290E-04	4,3928
90	43	1,422E-04	4,8471
100	47	1,554E-04	5,2983
110	52	1,720E-04	5,8579
120	58	1,918E-04	6,5228
130	63	2,084E-04	7,0715
140	69	2,282E-04	7,7232
150	72	2,381E-04	8,0463
160	79	2,613E-04	8,7929
170	85	2,811E-04	9,4247
180	90	2,977E-04	9,9454
190	95	3,142E-04	10,4607
200	102	3,374E-04	11,1731
210	110	3,638E-04	11,9741
220	115	3,804E-04	12,4675
230	120	3,969E-04	12,9552
240	123	4,068E-04	13,2452
250	137	4,531E-04	14,5708
260	160	5,292E-04	16,6483
270	169	5,590E-04	17,4264
280	173	5,722E-04	17,7657
290	174	5,755E-04	17,8499
300	174	5,755E-04	17,8499
310	175	5,788E-04	17,9339
320	180	5,953E-04	18,3499
330	185	6,119E-04	18,7596
340	193	6,383E-04	19,4019

B5			
Beban KN	Perpendekan (δL) 10^{-3} mm	Regangan (ϵ)	Tegangan (σ) N/mm ²
350	199	6,582E-04	19,8727
360	200	6,615E-04	19,9502
370	206	6,813E-04	20,4101
380	214	7,078E-04	21,0083
390	218	7,210E-04	21,3011
400	228	7,541E-04	22,0139
410	236	7,806E-04	22,5645
420	245	8,103E-04	23,1627
430	251	8,302E-04	23,5488
440	262	8,665E-04	24,2301
450	272	8,996E-04	24,8192
460	287	9,492E-04	25,6477
470	302	9,988E-04	26,4088
480	319	1,053E-03	27,1880
490	395	1,306E-03	29,5333
500	406	1,343E-03	29,7114
510	425	1,406E-03	29,9187
520	445	1,472E-03	29,9966
530	455	1,505E-03	29,9805
540	480	1,588E-03	29,7764

B6			
Beban KN	Perpendekan (δL) 10^{-3} mm	Regangan (ϵ)	Tegangan (σ) N/mm ²
10	11	3,669E-05	0,8280
20	19	6,337E-05	1,5035
30	24	8,004E-05	1,9206
40	30	1,001E-04	2,4161
50	32	1,067E-04	2,5801
60	39	1,301E-04	3,1490
70	45	1,501E-04	3,6306
80	52	1,734E-04	4,1855
90	59	1,968E-04	4,7328
100	69	2,301E-04	5,5018
110	75	2,501E-04	5,9558
120	81	2,701E-04	6,4044
130	91	3,035E-04	7,1398
140	96	3,202E-04	7,5019
150	106	3,535E-04	8,2146
160	115	3,835E-04	8,8431
170	129	4,302E-04	9,7966
180	135	4,502E-04	10,1962
190	179	5,970E-04	12,9627
200	179	5,970E-04	12,9627
210	179	5,970E-04	12,9627
220	179	5,970E-04	12,9627
230	181	6,036E-04	13,0816
240	186	6,203E-04	13,3764
250	195	6,503E-04	13,8976
260	205	6,837E-04	14,4628
270	209	6,970E-04	14,6848
280	215	7,170E-04	15,0133
290	225	7,504E-04	15,5492
300	235	7,837E-04	16,0706
310	245	8,171E-04	16,5774
320	255	8,504E-04	17,0697
330	265	8,838E-04	17,5476

B6			
Beban KN	Perpendekan (δL) 10^{-3} mm	Regangan (ϵ)	Tegangan (σ) N/mm ²
340	279	9,305E-04	18,1925
350	295	9,838E-04	18,8951
360	314	1,047E-03	19,6821
370	330	1,101E-03	20,3051
380	375	1,251E-03	21,8644
390	376	1,254E-03	21,8959
400	384	1,281E-03	22,1424
410	400	1,334E-03	22,6088
420	420	1,401E-03	23,1422
430	435	1,451E-03	23,5063
440	460	1,534E-03	24,0450
450	485	1,617E-03	24,4991
460	520	1,734E-03	24,9943
470	585	1,951E-03	25,4844
480	670	2,234E-03	25,3007

B7			
Beban KN	Perpendekan (δL) 10^{-3} mm	Regangan (ϵ)	Tegangan (σ) N/mm ²
10	11	3,702E-05	0,7633
20	15	5,048E-05	1,1777
30	22	7,404E-05	1,8953
40	29	9,759E-05	2,6029
50	32	1,077E-04	2,9031
60	35	1,178E-04	3,2015
70	41	1,380E-04	3,7929
80	46	1,548E-04	4,2802
90	51	1,716E-04	4,7625
100	56	1,885E-04	5,2398
110	63	2,120E-04	5,8996
120	69	2,322E-04	6,4573
130	75	2,524E-04	7,0079
140	80	2,692E-04	7,4612
150	86	2,894E-04	7,9987
160	93	3,130E-04	8,6168
170	100	3,365E-04	9,2251
180	105	3,534E-04	9,6538
190	110	3,702E-04	10,0775
200	113	3,803E-04	10,3294
210	125	4,207E-04	11,3193
220	135	4,543E-04	12,1227
230	160	5,384E-04	14,0462
240	160	5,384E-04	14,0462
250	165	5,553E-04	14,4165
260	170	5,721E-04	14,7819
270	175	5,889E-04	15,1424
280	179	6,024E-04	15,4275
290	185	6,226E-04	15,8493
300	193	6,495E-04	16,4009
310	200	6,731E-04	16,8736
320	205	6,899E-04	17,2056
330	213	7,168E-04	17,7268
340	219	7,370E-04	18,1098

B7			
Beban KN	Perpendekan (δL) 10^{-3} mm	Regangan (ϵ)	Tegangan (σ) N/mm ²
350	229	7,707E-04	18,7330
360	239	8,043E-04	19,3374
370	252	8,481E-04	20,0951
380	266	8,952E-04	20,8758
390	275	9,255E-04	21,3585
400	280	9,423E-04	21,6202
410	294	9,894E-04	22,3283
420	305	1,026E-03	22,8595
430	315	1,060E-03	23,3231
440	325	1,094E-03	23,7685
450	345	1,161E-03	24,6050
460	359	1,208E-03	25,1476
470	375	1,262E-03	25,7247
480	385	1,296E-03	26,0622
490	400	1,346E-03	26,5352

B8			
Beban KN	Perpendekan (δL) 10^{-3} mm	Regangan (ϵ)	Tegangan (σ) N/mm ²
10	15	5,013E-05	1,2544
20	19	6,349E-05	1,5473
30	25	8,354E-05	1,9859
40	30	1,003E-04	2,3506
50	34	1,136E-04	2,6418
60	40	1,337E-04	3,0778
70	49	1,637E-04	3,7296
80	56	1,871E-04	4,2347
90	65	2,172E-04	4,8816
100	71	2,373E-04	5,3112
110	76	2,540E-04	5,6682
120	90	3,008E-04	6,6624
130	96	3,208E-04	7,0860
140	105	3,509E-04	7,7184
150	111	3,709E-04	8,1379
160	125	4,177E-04	9,1101
170	130	4,344E-04	9,4550
180	175	5,848E-04	12,4976
190	176	5,881E-04	12,5638
200	177	5,915E-04	12,6300
210	178	5,948E-04	12,6962
220	179	5,982E-04	12,7623
230	185	6,182E-04	13,1575
240	192	6,416E-04	13,6157
250	200	6,683E-04	14,1353
260	210	7,018E-04	14,7789
270	218	7,285E-04	15,2888
280	229	7,652E-04	15,9824
290	236	7,886E-04	16,4192
300	246	8,221E-04	17,0367
310	256	8,555E-04	17,6465
320	265	8,855E-04	18,1886
330	275	9,190E-04	18,7831
340	286	9,557E-04	19,4273

B8			
Beban KN	Perpendekan (δL) 10^{-3} mm	Regangan (ϵ)	Tegangan (σ) N/mm ²
350	296	9,891E-04	20,0039
360	310	1,036E-03	20,7962
370	322	1,076E-03	21,4611
380	330	1,103E-03	21,8967
390	370	1,236E-03	23,9806
400	375	1,253E-03	24,2295
410	380	1,270E-03	24,4758
420	380	1,270E-03	24,4758
430	400	1,337E-03	25,4338
440	415	1,387E-03	26,1230
450	430	1,437E-03	26,7863
460	450	1,504E-03	27,6290
470	475	1,587E-03	28,6130
480	505	1,688E-03	29,6873
490	540	1,805E-03	30,7862
500	575	1,921E-03	31,7096
510	630	2,105E-03	32,7831

B9			
Beban KN	Perpendekan (δL) 10-3 mm	Regangan (ϵ)	Tegangan (σ) N/mm ²
10	14	4,661E-05	0,5040
20	19	6,326E-05	1,0083
30	25	8,324E-05	1,6062
40	33	1,099E-04	2,3913
50	36	1,199E-04	2,6821
60	44	1,465E-04	3,4483
70	50	1,665E-04	4,0140
80	55	1,831E-04	4,4796
90	60	1,998E-04	4,9399
100	65	2,164E-04	5,3950
110	70	2,331E-04	5,8448
120	76	2,530E-04	6,3778
130	85	2,830E-04	7,1633
140	90	2,997E-04	7,5925
150	96	3,196E-04	8,1009
160	104	3,463E-04	8,7674
170	113	3,762E-04	9,5018
180	120	3,995E-04	10,0618
190	130	4,328E-04	10,8451
200	160	5,327E-04	13,0782
210	165	5,494E-04	13,4336
220	175	5,827E-04	14,1303
230	175	5,827E-04	14,1303
240	175	5,827E-04	14,1303
250	178	5,926E-04	14,3357
260	183	6,093E-04	14,6742
270	189	6,293E-04	15,0744
280	195	6,492E-04	15,4679
290	200	6,659E-04	15,7908
300	211	7,025E-04	16,4853
310	219	7,291E-04	16,9766
320	225	7,491E-04	17,3377
330	234	7,791E-04	17,8673
340	244	8,124E-04	18,4392

B9			
Beban KN	Perpendekan (δL) 10-3 mm	Regangan (ϵ)	Tegangan (σ) N/mm ²
350	254	8,457E-04	18,9938
360	265	8,823E-04	19,5840
370	275	9,156E-04	20,1029
380	290	9,655E-04	20,8500
390	300	9,988E-04	21,3275
400	315	1,049E-03	22,0135
410	335	1,115E-03	22,8726
420	360	1,199E-03	23,8595
430	374	1,245E-03	24,3711
440	385	1,282E-03	24,7527
450	404	1,345E-03	25,3708
460	420	1,398E-03	25,8517
470	445	1,482E-03	26,5327
480	480	1,598E-03	27,3471
490	505	1,681E-03	27,8338
500	530	1,765E-03	28,2449
510	559	1,861E-03	28,6310
520	600	1,998E-03	29,0198
530	680	2,264E-03	29,2966

B10			
Beban KN	Perpendekan (δL) 10^{-3} mm	Regangan (ϵ)	Tegangan (σ) N/mm ²
10	14	4,663E-05	0,7054
20	19	6,328E-05	1,2657
30	25	8,326E-05	1,9238
40	30	9,992E-05	2,4605
50	35	1,166E-04	2,9867
60	40	1,332E-04	3,5023
70	42	1,399E-04	3,7056
80	46	1,532E-04	4,1072
90	55	1,832E-04	4,9868
100	60	1,998E-04	5,4612
110	65	2,165E-04	5,9255
120	70	2,331E-04	6,3798
130	75	2,498E-04	6,8241
140	83	2,764E-04	7,5147
150	89	2,964E-04	8,0162
160	96	3,197E-04	8,5839
170	105	3,497E-04	9,2864
180	111	3,697E-04	9,7379
190	119	3,963E-04	10,3192
200	125	4,163E-04	10,7399
210	139	4,629E-04	11,6711
220	165	5,495E-04	13,2194
230	170	5,662E-04	13,4909
240	175	5,828E-04	13,7541
250	175	5,828E-04	13,7541
260	178	5,928E-04	13,9081
270	184	6,128E-04	14,2074
280	192	6,395E-04	14,5884
290	200	6,661E-04	14,9492
300	209	6,961E-04	15,3313
310	220	7,327E-04	15,7649
320	230	7,660E-04	16,1279
330	241	8,027E-04	16,4935
340	255	8,493E-04	16,9094

B10			
Beban KN	Perpendekan (δL) 10^{-3} mm	Regangan (ϵ)	Tegangan (σ) N/mm ²
350	270	8,993E-04	17,2955
360	290	9,659E-04	17,7181
370	305	1,016E-03	17,9690
380	325	1,082E-03	18,2195
390	360	1,199E-03	18,4421
400	375	1,249E-03	18,4592
410	405	1,349E-03	18,3646
420	430	1,432E-03	18,1650
430	455	1,515E-03	17,8669
440	485	1,615E-03	17,3936
450	530	1,765E-03	16,4848
460	580	1,932E-03	15,2609
470	570	1,898E-03	15,5200

CI			
Beban KN	Perpendekan (δL) 10^{-3} mm	Regangan (ϵ)	Tegangan (σ) N/mm ²
10	13	4.318E-05	0.5103
20	16	5.315E-05	0.8003
30	25	8.304E-05	1.6617
40	32	1.063E-04	2.3231
50	37	1.229E-04	2.7908
60	43	1.428E-04	3.3469
70	50	1.661E-04	3.9886
80	56	1.860E-04	4.5324
90	63	2.093E-04	5.1598
100	70	2.325E-04	5.7795
110	75	2.491E-04	6.2174
120	82	2.724E-04	6.8239
130	89	2.956E-04	7.4226
140	95	3.156E-04	7.9296
150	102	3.388E-04	8.5139
160	110	3.654E-04	9.1721
170	117	3.886E-04	9.7396
180	125	4.152E-04	10.3787
190	133	4.418E-04	11.0076
200	140	4.650E-04	11.5494
210	147	4.883E-04	12.0833
220	157	5.215E-04	12.8324
230	162	5.381E-04	13.2009
240	170	5.647E-04	13.7821
250	175	5.813E-04	14.1401
260	184	6.112E-04	14.7742
270	190	6.311E-04	15.1897
280	198	6.577E-04	15.7345
290	205	6.810E-04	16.2026
300	214	7.108E-04	16.7928
310	222	7.374E-04	17.3062
320	230	7.640E-04	17.8091
330	236	7.899E-04	18.1793
340	246	8.171E-04	18.7833

CI			
Beban KN	Perpendekan (δL) 10^{-3} mm	Regangan (ϵ)	Tegangan (σ) N/mm ²
350	255	8.470E-04	19.3127
360	265	8.803E-04	19.8851
370	279	9.268E-04	20.6587
380	294	9.766E-04	21.4512
390	305	1.013E-03	22.0085
400	320	1.063E-03	22.7356
410	332	1.103E-03	23.2900
420	343	1.139E-03	23.7769
430	359	1.192E-03	24.4484
440	372	1.236E-03	24.9619
450	379	1.259E-03	25.2264
460	394	1.309E-03	25.7650
470	410	1.362E-03	26.2969
480	429	1.425E-03	26.8712
490	445	1.478E-03	27.3063
500	470	1.561E-03	27.8969
510	500	1.661E-03	28.4610
520	537	1.784E-03	28.9379
530	590	1.960E-03	29.1957

C2			
Beban KN	Perpendekan (δL) 10^{-3} mm	Regangan (ϵ)	Tegangan (σ) N/mm ²
10	15	5.003E-05	0.2506
20	20	6.670E-05	0.7590
30	30	1.001E-04	1.7609
40	35	1.167E-04	2.2545
50	40	1.334E-04	2.7433
60	46	1.534E-04	3.3234
70	51	1.701E-04	3.8015
80	58	1.934E-04	4.4628
90	65	2.168E-04	5.1147
100	72	2.401E-04	5.7573
110	78	2.601E-04	6.3008
120	85	2.835E-04	6.9262
130	93	3.102E-04	7.6298
140	100	3.335E-04	8.2357
150	108	3.602E-04	8.9171
160	113	3.769E-04	9.3370
170	121	4.035E-04	9.9993
180	126	4.202E-04	10.4074
190	133	4.436E-04	10.9711
200	140	4.669E-04	11.5260
210	153	5.103E-04	12.5334
220	158	5.269E-04	12.9129
230	165	5.503E-04	13.4368
240	172	5.736E-04	13.9522
250	180	6.003E-04	14.5308
260	187	6.236E-04	15.0281
270	193	6.437E-04	15.4476
280	200	6.670E-04	15.9294
290	208	6.937E-04	16.4698
300	215	7.170E-04	16.9338
310	225	7.504E-04	17.5826
320	234	7.804E-04	18.1523
330	244	8.137E-04	18.7698
340	255	8.504E-04	19.4304

C2			
Beban KN	Perpendekan (δL) 10^{-3} mm	Regangan (ϵ)	Tegangan (σ) N/mm ²
350	263	8.771E-04	19.8986
360	272	9.071E-04	20.4131
370	280	9.338E-04	20.8597
380	290	9.672E-04	21.4039
390	307	1.024E-03	22.2936
400	320	1.067E-03	22.9441
410	342	1.141E-03	23.9874
420	363	1.211E-03	24.9168
430	380	1.267E-03	25.6228
440	394	1.314E-03	26.1736
450	409	1.364E-03	26.7335
460	423	1.411E-03	27.2283
470	441	1.471E-03	27.8260
480	472	1.574E-03	28.7559
490	486	1.621E-03	29.1356
500	425	1.417E-03	27.2969
510	557	1.858E-03	30.6949
520	602	2.008E-03	31.3837
530	680	2.268E-03	32.0752

C3			
Beban KN	Perpendekan (δL) 10^{-3} mm	Regangan (ϵ)	Tegangan (σ) N/mm ²
10	10	3.310E-05	0.2816
20	15	4.965E-05	0.7672
30	21	6.951E-05	1.3442
40	29	9.599E-05	2.1038
50	35	1.159E-04	2.6662
60	40	1.324E-04	3.1301
70	50	1.655E-04	4.0450
80	55	1.821E-04	4.4960
90	64	2.119E-04	5.2969
100	70	2.317E-04	5.8232
110	75	2.483E-04	6.2571
120	85	2.814E-04	7.1120
130	93	3.078E-04	7.7838
140	102	3.376E-04	8.5265
150	109	3.608E-04	9.0948
160	112	3.707E-04	9.3358
170	125	4.138E-04	10.3627
180	135	4.469E-04	11.1335
190	142	4.700E-04	11.6631
200	150	4.965E-04	12.2584
210	155	5.131E-04	12.6250
220	157	5.197E-04	12.7705
230	158	5.230E-04	12.8431
240	165	5.462E-04	13.3460
250	173	5.727E-04	13.9109
260	182	6.024E-04	14.5339
270	191	6.322E-04	15.1437
280	198	6.554E-04	15.6088
290	205	6.786E-04	16.0660
300	215	7.117E-04	16.7053
310	227	7.514E-04	17.4513
320	235	7.779E-04	17.9357
330	245	8.110E-04	18.5269
340	255	8.441E-04	19.1021
350	270	8.937E-04	19.9352
360	280	9.268E-04	20.4709

C3			
Beban KN	Perpendekan (δL) 10^{-3} mm	Regangan (ϵ)	Tegangan (σ) N/mm ²
370	295	9.765E-04	21.2450
380	312	1.033E-03	22.0799
390	330	1.092E-03	22.9151
400	340	1.125E-03	23.3576
410	355	1.175E-03	23.9926
420	370	1.225E-03	24.5933
430	393	1.301E-03	25.4485
440	409	1.354E-03	25.9966
450	424	1.404E-03	26.4760
460	450	1.490E-03	27.2283
470	470	1.556E-03	27.7398
480	500	1.655E-03	28.3987
490	550	1.821E-03	29.2125
500	620	2.032E-03	29.7681

C4			
Beban KN	Perpendekan (δL) 10^{-3} mm	Regangan (ϵ)	Tegangan (σ) N/mm ²
10	12	3,994E-05	0,3133
20	17	5,658E-05	0,8521
30	24	7,988E-05	1,5974
40	30	9,985E-05	2,2280
50	35	1,165E-04	2,7478
60	40	1,331E-04	3,2624
70	48	1,598E-04	4,0752
80	54	1,797E-04	4,6764
90	60	1,997E-04	5,2704
100	65	2,163E-04	5,7601
110	72	2,396E-04	6,4376
120	80	2,663E-04	7,2005
130	87	2,896E-04	7,8582
140	92	3,062E-04	8,3226
150	100	3,328E-04	9,0561
160	105	3,495E-04	9,5088
170	112	3,728E-04	10,1352
180	120	3,994E-04	10,8407
190	126	4,194E-04	11,3628
200	135	4,493E-04	12,1348
210	143	4,760E-04	12,8100
220	155	5,159E-04	13,8039
230	158	5,259E-04	14,0489
240	165	5,492E-04	14,6153
250	174	5,791E-04	15,3328
260	180	5,991E-04	15,8046
270	188	6,257E-04	16,4257
280	195	6,490E-04	16,9620
290	203	6,757E-04	17,5667
300	211	7,023E-04	18,1630
310	220	7,322E-04	18,8241
320	231	7,688E-04	19,6184
330	242	8,055E-04	20,3983
340	256	8,521E-04	21,3709
350	269	8,953E-04	22,2550
360	283	9,419E-04	23,1878

C4			
Beban KN	Perpendekan (δL) 10^{-3} mm	Regangan (ϵ)	Tegangan (σ) N/mm ²
370	302	1,005E-03	24,4237
380	320	1,065E-03	25,5652
390	337	1,122E-03	26,6195
400	350	1,165E-03	27,4115
410	368	1,225E-03	28,4897
420	385	1,281E-03	29,4905
430	402	1,338E-03	30,4764
440	430	1,431E-03	32,0739
450	462	1,538E-03	33,8700
460	493	1,641E-03	35,5932
470	535	1,781E-03	37,9250
480	589	1,960E-03	40,9669
490	670	2,230E-03	45,7650

C5				
Beban KN	Perpendekan (δL) 10^{-3} mm	Regangan (ϵ)	Tegangan (σ) N/mm ²	
10	13	4.343E-05	0.5178	
20	17	5.679E-05	0.8995	
30	25	8.351E-05	1.6562	
40	30	1.002E-04	2.1247	
50	36	1.203E-04	2.6823	
60	42	1.403E-04	3.2348	
70	50	1.670E-04	3.9637	
80	55	1.837E-04	4.4147	
90	63	2.105E-04	5.1288	
100	70	2.338E-04	5.7461	
110	75	2.505E-04	6.1827	
120	83	2.773E-04	6.8737	
130	90	3.007E-04	7.4705	
140	97	3.240E-04	8.0602	
150	105	3.508E-04	8.7251	
160	112	3.741E-04	9.2990	
170	120	4.009E-04	9.9458	
180	127	4.243E-04	10.5037	
190	135	4.510E-04	11.1321	
200	140	4.677E-04	11.5198	
210	148	4.944E-04	12.1321	
220	156	5.211E-04	12.7343	
230	162	5.412E-04	13.1793	
240	168	5.612E-04	13.6185	
250	175	5.846E-04	14.1237	
260	183	6.113E-04	14.6914	
270	190	6.347E-04	15.1796	
280	196	6.548E-04	15.5916	
290	205	6.848E-04	16.1986	
300	213	7.115E-04	16.7268	
310	223	7.449E-04	17.3721	
320	230	7.683E-04	17.8137	
330	237	7.917E-04	18.2470	
340	245	8.184E-04	18.7319	
350	257	8.585E-04	19.4386	
360	270	9.020E-04	20.1759	

C5				
Beban KN	Perpendekan (δL) 10^{-3} mm	Regangan (ϵ)	Tegangan (σ) N/mm ²	
370	282	9.420E-04	20.8301	
380	300	1.002E-03	21.7632	
390	315	1.052E-03	22.4960	
400	330	1.102E-03	23.1876	
410	335	1.119E-03	23.4089	
420	350	1.169E-03	24.0447	
430	360	1.203E-03	24.4450	
440	375	1.253E-03	25.0098	
450	393	1.313E-03	25.6302	
460	410	1.370E-03	26.1581	
470	432	1.443E-03	26.7561	
480	468	1.563E-03	27.5235	
490	500	1.670E-03	27.9804	
500	560	1.871E-03	28.2474	

C6			
Beban KN	Perpendekan (δL) 10^{-3} mm	Regangan (ϵ)	Tegangan (σ) N/mm ²
10	12	4,000E-05	0,4842
20	18	6,000E-05	1,0722
30	23	7,667E-05	1,5591
40	30	1,000E-04	2,2359
50	35	1,167E-04	2,7158
60	40	1,333E-04	3,1928
70	46	1,533E-04	3,7614
80	53	1,767E-04	4,4192
90	58	1,933E-04	4,8854
100	65	2,167E-04	5,5331
110	72	2,400E-04	6,1748
120	80	2,667E-04	6,9006
130	87	2,900E-04	7,5292
140	93	3,100E-04	8,0630
150	100	3,333E-04	8,6800
160	108	3,600E-04	9,3775
170	114	3,800E-04	9,8950
180	122	4,067E-04	10,5778
190	130	4,333E-04	11,2520
200	135	4,500E-04	11,6691
210	145	4,833E-04	12,4930
220	155	5,167E-04	13,3033
230	160	5,333E-04	13,7032
240	169	5,633E-04	14,4143
250	176	5,867E-04	14,9595
260	185	6,167E-04	15,6502
270	193	6,433E-04	16,2543
280	198	6,600E-04	16,6272
290	205	6,833E-04	17,1430
300	210	7,000E-04	17,5071
310	210	7,000E-04	17,5071
320	215	7,167E-04	17,8674
330	223	7,433E-04	18,4362
340	230	7,667E-04	18,9260
350	240	8,000E-04	19,6127
360	250	8,333E-04	20,2840

C6			
Beban KN	Perpendekan (δL) 10^{-3} mm	Regangan (ϵ)	Tegangan (σ) N/mm ²
370	255	8,500E-04	20,6139
380	265	8,833E-04	21,2618
390	275	9,167E-04	21,8940
400	282	9,400E-04	22,3270
410	295	9,833E-04	23,1100
420	310	1,033E-03	23,9792
430	325	1,083E-03	24,8110
440	340	1,133E-03	25,6048
450	355	1,183E-03	26,3600
460	368	1,227E-03	26,9829
470	383	1,277E-03	27,6644
480	399	1,330E-03	28,3469
490	417	1,390E-03	29,0590
500	437	1,457E-03	29,7798
510	452	1,507E-03	30,2709
520	476	1,587E-03	30,9668
530	498	1,660E-03	31,5057
540	550	1,833E-03	32,3920
550	630	2,100E-03	32,6439

C7			
Beban KN	Perpendekan (δL) 10^{-3} mm	Regangan (ϵ)	Tegangan (σ) N/mm ²
10	12	4,003E-05	0,3615
20	17	5,671E-05	0,8392
30	25	8,340E-05	1,5922
40	32	1,068E-04	2,2396
50	38	1,268E-04	2,7861
60	43	1,435E-04	3,2356
70	50	1,668E-04	3,8560
80	56	1,868E-04	4,3794
90	65	2,168E-04	5,1502
100	71	2,369E-04	5,6547
110	75	2,502E-04	5,9869
120	85	2,836E-04	6,8027
130	93	3,103E-04	7,4406
140	99	3,303E-04	7,9105
150	105	3,503E-04	8,3730
160	115	3,837E-04	9,1278
170	125	4,170E-04	9,8627
180	131	4,370E-04	10,2941
190	138	4,604E-04	10,7885
200	148	4,937E-04	11,4782
210	158	5,271E-04	12,1487
220	168	5,605E-04	12,8000
230	175	5,838E-04	13,2447
240	182	6,072E-04	13,6802
250	190	6,309E-04	14,1667
260	200	6,672E-04	14,7583
270	209	6,972E-04	15,2752
280	217	7,239E-04	15,7223
290	215	7,173E-04	15,6116
300	225	7,506E-04	16,1579
310	235	7,840E-04	16,6865
320	245	8,173E-04	17,1976
330	255	8,507E-04	17,6913
340	265	8,841E-04	18,1678
350	282	9,408E-04	18,9392
360	296	9,875E-04	19,5384

C7			
Beban KN	Perpendekan (δL) 10^{-3} mm	Regangan (ϵ)	Tegangan (σ) N/mm ²
370	315	1,051E-03	20,3004
380	330	1,101E-03	20,8614
390	348	1,161E-03	21,4881
400	367	1,224E-03	22,0959
410	388	1,294E-03	22,7052
420	407	1,358E-03	23,2014
430	429	1,431E-03	23,7124
440	450	1,501E-03	24,1385
450	475	1,585E-03	24,5698
460	505	1,685E-03	24,9826
470	548	1,828E-03	25,3852
480	590	1,968E-03	25,5770
490	650	2,168E-03	25,5357

C8				
Beban KN	Perpendekan 10-3 mm	Regangan (ϵ)	Tegangan (σ) N/mm ²	
370	315	1,046E-03	19,9175	
380	335	1,112E-03	20,4237	
390	422	1,401E-03	22,0342	
400	470	1,560E-03	22,6581	
410	484	1,607E-03	22,8235	
420	499	1,657E-03	22,9974	
430	511	1,697E-03	23,1360	
440	525	1,743E-03	23,2991	
450	545	1,809E-03	23,5397	
460	565	1,876E-03	23,7954	
470	599	1,989E-03	24,2846	
480	660	2,191E-03	25,4321	

C8				
Beban KN	Perpendekan 10-3 mm	Regangan (ϵ)	Tegangan (σ) N/mm ²	
10	13	4,316E-05	0,2741	
20	15	4,980E-05	0,5064	
30	24	7,968E-05	1,5303	
40	30	9,960E-05	2,1941	
50	35	1,162E-04	2,7358	
60	40	1,328E-04	3,2672	
70	46	1,527E-04	3,8916	
80	54	1,793E-04	4,7016	
90	58	1,926E-04	5,0972	
100	65	2,158E-04	5,7745	
110	72	2,390E-04	6,4329	
120	78	2,590E-04	6,9826	
130	85	2,822E-04	7,6069	
140	90	2,988E-04	8,0418	
150	97	3,220E-04	8,6356	
160	105	3,486E-04	9,2928	
170	111	3,685E-04	9,7711	
180	118	3,918E-04	10,3134	
190	126	4,183E-04	10,9130	
200	134	4,449E-04	11,4915	
210	142	4,714E-04	12,0493	
220	150	4,980E-04	12,5869	
230	157	5,212E-04	13,0410	
240	166	5,511E-04	13,6031	
250	175	5,810E-04	14,1413	
260	185	6,142E-04	14,7120	
270	194	6,441E-04	15,2018	
280	201	6,673E-04	15,5676	
290	210	6,972E-04	16,0189	
300	220	7,304E-04	16,4961	
310	232	7,703E-04	17,0360	
320	243	8,068E-04	17,5009	
330	255	8,466E-04	17,9767	
340	265	8,798E-04	18,3493	
350	280	9,296E-04	18,8694	
360	295	9,794E-04	19,3457	

C9			
Beban KN	Perpendekan (δL) 10^{-3} mm	Regangan (ϵ)	Tegangan (σ) N/mm ²
10	7	2,316E-05	0,7357
20	12	3,970E-05	1,1745
30	20	6,616E-05	1,8720
40	26	8,601E-05	2,3913
50	30	9,924E-05	2,7356
60	35	1,158E-04	3,1639
70	45	1,489E-04	4,0133
80	50	1,654E-04	4,4344
90	55	1,819E-04	4,8530
100	60	1,985E-04	5,2691
110	70	2,316E-04	6,0938
120	76	2,514E-04	6,5837
130	85	2,812E-04	7,3115
140	93	3,076E-04	7,9512
150	100	3,308E-04	8,5053
160	108	3,573E-04	9,1320
170	117	3,870E-04	9,8286
180	126	4,168E-04	10,5160
190	132	4,367E-04	10,9691
200	140	4,631E-04	11,5667
210	150	4,962E-04	12,3031
220	158	5,227E-04	12,8836
230	165	5,458E-04	13,3851
240	175	5,789E-04	14,0910
250	180	5,954E-04	14,4393
260	189	6,252E-04	15,0582
270	196	6,484E-04	15,5324
280	205	6,781E-04	16,1327
290	215	7,112E-04	16,7872
300	220	7,278E-04	17,1094
310	230	7,608E-04	17,7436
320	238	7,873E-04	18,2411
330	240	7,939E-04	18,3640
340	245	8,105E-04	18,6691

C9			
Beban KN	Perpendekan (δL) 10^{-3} mm	Regangan (ϵ)	Tegangan (σ) N/mm ²
350	258	8,535E-04	19,4456
360	274	9,064E-04	20,3679
370	290	9,593E-04	21,2526
380	295	9,759E-04	21,5212
390	310	1,025E-03	22,3041
400	325	1,075E-03	23,0522
410	332	1,098E-03	23,3892
420	345	1,141E-03	23,9942
430	360	1,191E-03	24,6582
440	378	1,250E-03	25,4056
450	395	1,307E-03	26,0611
460	415	1,373E-03	26,7681
470	435	1,439E-03	27,4039
480	460	1,522E-03	28,0962
490	491	1,624E-03	28,7915
500	529	1,750E-03	29,3886
510	590	1,952E-03	29,7308

C10				
Beban KN	Perpendekan (δL) 10^{-3} mm	Regangan (ϵ)	Tegangan (σ) N/mm ²	
10	12	4.003E-05	0.7863	
20	15	5.004E-05	1.0868	
30	23	7.673E-05	1.8804	
40	29	9.675E-05	2.4682	
50	35	1.168E-04	3.0496	
60	38	1.268E-04	3.3380	
70	45	1.501E-04	4.0047	
80	50	1.668E-04	4.4756	
90	56	1.868E-04	5.0350	
100	63	2.102E-04	5.6796	
110	70	2.335E-04	6.3158	
120	75	2.502E-04	6.7650	
130	85	2.836E-04	7.6504	
140	90	3.003E-04	8.0866	
150	97	3.236E-04	8.6901	
160	104	3.470E-04	9.2852	
170	113	3.770E-04	10.0380	
180	120	4.003E-04	10.6140	
190	128	4.270E-04	11.2620	
200	137	4.570E-04	11.9781	
210	145	4.837E-04	12.6031	
220	155	5.171E-04	13.3692	
230	160	5.338E-04	13.7460	
240	167	5.571E-04	14.2665	
250	175	5.838E-04	14.8513	
260	185	6.172E-04	15.5673	
270	190	6.339E-04	15.9191	
280	196	6.539E-04	16.3358	
290	206	6.872E-04	17.0171	
300	215	7.173E-04	17.6162	
310	222	7.406E-04	18.0730	
320	230	7.673E-04	18.5853	
330	240	8.007E-04	19.2110	
340	248	8.274E-04	19.6998	
350	260	8.674E-04	20.4138	
360	275	9.174E-04	21.2738	

C10				
Beban KN	Perpendekan (δL) 10^{-3} mm	Regangan (ϵ)	Tegangan (σ) N/mm ²	
370	289	9.641E-04	22.0439	
380	302	1.008E-03	22.7312	
390	315	1.051E-03	23.3919	
400	325	1.084E-03	23.8820	
410	339	1.131E-03	24.5419	
420	358	1.194E-03	25.3887	
430	375	1.251E-03	26.0993	
440	390	1.301E-03	26.6895	
450	405	1.351E-03	27.2455	
460	420	1.401E-03	27.7676	
470	440	1.468E-03	28.4112	
480	450	1.501E-03	28.7107	
490	507	1.691E-03	30.1370	

DI			
Beban KN	Perpendekan (δL) 10^{-3} mm	Regangan (ϵ)	Tegangan (σ) N/mm ²
350	415	1.383E-03	28.6289
360	450	1.500E-03	30.8690

DI			
Beban KN	Perpendekan (δL) 10^{-3} mm	Regangan (ϵ)	Tegangan (σ) N/mm ²
10	12	4,000E-05	0,4239
20	18	6,000E-05	0,9907
30	28	9,333E-05	1,9187
40	35	1,167E-04	2,5561
50	36	1,200E-04	2,6463
60	45	1,500E-04	3,4498
70	56	1,867E-04	4,4108
80	60	2,000E-04	4,7546
90	70	2,333E-04	5,6015
100	75	2,500E-04	6,0184
110	80	2,667E-04	6,4309
120	87	2,900E-04	7,0014
130	95	3,167E-04	7,6435
140	103	3,433E-04	8,2755
150	111	3,700E-04	8,8976
160	120	4,000E-04	9,5862
170	132	4,400E-04	10,4865
180	143	4,767E-04	11,2947
190	155	5,167E-04	12,1590
200	160	5,333E-04	12,5139
210	173	5,767E-04	13,4236
220	184	6,133E-04	14,1791
230	192	6,400E-04	14,7210
240	204	6,800E-04	15,5225
250	216	7,200E-04	16,3117
260	232	7,733E-04	17,3466
270	247	8,233E-04	18,3011
280	265	8,833E-04	19,4295
290	280	9,333E-04	20,3585
300	298	9,933E-04	21,4628
310	320	1,067E-03	22,8026
320	338	1,127E-03	23,8953
330	360	1,200E-03	25,2326
340	382	1,273E-03	26,5785

D2			
Beban KN	Perpendekan (δL) 10^{-1} mm	Regangan (ϵ)	Tegangan (σ) N/mm ²
10	14	4,682E-05	0,8419
20	22	7,358E-05	1,5026
30	25	8,361E-05	1,7470
40	35	1,171E-04	2,5480
50	40	1,338E-04	2,9409
60	47	1,572E-04	3,4829
70	55	1,839E-04	4,0907
80	62	2,074E-04	4,6127
90	70	2,341E-04	5,1984
100	78	2,609E-04	5,7728
110	88	2,943E-04	6,4754
120	95	3,177E-04	6,9574
130	105	3,512E-04	7,6325
140	114	3,813E-04	8,2270
150	125	4,181E-04	8,9374
160	135	4,515E-04	9,5686
170	157	5,251E-04	10,9114
180	172	5,753E-04	11,7938
190	185	6,187E-04	12,5388
200	195	6,522E-04	13,1004
210	212	7,090E-04	14,0343
220	240	8,027E-04	15,5230
230	260	8,696E-04	16,5557
240	278	9,298E-04	17,4683
250	304	1,017E-03	18,7667
260	340	1,137E-03	20,5458
270	368	1,231E-03	21,9326
280	429	1,435E-03	25,0394
290	440	1,472E-03	25,6210
300	480	1,605E-03	27,8166
310	570	1,906E-03	33,4044
320	660	2,207E-03	40,2892
330	660	2,207E-03	40,2892

D3			
Beban KN	Perpendekan (δL) 10^{-3} mm	Regangan (ϵ)	Tegangan (σ) N/mm ²
10	15	5,000E-05	0,7560
20	21	7,000E-05	1,2760
30	30	1,000E-04	2,0420
40	35	1,167E-04	2,4604
50	40	1,333E-04	2,8739
60	48	1,600E-04	3,5253
70	55	1,833E-04	4,0853
80	63	2,100E-04	4,7142
90	71	2,367E-04	5,3315
100	78	2,600E-04	5,8624
110	86	2,867E-04	6,4591
120	97	3,233E-04	7,2623
130	107	3,567E-04	7,9759
140	115	3,833E-04	8,5359
150	125	4,167E-04	9,2228
160	135	4,500E-04	9,8958
170	150	5,000E-04	10,8808
180	165	5,500E-04	11,8383
190	175	5,833E-04	12,4624
200	185	6,167E-04	13,0760
210	201	6,700E-04	14,0375
220	215	7,167E-04	14,8601
230	235	7,833E-04	16,0090
240	255	8,500E-04	17,1316
250	280	9,333E-04	18,5062
260	305	1,017E-03	19,8585
270	332	1,107E-03	21,3060
280	360	1,200E-03	22,8067
290	390	1,300E-03	24,4304
300	430	1,433E-03	26,6513
310	435	1,450E-03	26,9353
320	440	1,467E-03	27,2210
330	510	1,700E-03	31,4452
340	590	1,967E-03	36,9928

D4			
Beban KN	Perpendekan (δL) 10^{-3} mm	Regangan (ϵ)	Tegangan (σ) N/mm ²
10	11	3,658E-05	0,7016
20	19	6,318E-05	1,3425
30	25	8,313E-05	1,8174
40	30	9,975E-05	2,2094
50	35	1,164E-04	2,5980
60	45	1,496E-04	3,3647
70	52	1,729E-04	3,8930
80	60	1,995E-04	4,4883
90	68	2,261E-04	5,0744
100	75	2,494E-04	5,5797
110	85	2,826E-04	6,2891
120	92	3,059E-04	6,7769
130	100	3,325E-04	7,3254
140	110	3,658E-04	7,9976
150	119	3,957E-04	8,5895
160	130	4,323E-04	9,2961
170	140	4,655E-04	9,9221
180	152	5,054E-04	10,6525
190	164	5,453E-04	11,3599
200	175	5,819E-04	11,9879
210	185	6,151E-04	12,5417
220	195	6,484E-04	13,0790
230	205	6,816E-04	13,5995
240	210	6,983E-04	13,8535
250	210	6,983E-04	13,8535
260	220	7,315E-04	14,3486
270	240	7,980E-04	15,2873
280	250	8,313E-04	15,7305
290	273	9,077E-04	16,6824
300	295	9,809E-04	17,5035
310	320	1,064E-03	18,3279
320	345	1,147E-03	19,0340
330	375	1,247E-03	19,7215
340	430	1,430E-03	20,5137
350	460	1,530E-03	20,6818

D5			
Beban KN	Perpendekan (δL) 10^{-3} mm	Regangan (ϵ)	Tegangan (σ) N/mm ²
10	14	4.663E-05	0.4588
20	20	6.661E-05	1.0228
30	28	9.326E-05	1.7508
40	35	1.166E-04	2.3654
50	40	1.332E-04	2.7918
60	45	1.499E-04	3.2077
70	53	1.765E-04	3.8518
80	60	1.998E-04	4.3939
90	68	2.265E-04	4.9892
100	75	2.498E-04	5.4892
110	85	2.831E-04	6.1700
120	92	3.064E-04	6.6235
130	100	3.331E-04	7.1189
140	110	3.664E-04	7.7042
150	117	3.897E-04	8.0918
160	127	4.230E-04	8.6145
170	140	4.663E-04	9.2404
180	145	4.829E-04	9.4652
190	156	5.196E-04	9.9295
200	165	5.495E-04	10.2787
210	177	5.895E-04	10.7023
220	187	6.228E-04	11.0194
230	202	6.728E-04	11.4354
240	215	7.161E-04	11.7396
250	232	7.727E-04	12.0608
260	250	8.326E-04	12.3099
270	270	8.993E-04	12.4814
280	290	9.659E-04	12.5472
290	320	1.066E-03	12.4594
300	350	1.166E-03	12.1639
310	390	1.299E-03	11.4775
320	420	1.399E-03	10.7669
330	470	1.565E-03	9.2626
340	530	1.765E-03	7.0318
350	580	1.932E-03	4.9159

D6			
Beban KN	Perpendekan (δL) 10^{-3} mm	Regangan (ϵ)	Tegangan (σ) N/mm ²
10	9	2,989E-05	0,3914
20	15	4,982E-05	1,0144
30	20	6,642E-05	1,5217
40	29	9,631E-05	2,4079
50	34	1,129E-04	2,8854
60	39	1,295E-04	3,3525
70	45	1,495E-04	3,8992
80	52	1,727E-04	4,5184
90	59	1,959E-04	5,1177
100	63	2,092E-04	5,4512
110	70	2,325E-04	6,0196
120	75	2,491E-04	6,4137
130	85	2,823E-04	7,1727
140	90	2,989E-04	7,5376
150	95	3,155E-04	7,8931
160	105	3,487E-04	8,5756
170	117	3,886E-04	9,3457
180	120	3,985E-04	9,5299
190	130	4,318E-04	10,1208
200	136	4,517E-04	10,4581
210	145	4,816E-04	10,9405
220	155	5,148E-04	11,4437
230	163	5,413E-04	11,8218
240	170	5,646E-04	12,1351
250	178	5,912E-04	12,4734
260	188	6,244E-04	12,8672
270	198	6,576E-04	13,2293
280	210	6,974E-04	13,6228
290	220	7,307E-04	13,9175
300	235	7,805E-04	14,3041
310	248	8,236E-04	14,5869
320	264	8,768E-04	14,8708
330	279	9,266E-04	15,0748
340	296	9,831E-04	15,2361
350	320	1,063E-03	15,3436
360	335	1,113E-03	15,3428

D6			
Beban KN	Perpendekan (δL) 10^{-3} mm	Regangan (ϵ)	Tegangan (σ) N/mm ²
370	350	1,162E-03	15,2925
380	375	1,245E-03	15,1046
390	405	1,345E-03	14,7199
400	435	1,445E-03	14,1786
410	465	1,544E-03	13,4982
420	525	1,744E-03	11,7920
430	600	1,993E-03	9,1949

D7				
Beban KN	Perpendekan (δL) 10^{-3} mm	Regangan (ϵ)	Tegangan (σ) N/mm ²	
10	10	3,350E-05	0,5412	
20	15	5,024E-05	1,0647	
30	20	6,699E-05	1,5828	
40	29	9,714E-05	2,5018	
50	34	1,139E-04	3,0049	
60	39	1,306E-04	3,5029	
70	45	1,507E-04	4,0935	
80	51	1,708E-04	4,6769	
90	56	1,876E-04	5,1574	
100	62	2,077E-04	5,7276	
110	70	2,345E-04	6,4767	
120	76	2,546E-04	7,0305	
130	83	2,780E-04	7,6679	
140	90	3,015E-04	8,2962	
150	96	3,216E-04	8,8275	
160	105	3,517E-04	9,6123	
170	112	3,751E-04	10,2128	
180	120	4,019E-04	10,8886	
190	129	4,321E-04	11,6359	
200	135	4,522E-04	12,1266	
210	145	4,857E-04	12,9314	
220	158	5,292E-04	13,9540	
230	164	5,493E-04	14,4171	
240	172	5,761E-04	15,0262	
250	179	5,996E-04	15,5515	
260	189	6,331E-04	16,2897	
270	195	6,532E-04	16,7259	
280	205	6,867E-04	17,4421	
290	215	7,201E-04	18,1451	
300	230	7,704E-04	19,1758	
310	240	8,039E-04	19,8477	
320	250	8,374E-04	20,5081	
330	262	8,776E-04	21,2858	
340	280	9,379E-04	22,4239	
350	295	9,881E-04	23,3480	
360	315	1,055E-03	24,5483	

D7				
Beban KN	Perpendekan (δL) 10^{-3} mm	Regangan (ϵ)	Tegangan (σ) N/mm ²	
370	340	1,139E-03	26,0029	
380	355	1,189E-03	26,8538	
390	375	1,256E-03	27,9662	
400	395	1,323E-03	29,0564	
410	425	1,424E-03	30,6583	
420	450	1,507E-03	31,9701	
430	480	1,608E-03	33,5272	
440	530	1,775E-03	36,1125	
450	615	2,060E-03	40,6217	

D8			
Beban KN	Perpendekan (δL) 10^{-3} mm	Regangan (ϵ)	Tegangan (σ) N/mm ²
10	10	3,303E-05	0,4146
20	15	4,955E-05	0,9057
30	24	7,927E-05	1,7763
40	31	1,024E-04	2,4414
50	35	1,156E-04	2,8168
60	41	1,354E-04	3,3736
70	46	1,519E-04	3,8318
80	54	1,784E-04	4,5540
90	60	1,982E-04	5,0869
100	66	2,180E-04	5,6124
110	73	2,411E-04	6,2162
120	80	2,642E-04	6,8099
130	89	2,940E-04	7,5587
140	95	3,138E-04	8,0489
150	103	3,402E-04	8,6913
160	110	3,633E-04	9,2430
170	118	3,898E-04	9,8616
180	126	4,162E-04	10,4678
190	135	4,459E-04	11,1349
200	143	4,723E-04	11,7149
210	150	4,955E-04	12,2124
220	156	5,153E-04	12,6314
230	165	5,450E-04	13,2473
240	173	5,714E-04	13,7821
250	181	5,979E-04	14,3050
260	190	6,276E-04	14,8794
270	196	6,474E-04	15,2541
280	208	6,870E-04	15,9842
290	218	7,201E-04	16,5730
300	230	7,597E-04	17,2564
310	239	7,894E-04	17,7526
320	249	8,225E-04	18,2875
330	260	8,588E-04	18,8564
340	274	9,050E-04	19,5511
350	285	9,414E-04	20,0742
360	300	9,909E-04	20,7559

D8			
Beban KN	Perpendekan (δL) 10^{-3} mm	Regangan (ϵ)	Tegangan (σ) N/mm ²
370	315	1,040E-03	21,4017
380	330	1,090E-03	22,0121
390	350	1,156E-03	22,7722
400	365	1,206E-03	23,3029
410	390	1,288E-03	24,1140
420	410	1,354E-03	24,6986
430	445	1,470E-03	25,5896
440	480	1,585E-03	26,3193
450	515	1,701E-03	26,8961
460	605	1,998E-03	27,7357

D9			
Beban KN	Perpendekan (δL) 10^{-3} mm	Regangan (ϵ)	Tegangan (σ) N/mm ²
10	11	3,661E-05	1,8846
20	15	4,993E-05	2,1498
30	25	8,321E-05	2,8036
40	31	1,032E-04	3,1895
50	36	1,198E-04	3,5074
60	43	1,431E-04	3,9469
70	49	1,631E-04	4,3185
80	55	1,831E-04	4,6852
90	64	2,130E-04	5,2264
100	69	2,297E-04	5,5224
110	75	2,496E-04	5,8732
120	84	2,796E-04	6,3904
130	92	3,062E-04	6,8411
140	100	3,328E-04	7,2833
150	109	3,628E-04	7,7706
160	118	3,927E-04	8,2472
170	129	4,294E-04	8,8150
180	139	4,626E-04	9,3173
190	149	4,959E-04	9,8062
200	159	5,292E-04	10,2819
210	170	5,658E-04	10,7898
220	184	6,124E-04	11,4129
230	195	6,490E-04	11,8842
240	210	6,990E-04	12,5010
250	225	7,489E-04	13,0878
260	250	8,321E-04	13,9995
270	275	9,153E-04	14,8281
280	300	9,985E-04	15,5735
290	335	1,115E-03	16,4776
300	380	1,265E-03	17,4008
310	425	1,415E-03	18,0547
320	475	1,581E-03	18,4656
330	525	1,747E-03	18,5441
340	580	1,930E-03	18,2467

D9			
Beban KN	Perpendekan (δL) 10^{-3} mm	Regangan (ϵ)	Tegangan (σ) N/mm ²
350	650	2,163E-03	17,2865
360	730	2,430E-03	15,3916

D10			
Beban KN	Perpendekan (δL) 10^{-3} mm	Regangan (ϵ)	Tegangan (σ) N/mm ²
10	12	4,003E-05	0,2997
20	18	6,005E-05	0,9499
30	25	8,340E-05	1,6887
40	30	1,001E-04	2,2035
50	35	1,168E-04	2,7078
60	40	1,334E-04	3,2015
70	46	1,535E-04	3,7801
80	54	1,802E-04	4,5284
90	60	2,002E-04	5,0725
100	65	2,168E-04	5,5147
110	71	2,369E-04	6,0321
120	80	2,669E-04	6,7814
130	86	2,869E-04	7,2633
140	95	3,169E-04	7,9600
150	101	3,369E-04	8,4073
160	109	3,636E-04	8,9825
170	115	3,837E-04	9,3983
180	123	4,103E-04	9,9321
190	130	4,337E-04	10,3800
200	135	4,504E-04	10,6892
210	145	4,837E-04	11,2811
220	157	5,238E-04	11,9455
230	165	5,505E-04	12,3611
240	175	5,838E-04	12,8505
250	178	5,938E-04	12,9909
260	185	6,172E-04	13,3071
270	194	6,472E-04	13,6905
280	200	6,672E-04	13,9319
290	210	7,006E-04	14,3093
300	219	7,306E-04	14,6230
310	230	7,673E-04	14,9755
320	239	7,973E-04	15,2340
330	250	8,340E-04	15,5210
340	340	1,134E-03	16,6855
350	374	1,248E-03	16,6397
360	390	1,301E-03	16,5385

D10			
Beban KN	Perpendekan (δL) 10^{-3} mm	Regangan (ϵ)	Tegangan (σ) N/mm ²
370	410	1,368E-03	16,3458
380	430	1,435E-03	16,0846
390	460	1,535E-03	15,5762
400	480	1,601E-03	15,1673
410	500	1,668E-03	14,7086
420	525	1,751E-03	14,0735
430	552	1,842E-03	13,3216
440	600	2,002E-03	11,8561
450	650	2,168E-03	10,2223
460	745	2,485E-03	7,1131

E1			
Beban KN	Perpendekan (δL) 10^{-3} mm	Regangan (ϵ)	Tegangan (σ) N/mm ²
10	12	3,967E-05	0,6987
20	16	5,289E-05	1,0686
30	24	7,934E-05	1,7983
40	32	1,058E-04	2,5147
50	37	1,223E-04	2,9557
60	43	1,421E-04	3,4783
70	49	1,620E-04	3,9937
80	55	1,818E-04	4,5020
90	62	2,050E-04	5,0862
100	69	2,281E-04	5,6609
110	76	2,512E-04	6,2265
120	85	2,810E-04	6,9402
130	94	3,107E-04	7,6393
140	100	3,306E-04	8,0973
150	110	3,636E-04	8,8466
160	112	3,702E-04	8,9944
170	130	4,298E-04	10,2945
180	140	4,628E-04	10,9939
190	153	5,058E-04	11,8796
200	159	5,256E-04	12,2797
210	166	5,488E-04	12,7396
220	175	5,785E-04	13,3204
230	185	6,116E-04	13,9521
240	194	6,413E-04	14,5089
250	206	6,810E-04	15,2343
260	223	7,372E-04	16,2304
270	236	7,802E-04	16,9682
280	250	8,264E-04	17,7408
290	263	8,694E-04	18,4388
300	280	9,256E-04	19,3251
310	300	9,917E-04	20,3321
320	315	1,041E-03	21,0639
330	335	1,107E-03	22,0111
340	360	1,190E-03	23,1544
350	385	1,273E-03	24,2585
360	415	1,372E-03	25,5415

E1			
Beban KN	Perpendekan (δL) 10^{-3} mm	Regangan (ϵ)	Tegangan (σ) N/mm ²
370	455	1,504E-03	27,2001
380	535	1,769E-03	30,4426

E2			
Beban KN	Perpendekan (δL) 10^{-3} mm	Regangan (ϵ)	Tegangan (σ) N/mm ²
10	14	4,659E-05	0,3823
20	20	6,656E-05	0,9928
30	26	8,652E-05	1,5956
40	34	1,131E-04	2,3877
50	40	1,331E-04	2,9731
60	45	1,498E-04	3,4553
70	50	1,664E-04	3,9325
80	59	1,963E-04	4,7788
90	65	2,163E-04	5,3343
100	72	2,396E-04	5,9735
110	79	2,629E-04	6,6035
120	86	2,862E-04	7,2243
130	94	3,128E-04	7,9228
140	100	3,328E-04	8,4391
150	107	3,561E-04	9,0334
160	112	3,727E-04	9,4527
170	129	4,293E-04	10,8464
180	135	4,493E-04	11,3268
190	143	4,759E-04	11,9583
200	156	5,191E-04	12,9631
210	157	5,225E-04	13,0393
220	165	5,491E-04	13,6435
230	175	5,824E-04	14,3854
240	184	6,123E-04	15,0409
250	190	6,323E-04	15,4715
260	204	6,789E-04	16,4572
270	215	7,155E-04	17,2155
280	225	7,488E-04	17,8879
290	236	7,854E-04	18,6155
300	253	8,419E-04	19,7125
310	265	8,819E-04	20,4676
320	280	9,318E-04	21,3904
330	295	9,817E-04	22,2913
340	314	1,045E-03	23,4032
350	335	1,115E-03	24,5976
360	363	1,208E-03	26,1404

F2			
Beban KN	Perpendekan (δL) 10^{-3} mm	Regangan (ϵ)	Tegangan (σ) N/mm ²
370	400	1,331E-03	28,1075
380	425	1,414E-03	29,4007
390	470	1,564E-03	31,6803
400	540	1,797E-03	35,1863
410	620	2,063E-03	39,3059

E3				
Beban KN	Perpendekan (δL) 10^{-3} mm	Regangan (ϵ)	Tegangan (σ) N/mm ²	
10	11	3,664E-05	0,5390	
20	15	4,996E-05	0,9268	
30	23	7,660E-05	1,6923	
40	31	1,032E-04	2,4441	
50	36	1,199E-04	2,9073	
60	42	1,399E-04	3,4562	
70	50	1,665E-04	4,1768	
80	55	1,832E-04	4,6207	
90	62	2,065E-04	5,2338	
100	70	2,331E-04	5,9229	
110	76	2,531E-04	6,4317	
120	84	2,798E-04	7,0996	
130	91	3,031E-04	7,6742	
140	98	3,264E-04	8,2400	
150	105	3,497E-04	8,7970	
160	114	3,797E-04	9,5006	
170	125	4,163E-04	10,3418	
180	135	4,496E-04	11,0889	
190	140	4,663E-04	11,4564	
200	154	5,129E-04	12,4643	
210	160	5,329E-04	12,8870	
220	170	5,662E-04	13,5794	
230	180	5,995E-04	14,2571	
240	186	6,195E-04	14,6570	
250	196	6,528E-04	15,3122	
260	210	6,994E-04	16,2070	
270	220	7,327E-04	16,8306	
280	233	7,760E-04	17,6227	
290	245	8,160E-04	18,3362	
300	260	8,659E-04	19,2051	
310	275	9,159E-04	20,0501	
320	290	9,659E-04	20,8725	
330	305	1,016E-03	21,6740	
340	330	1,099E-03	22,9672	

E3				
Beban KN	Perpendekan (δL) 10^{-3} mm	Regangan (ϵ)	Tegangan (σ) N/mm ²	
350	355	1,182E-03	24,2133	
360	410	1,366E-03	26,8224	
370	420	1,399E-03	27,2816	
380	465	1,549E-03	29,3103	
390	535	1,782E-03	32,4177	

E4			
Beban KN	Perpendekan 10^{-1} mm	Regangan (ϵ)	Tegangan (σ) N/mm ²
10	5	1,665E-05	0,4837
20	11	3,664E-05	1,1107
30	15	4,996E-05	1,5201
40	23	7,660E-05	2,3179
50	29	9,659E-05	2,8983
60	34	1,132E-04	3,3703
70	40	1,332E-04	3,9227
80	46	1,532E-04	4,4602
90	51	1,699E-04	4,8967
100	57	1,898E-04	5,4070
110	65	2,165E-04	6,0647
120	71	2,365E-04	6,5411
130	76	2,531E-04	6,9273
140	85	2,831E-04	7,5976
150	93	3,097E-04	8,1671
160	100	3,331E-04	8,6453
170	109	3,630E-04	9,2331
180	115	3,830E-04	9,6082
190	123	4,097E-04	10,0878
200	130	4,330E-04	10,4884
210	140	4,663E-04	11,0304
220	155	5,162E-04	11,7779
230	160	5,329E-04	12,0100
240	170	5,662E-04	12,4488
250	176	5,862E-04	12,6962
260	186	6,195E-04	13,0824
270	196	6,528E-04	13,4367
280	210	6,994E-04	13,8801
290	220	7,327E-04	14,1603
300	235	7,827E-04	14,5250
310	250	8,326E-04	14,8250
320	265	8,826E-04	15,0626
330	285	9,492E-04	15,2861
340	300	9,992E-04	15,3868

E4			
Beban KN	Perpendekan 10^{-1} mm	Regangan (ϵ)	Tegangan (σ) N/mm ²
350	325	1,082E-03	15,4336
360	350	1,166E-03	15,3381
370	375	1,249E-03	15,1108
380	405	1,349E-03	14,6786
390	420	1,399E-03	14,4025
400	470	1,565E-03	13,2277

E.5			
Beban KN	Perpendekan (δL) 10^{-3} mm	Regangan (ϵ)	Tegangan (σ) N/mm ²
10	10	3,33E-05	0,4970
20	15	5,00E-05	0,9759
30	22	7,33E-05	1,6371
40	30	1,00E-04	2,3797
50	35	1,167E-04	2,8368
60	41	1,367E-04	3,3783
70	49	1,633E-04	4,0883
80	56	1,867E-04	4,6985
90	64	2,133E-04	5,3833
100	70	2,333E-04	5,8882
110	76	2,533E-04	6,3856
120	84	2,800E-04	7,0373
130	93	3,100E-04	7,7549
140	100	3,333E-04	8,3017
150	107	3,567E-04	8,8388
160	115	3,833E-04	9,4406
170	125	4,167E-04	10,1753
180	135	4,500E-04	10,8905
190	143	4,767E-04	11,4488
200	154	5,133E-04	12,1966
210	159	5,300E-04	12,5289
220	169	5,633E-04	13,1797
230	179	5,967E-04	13,8120
240	186	6,200E-04	14,2437
250	195	6,500E-04	14,7858
260	210	7,000E-04	15,6571
270	220	7,333E-04	16,2160
280	232	7,733E-04	16,8638
290	250	8,333E-04	17,7896
300	265	8,833E-04	18,5197
310	285	9,500E-04	19,4362
320	305	1,017E-03	20,2892
330	325	1,083E-03	21,0804
340	345	1,150E-03	21,8115

E.5			
Beban KN	Perpendekan (δL) 10^{-3} mm	Regangan (ϵ)	Tegangan (σ) N/mm ²
350	380	1,267E-03	22,9521
360	435	1,450E-03	24,4070
370	510	1,700E-03	25,7861

E6			
Beban KN	Perpendekan (δL) 10^{-3} mm	Regangan (ϵ)	Tegangan (σ) N/mm ²
10	10	3,341E-05	0,5779
20	15	5,011E-05	1,0656
30	22	7,349E-05	1,7393
40	30	1,002E-04	2,4961
50	35	1,169E-04	2,9621
60	41	1,370E-04	3,5141
70	46	1,537E-04	3,9683
80	54	1,804E-04	4,6838
90	60	2,004E-04	5,2117
100	66	2,205E-04	5,7319
110	74	2,472E-04	6,4139
120	81	2,706E-04	6,9999
130	89	2,973E-04	7,6572
140	95	3,174E-04	8,1416
150	105	3,508E-04	8,9329
160	112	3,741E-04	9,4749
170	120	4,009E-04	10,0824
180	130	4,343E-04	10,8242
190	139	4,643E-04	11,4752
200	153	5,111E-04	12,4570
210	160	5,345E-04	12,9340
220	167	5,579E-04	13,4017
230	175	5,846E-04	13,9252
240	185	6,180E-04	14,5630
250	195	6,514E-04	15,1826
260	210	7,015E-04	16,0784
270	220	7,349E-04	16,6535
280	235	7,850E-04	17,4836
290	250	8,351E-04	18,2754
300	260	8,685E-04	18,7823
310	280	9,354E-04	19,7467
320	300	1,002E-03	20,6470
330	320	1,069E-03	21,4848
340	350	1,169E-03	22,6283

E6			
Beban KN	Perpendekan (δL) 10^{-3} mm	Regangan (ϵ)	Tegangan (σ) N/mm ²
350	375	1,253E-03	23,4814
360	410	1,370E-03	24,5302

E7			
Beban KN	Perpendekan (δL) 10^{-3} mm	Regangan (ϵ)	Tegangan (σ) N/mm ²
10	13	4,354E-05	0,1460
20	20	6,698E-05	0,7856
30	30	1,005E-04	1,6806
40	35	1,172E-04	2,1199
50	46	1,541E-04	3,0674
60	50	1,674E-04	3,4055
70	56	1,875E-04	3,9063
80	65	2,177E-04	4,6433
90	73	2,445E-04	5,2840
100	79	2,646E-04	5,7559
110	82	2,746E-04	5,9890
120	89	2,981E-04	6,5258
130	100	3,349E-04	7,3491
140	108	3,617E-04	7,9325
150	112	3,751E-04	8,2194
160	125	4,186E-04	9,1299
170	135	4,521E-04	9,8078
180	142	4,756E-04	10,2707
190	146	4,889E-04	10,5310
200	154	5,157E-04	11,0424
210	165	5,526E-04	11,7258
220	176	5,894E-04	12,3865
230	181	6,062E-04	12,6795
240	190	6,363E-04	13,1952
250	196	6,564E-04	13,3309
260	215	7,200E-04	14,5512
270	230	7,703E-04	15,3118
280	235	7,870E-04	15,5567
290	250	8,372E-04	16,2658
300	265	8,875E-04	16,9370
310	280	9,377E-04	17,5713
320	293	9,812E-04	18,0915
330	310	1,038E-03	18,7316
340	330	1,105E-03	19,4276

E7			
Beban KN	Perpendekan (δL) 10^{-3} mm	Regangan (ϵ)	Tegangan (σ) N/mm ²
350	355	1,189E-03	20,2135
360	350	1,172E-03	20,0637
370	405	1,356E-03	21,5182
380	450	1,507E-03	22,4072
390	500	1,674E-03	23,1040
400	565	1,892E-03	23,5969

E8			
Beban KN	Perpendekan 10^{-3} mm	Regangan (ϵ)	Tegangan (σ) N/mm ²
10	10	3,328E-05	0,5147
20	16	5,324E-05	1,0903
30	24	7,987E-05	1,8457
40	31	1,032E-04	2,4957
50	36	1,198E-04	2,9537
60	41	1,364E-04	3,4066
70	47	1,564E-04	3,9434
80	54	1,797E-04	4,5605
90	62	2,063E-04	5,2538
100	70	2,329E-04	5,9348
110	75	2,496E-04	6,3542
120	82	2,729E-04	6,9335
130	90	2,995E-04	7,5844
140	99	3,295E-04	8,3028
150	107	3,561E-04	8,9293
160	115	3,827E-04	9,5446
170	124	4,126E-04	10,2238
180	132	4,393E-04	10,8162
190	140	4,659E-04	11,3982
200	155	5,158E-04	12,4620
210	162	5,391E-04	12,9466
220	172	5,724E-04	13,6261
230	180	5,990E-04	14,1593
240	190	6,323E-04	14,8130
250	200	6,656E-04	15,4529
260	210	6,988E-04	16,0796
270	225	7,488E-04	16,9956
280	235	7,820E-04	17,5909
290	250	8,319E-04	18,4620
300	264	8,785E-04	19,2525
310	280	9,318E-04	20,1308
320	295	9,817E-04	20,9315
330	315	1,048E-03	21,9675
340	335	1,115E-03	22,9706

E8			
Beban KN	Perpendekan 10^{-3} mm	Regangan (ϵ)	Tegangan (σ) N/mm ²
350	365	1,215E-03	24,4214
360	390	1,298E-03	25,5886
370	415	1,381E-03	26,7251
380	445	1,481E-03	28,0583
390	495	1,647E-03	30,2367
400	585	1,947E-03	34,1788

E9			
Beban KN	Perpendekan (δL) 10^{-3} mm	Regangan (ϵ)	Tegangan (σ) N/mm ²
10	11	3,667E-05	0,3879
20	16	5,333E-05	0,8905
30	25	8,333E-05	1,7679
40	32	1,067E-04	2,4263
50	36	1,200E-04	2,7932
60	41	1,367E-04	3,2424
70	48	1,600E-04	3,8538
80	54	1,800E-04	4,3618
90	62	2,067E-04	5,0162
100	67	2,233E-04	5,4121
110	74	2,467E-04	5,9495
120	81	2,700E-04	6,4676
130	90	3,000E-04	7,1057
140	95	3,167E-04	7,4467
150	104	3,467E-04	8,0365
160	111	3,700E-04	8,4742
170	119	3,967E-04	8,9523
180	129	4,300E-04	9,5170
190	135	4,500E-04	9,8386
200	145	4,833E-04	10,3463
210	156	5,200E-04	10,8647
220	164	5,467E-04	11,2157
230	174	5,800E-04	11,6244
240	181	6,033E-04	11,8909
250	190	6,333E-04	12,2103
260	200	6,667E-04	12,5349
270	210	7,000E-04	12,8285
280	224	7,467E-04	13,1885
290	239	7,967E-04	13,5101
300	255	8,500E-04	13,7824
310	274	9,133E-04	14,0148
320	290	9,667E-04	14,1370
330	305	1,017E-03	14,1932
340	330	1,100E-03	14,1673

E9			
Beban KN	Perpendekan (δL) 10^{-3} mm	Regangan (ϵ)	Tegangan (σ) N/mm ²
350	350	1,167E-03	14,0451
360	380	1,267E-03	13,7051
370	410	1,367E-03	13,1932
380	450	1,500E-03	12,2741
390	465	1,550E-03	11,8676

E10				
Beban KN	Perpendekan (δL) 10^{-3} mm	Regangan (ϵ)	Tegangan (σ) N/mm ²	
10	10	3,325E-05	0,6386	
20	15	4,988E-05	1,0874	
30	24	7,980E-05	1,8816	
40	31	1,031E-04	2,4871	
50	37	1,230E-04	2,9978	
60	42	1,397E-04	3,4175	
70	49	1,629E-04	3,9962	
80	55	1,829E-04	4,4841	
90	62	2,062E-04	5,0437	
100	70	2,328E-04	5,6709	
110	76	2,527E-04	6,1326	
120	85	2,826E-04	6,8114	
130	94	3,126E-04	7,4738	
140	104	3,458E-04	8,1907	
150	110	3,658E-04	8,6114	
160	120	3,990E-04	9,2967	
170	130	4,323E-04	9,9626	
180	139	4,622E-04	10,5455	
190	149	4,954E-04	11,1750	
200	159	5,287E-04	11,7857	
210	169	5,619E-04	12,3778	
220	179	5,952E-04	12,9515	
230	189	6,284E-04	13,5071	
240	199	6,617E-04	14,0447	
250	210	6,983E-04	14,6156	
260	222	7,382E-04	15,2143	
270	239	7,947E-04	16,0201	
280	250	8,313E-04	16,5155	
290	262	8,712E-04	17,0330	
300	280	9,310E-04	17,7654	
310	295	9,809E-04	18,3361	
320	315	1,047E-03	19,0427	
330	335	1,114E-03	19,6886	
340	355	1,180E-03	20,2756	

E10				
Beban KN	Perpendekan (δL) 10^{-3} mm	Regangan (ϵ)	Tegangan (σ) N/mm ²	
350	400	1,330E-03	21,3902	
360	455	1,513E-03	22,3891	
370	455	1,513E-03	22,3891	

F1			
Beban KN	Perpendekan (δL) 10^{-3} mm	Regangan (ϵ)	Tegangan (σ) N/mm ²
10	10	3,337E-05	0,6258
20	14	4,672E-05	1,0629
30	20	6,674E-05	1,7055
40	25	8,343E-05	2,2292
50	30	1,001E-04	2,7421
60	35	1,168E-04	3,2443
70	42	1,402E-04	3,9298
80	48	1,602E-04	4,5010
90	53	1,769E-04	4,9657
100	59	1,969E-04	5,5098
110	68	2,269E-04	6,2985
~120	~74	~2,470E-04	~6,8063
130	80	2,670E-04	7,2999
140	86	2,870E-04	7,7793
150	92	3,070E-04	8,2448
160	100	3,337E-04	8,8440
170	108	3,604E-04	9,4189
180	115	3,838E-04	9,9024
190	123	4,105E-04	10,4328
200	130	4,338E-04	10,8778
210	136	4,539E-04	11,2453
220	145	4,839E-04	11,7726
230	155	5,173E-04	12,3255
240	164	5,473E-04	12,7938
250	172	5,740E-04	13,1872
260	180	6,007E-04	13,5595
270	189	6,307E-04	13,9535
280	199	6,641E-04	14,3609
290	210	7,008E-04	14,7731
300	225	7,509E-04	15,2758
310	240	8,009E-04	15,7122
320	258	8,610E-04	16,1514
330	275	9,177E-04	16,4849
340	294	9,811E-04	16,7684

F1			
Beban KN	Perpendekan (δL) 10^{-3} mm	Regangan (ϵ)	Tegangan (σ) N/mm ²
350	314	1,048E-03	16,9699
360	342	1,141E-03	17,0950
370	363	1,211E-03	17,0765
380	380	1,268E-03	16,9958
390	380	1,268E-03	16,9958
400	456	1,522E-03	16,0057
410	498	1,662E-03	15,0918
420	540	1,802E-03	13,9797
430	590	1,969E-03	12,4662
440	680	2,269E-03	9,4783

370	1.563E-03	23.8032
380	1.687E-03	24.4736
390	1.814E-03	25.0031

30	4,343E-05	3,06801
40	7,349E-05	3,7021
50	8,351E-05	3,9115

F2			
Beban KN	Perpendekan 10^{-3} mm	Regangan (ϵ)	Tegangan (σ) N/mm ²
350	243	8,095E-04	22,3875
360	252	8,394E-04	23,1004
370	263	8,761E-04	23,9595
380	275	9,161E-04	24,8823
390	290	9,660E-04	26,0155
400	307	1,023E-03	27,2746
410	325	1,083E-03	28,5808
420	340	1,133E-03	29,6500
430	355	1,183E-03	30,7031
440	375	1,249E-03	32,0850
450	397	1,322E-03	33,5795
460	415	1,382E-03	34,7856
470	440	1,466E-03	36,4409
480	475	1,582E-03	38,7318
490	510	1,699E-03	41,0089
500	565	1,882E-03	44,6052
510	640	2,132E-03	49,6634

F2			
Beban KN	Perpendekan 10^{-3} mm	Regangan (ϵ)	Tegangan (σ) N/mm ²
10	14	4,664E-05	0,2532
20	19	6,329E-05	0,8379
30	25	8,328E-05	1,5325
40	31	1,033E-04	2,2195
50	35	1,166E-04	2,6733
60	40	1,332E-04	3,2360
70	48	1,599E-04	4,1257
80	54	1,799E-04	4,7845
90	60	1,999E-04	5,4362
100	65	2,165E-04	5,9739
110	70	2,332E-04	6,5067
120	76	2,532E-04	7,1399
130	84	2,798E-04	7,9736
140	90	2,998E-04	8,5911
150	94	3,131E-04	8,9991
160	100	3,331E-04	9,6057
170	110	3,664E-04	10,6026
180	115	3,831E-04	11,0945
190	120	3,997E-04	11,5821
200	128	4,264E-04	12,3536
210	134	4,464E-04	12,9253
220	140	4,664E-04	13,4911
230	147	4,897E-04	14,1439
240	157	5,230E-04	15,0633
250	163	5,430E-04	15,6076
260	171	5,696E-04	16,3249
270	178	5,929E-04	16,9449
280	185	6,163E-04	17,5579
290	191	6,362E-04	18,0779
300	199	6,629E-04	18,7635
310	207	6,895E-04	19,4405
320	214	7,129E-04	20,0261
330	223	7,428E-04	20,7699
340	232	7,728E-04	21,5037

FS			
Beban KN	Perpendekan (δL) 10^{-3} mm	Regangan (ϵ)	Tegangan (σ) N/mm ²
350	390	1,311E-03	19,3798
360	420	1,412E-03	19,5915
370	460	1,546E-03	19,7813
380	520	1,748E-03	19,9862
390	580	1,950E-03	20,2704
400	650	2,185E-03	20,9648
410	660	2,218E-03	21,1130

FS			
Beban KN	Perpendekan (δL) 10^{-3} mm	Regangan (ϵ)	Tegangan (σ) N/mm ²
10	10	3,361E-05	0,8995
20	13	4,370E-05	1,2300
30	20	6,723E-05	1,9859
40	25	8,403E-05	2,5127
50	29	9,748E-05	2,9265
60	35	1,176E-04	3,5344
70	40	1,345E-04	4,0294
80	45	1,513E-04	4,5140
90	50	1,681E-04	4,9883
100	55	1,849E-04	5,4525
110	61	2,050E-04	5,9963
120	68	2,286E-04	6,6127
130	75	2,521E-04	7,2100
140	81	2,723E-04	7,7069
150	87	2,924E-04	8,1903
160	94	3,160E-04	8,7373
170	102	3,429E-04	9,3405
180	110	3,697E-04	9,9207
190	117	3,933E-04	10,4099
200	128	4,303E-04	11,1445
210	135	4,538E-04	11,5908
220	154	5,176E-04	12,7219
230	160	5,378E-04	13,0554
240	168	5,647E-04	13,4830
250	180	6,050E-04	14,0887
260	192	6,454E-04	14,6529
270	204	6,857E-04	15,1773
280	217	7,294E-04	15,7021
290	235	7,899E-04	16,3584
300	255	8,571E-04	16,9974
310	280	9,412E-04	17,6736
320	302	1,015E-03	18,1664
330	325	1,092E-03	18,5904
340	355	1,193E-03	19,0214

F6			
Beban KN	Perpendekan (δL) 10^{-3} mm	Regangan (ϵ)	Tegangan (σ) N/mm ²
10	8	2,685E-05	0,5040
20	13	4,362E-05	1,0389
30	19	6,376E-05	1,6736
40	25	8,389E-05	2,3003
50	31	1,040E-04	2,9190
60	36	1,208E-04	3,4287
70	43	1,443E-04	4,1331
80	50	1,678E-04	4,8269
90	56	1,879E-04	5,4133
100	62	2,081E-04	5,9920
110	70	2,349E-04	6,7518
120	75	2,517E-04	7,2198
130	83	2,785E-04	7,9579
140	90	3,020E-04	8,5929
150	95	3,188E-04	9,0404
160	102	3,423E-04	9,6582
170	110	3,691E-04	10,3522
180	118	3,960E-04	11,0333
190	125	4,195E-04	11,6189
200	133	4,463E-04	12,2764
210	140	4,698E-04	12,8414
220	150	5,034E-04	13,6321
230	157	5,268E-04	14,1742
240	165	5,537E-04	14,7824
250	175	5,872E-04	15,5258
260	180	6,040E-04	15,8905
270	190	6,376E-04	16,6061
280	198	6,644E-04	17,1655
290	209	7,013E-04	17,9158
300	220	7,383E-04	18,6446
310	230	7,718E-04	19,2887
320	243	8,154E-04	20,1002
330	255	8,557E-04	20,8238
340	270	9,060E-04	21,6944

F6			
Beban KN	Perpendekan (δL) 10^{-3} mm	Regangan (ϵ)	Tegangan (σ) N/mm ²
350	280	9,396E-04	22,2543
360	290	9,732E-04	22,7979
370	300	1,007E-03	23,3257
380	322	1,081E-03	24,4317
390	333	1,117E-03	24,9569
400	364	1,221E-03	26,3406
410	384	1,289E-03	27,1601
420	407	1,366E-03	28,0344
430	440	1,477E-03	29,1666
440	470	1,577E-03	30,0771
450	540	1,812E-03	31,7969
460	620	2,081E-03	33,1502

F7			
Beban KN	Perpendekan (δL) 10^{-3} mm	Regangan (ϵ)	Tegangan (σ) N/mm ²
10	10	3,347E-05	0,5336
20	13	4,351E-05	0,8855
30	20	6,695E-05	1,6914
40	25	8,368E-05	2,2540
50	30	1,004E-04	2,8061
60	34	1,138E-04	3,2401
70	40	1,339E-04	3,8787
80	46	1,540E-04	4,5024
90	52	1,741E-04	5,1114
100	60	2,008E-04	5,9011
110	65	2,176E-04	6,3818
120	71	2,377E-04	6,9458
130	76	2,544E-04	7,4052
140	84	2,812E-04	8,1205
150	90	3,013E-04	8,6414
160	97	3,247E-04	9,2323
170	103	3,448E-04	9,7248
180	110	3,682E-04	10,2831
190	115	3,849E-04	10,6715
200	123	4,117E-04	11,2749
210	131	4,385E-04	11,8568
220	140	4,686E-04	12,4862
230	148	4,954E-04	13,0237
240	155	5,188E-04	13,4774
250	165	5,523E-04	14,0995
260	173	5,791E-04	14,5755
270	182	6,092E-04	15,0887
280	190	6,360E-04	15,5256
290	200	6,695E-04	16,0467
300	212	7,096E-04	16,6367
310	226	7,565E-04	17,2784
320	237	7,933E-04	17,7488
330	250	8,368E-04	18,2681
340	266	8,904E-04	18,8558

F7			
Beban KN	Perpendekan (δL) 10^{-3} mm	Regangan (ϵ)	Tegangan (σ) N/mm ²
350	285	9,540E-04	19,4845
360	307	1,028E-03	20,1265
370	332	1,111E-03	20,7556
380	355	1,188E-03	21,2516
390	380	1,272E-03	21,7139
400	403	1,349E-03	22,0803
410	430	1,439E-03	22,4535
420	455	1,523E-03	22,7590
430	492	1,647E-03	23,1709
440	535	1,791E-03	23,6436
450	588	1,968E-03	24,3188
460	599	2,005E-03	24,4830

F8			
Beban KN	Perpendekan 10^{-3} mm	Regangan (ϵ)	Tegangan (σ) N/mm ²
350	355	1,183E-03	15,3366
360	380	1,267E-03	15,1460
370	402	1,340E-03	14,8791
380	432	1,440E-03	14,3789
390	460	1,533E-03	13,7847
400	520	1,733E-03	12,1665
410	560	1,867E-03	10,8832
420	620	2,067E-03	8,7582
430	690	2,300E-03	6,1477
440	710	2,367E-03	5,4058

F8			
Beban KN	Perpendekan 10^{-3} mm	Regangan (ϵ)	Tegangan (σ) N/mm ²
10	14	4,667E-05	0,5883
20	19	6,333E-05	1,1054
30	25	8,333E-05	1,7118
40	31	1,033E-04	2,3027
50	36	1,200E-04	2,7835
60	42	1,400E-04	3,3466
70	48	1,600E-04	3,8947
80	55	1,833E-04	4,5154
90	61	2,033E-04	5,0315
100	68	2,267E-04	5,6153
110	73	2,433E-04	6,0203
120	80	2,667E-04	6,5706
130	88	2,933E-04	7,1762
140	95	3,167E-04	7,6858
150	102	3,400E-04	8,1767
160	109	3,633E-04	8,6492
170	112	3,733E-04	8,8461
180	125	4,167E-04	9,6611
190	135	4,500E-04	10,2464
200	145	4,833E-04	10,7962
210	154	5,133E-04	11,2614
220	161	5,367E-04	11,6040
230	169	5,633E-04	11,9753
240	179	5,967E-04	12,4097
250	189	6,300E-04	12,8115
260	198	6,600E-04	13,1459
270	209	6,967E-04	13,5203
280	221	7,367E-04	13,8867
290	235	7,833E-04	14,2601
300	250	8,333E-04	14,5977
310	265	8,833E-04	14,8727
320	282	9,400E-04	15,1117
330	303	1,010E-03	15,3050
340	330	1,100E-03	15,3973

F9			
Beban KN	Perpendekan (δL) 10^{-3} mm	Regangan (ϵ)	Tegangan (σ) N/mm ²
350	280	9,349E-04	17,2005
360	298	9,950E-04	17,5123
370	315	1,052E-03	17,7334
380	337	1,125E-03	17,9192
390	375	1,252E-03	17,9933
400	395	1,319E-03	17,9171
410	424	1,416E-03	17,6792
420	455	1,519E-03	17,2747
430	495	1,653E-03	16,5554
440	550	1,836E-03	15,2766
450	607	2,027E-03	13,7056

F9			
Beban KN	Perpendekan (δL) 10^{-3} mm	Regangan (ϵ)	Tegangan (σ) N/mm ²
10	10	3,339E-05	0,2925
20	15	5,008E-05	0,8559
30	21	7,012E-05	1,5176
40	28	9,349E-05	2,2699
50	32	1,068E-04	2,6905
60	38	1,269E-04	3,3085
70	44	1,469E-04	3,9114
80	50	1,669E-04	4,4993
90	55	1,836E-04	4,9779
100	62	2,070E-04	5,6308
110	68	2,270E-04	6,1746
120	75	2,504E-04	6,7908
130	81	2,705E-04	7,3036
140	88	2,938E-04	7,8840
150	95	3,172E-04	8,4454
160	100	3,339E-04	8,8350
170	110	3,673E-04	9,5858
180	119	3,973E-04	10,2296
190	126	4,207E-04	10,7099
200	132	4,407E-04	11,1074
210	137	4,574E-04	11,4288
220	154	5,142E-04	12,4560
230	158	5,275E-04	12,6831
240	161	5,376E-04	12,8499
250	169	5,643E-04	13,2799
260	176	5,876E-04	13,6387
270	183	6,110E-04	13,9814
280	191	6,377E-04	14,3536
290	200	6,678E-04	14,7481
300	210	7,012E-04	15,1568
310	223	7,446E-04	15,6426
320	233	7,780E-04	15,9821
330	245	8,180E-04	16,3512
340	259	8,648E-04	16,7308

F10				
Beban KN	Perpendekan (δL) 10^{-3} mm	Regangan (ϵ)	Tegangan (σ) N/mm ²	
350	420	1,387E-03	19,0497	
360	460	1,519E-03	19,2681	
370	520	1,718E-03	19,4973	
380	610	2,015E-03	19,9896	
390	650	2,147E-03	20,4080	
400	700	2,312E-03	21,2204	

F10				
Beban KN	Perpendekan (δL) 10^{-3} mm	Regangan (ϵ)	Tegangan (σ) N/mm ²	
10	13	4,294E-05	0,5483	
20	18	5,945E-05	1,0835	
30	25	8,258E-05	1,8151	
40	30	9,909E-05	2,3252	
50	35	1,156E-04	2,8251	
60	40	1,321E-04	3,3148	
70	47	1,552E-04	3,9836	
80	54	1,784E-04	4,6330	
90	61	2,015E-04	5,2632	
100	68	2,246E-04	5,8747	
110	73	2,411E-04	6,3001	
120	78	2,576E-04	6,7162	
130	86	2,841E-04	7,3628	
140	92	3,039E-04	7,8326	
150	98	3,237E-04	8,2894	
160	106	3,501E-04	8,8790	
170	114	3,765E-04	9,4464	
180	123	4,063E-04	10,0590	
190	130	4,294E-04	10,5169	
200	139	4,591E-04	11,0824	
210	152	5,021E-04	11,8541	
220	164	5,417E-04	12,5207	
230	171	5,648E-04	12,8899	
240	179	5,912E-04	13,2945	
250	192	6,342E-04	13,9137	
260	202	6,672E-04	14,3589	
270	217	7,168E-04	14,9778	
280	230	7,597E-04	15,4688	
290	250	8,258E-04	16,1466	
300	270	8,918E-04	16,7362	
310	290	9,579E-04	17,2447	
320	312	1,031E-03	17,7186	
330	340	1,123E-03	18,2063	
340	380	1,255E-03	18,7142	